

**RÉPUBLIQUE FRANÇAISE**

**Ministère de [...]**

NOR : [...]

**ARRÊTÉ du [ ]**

portant approbation de la méthode de calcul Th-C-E ex prévue par l'arrêté relatif à la performance énergétique des bâtiments existants de surface supérieure à 1000 m<sup>2</sup>, lorsque ils font l'objet de travaux de rénovation importants.

**Le ministre de,**

Vu la directive 98/34/CE du 22 juin 1998 prévoyant une procédure d'information dans le domaine des normes et réglementations techniques,

Vu le code de la construction et de l'habitation, et notamment l'article R. 131 – 26,

Vu l'arrêté relatif à la performance énergétique des bâtiments existants de surface supérieure à 1000 m<sup>2</sup>, lorsque ils font l'objet de travaux de rénovation importants,

**ARRÊTENT**

**Article 1<sup>er</sup>**

La méthode de calcul TH-C-E ex, jointe en annexe au présente arrêté et prévue à l'arrêté susvisé, est approuvée.

**Article 2**

Le directeur général de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction et le directeur général de l'énergie et des matières premières sont chargés de l'exécution du présent arrêté qui sera publié au Bulletin officiel du ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durable.

# Annexe

A l'arrêté portant approbation de la méthode de calcul TH-C-E ex

## **Méthode de calcul**

### **Th-C-E ex**

## SOMMAIRE

<b>1. GENERALITES.....</b>	<b>1</b>
1.1 Objet du document .....	1
1.2 Coefficient Cepex.....	1
1.3 précisions .....	1
<b>2. DEFINITIONS.....</b>	<b>1</b>
2.1 Définitions utiles pour la segmentation des calculs.....	1
2.1.1 Projet 1 .....	1
2.1.2 Bâtiment.....	1
2.1.3 zone 1 .....	1
2.1.4 groupe .....	1
2.1.5 Cas particuliers.....	1
2.2 Données utilisées pour la segmentation temporelle des calculs .....	1
2.2.1 Année 1 .....	1
2.2.2 scenarios de fonctionnement .....	1
<b>3. DONNEES D'ENTREE.....</b>	<b>1</b>
<b>4. CLIMAT .....</b>	<b>1</b>
4.1 Valeurs de référence au niveau de la mer .....	1
4.2 correction d'altitude .....	1
<b>5. LES SCENARIOS CONVENTIONNELS .....</b>	<b>1</b>
5.1 généralités et Type d'usages .....	1
5.2 Définition des scénarios .....	1
5.3 Apports internes .....	1
5.4 Définition de la période de chauffe et de refroidissement .....	1
<b>6. ECLAIRAGE .....</b>	<b>1</b>
6.1 Domaine d'Application .....	1
6.1.1 Types de bâtiments visés .....	1
6.1.2 Quel éclairage prendre en compte ? .....	1
6.2 Calcul de la consommation d'Energie pour l'éclairage du bâtiment.....	1
6.3 méthode de calcul en non résidentiel .....	1
6.3.1 Calcul de la consommation pour le groupe .....	1
6.3.2 Calcul de la puissance installée .....	1
6.3.3 valeurs du coefficient C1 .....	1
6.3.4 Calcul du coefficient C34 .....	1
6.3.4.1 Détermination de l'accès à l'éclairage naturel d'un local .....	1
6.3.4.2 Calcul de Einat .....	1
6.3.4.3 Calcul de C34 .....	1
6.4 méthode de calcul en résidentiel .....	1
6.5 Calcul des apports récupérables dûs à l'éclairage.....	1
<b>7. BESOINS ET DISTRIBUTION DE L'ECS.....</b>	<b>1</b>
7.1 Besoins D'Eau chaude sanitaire.....	1
7.2 Pertes de distribution de l'eau chaude sanitaire .....	1
7.2.1 pertes brutes de distribution de l'ECS.....	1
7.2.1.1 production individuelle en volume habitable chauffé .....	1
7.2.1.2 production individuelle hors volume chauffé .....	1
7.2.1.3 production collective réseau bouclé.....	1
7.2.1.4 production collective réseau tracé.....	1
7.3 Pertes récupérées de distribution de l'eau chaude sanitaire .....	1
<b>8. BESOINS CONVENTIONNELS DE CHAUD ET DE FROID.....</b>	<b>1</b>
8.1 Déperditions conventionnelles par les parois .....	1
8.1.1 Caractérisation thermique du bâti.....	1
8.1.1.1 Caractéristiques au niveau du bâtiment .....	1
8.1.1.2 Caractéristiques du bati au niveau de la zone .....	1
8.1.1.3 Caractéristiques du bati au niveau du groupe .....	1
8.1.2 Valeurs par défaut.....	1
8.1.3 Calcul de Ht .....	1
8.1.4 prise en compte deperditions par les parois .....	1
8.2 Déperdition conventionnelle par renouvellement d'air.....	1

### 3/!Especificación de carácter no válida

Th-C-E ex 2008

8.2.1	calcul des débits d'air .....	1
8.2.1.1	Caractérisation du groupe et règle de segmentation .....	1
8.2.1.2	Situation 1 : méthode pour le calcul du projet dans le cas où le système de ventilation a été modifié par rapport au système de ventilation du bâtiment initial avant travaux.....	1
8.2.1.2.1	Calcul des débits spécifiques .....	1
8.2.1.2.1.1	Introduction .....	1
8.2.1.2.1.2	Valeurs des débits à reprendre et à fournir $Q_{vasou_{spec}}$ et $Q_{varep_{spec}}$ .....	1
8.2.1.2.1.3	Ventilation mécanique .....	1
8.2.1.2.1.3.1	Secteur résidentiel.....	1
8.2.1.2.1.3.2	Non résidentiel.....	1
8.2.1.2.1.4	Coefficients de dépassement $C_{dep}$ .....	1
8.2.1.2.1.5	Coefficient de fuite des réseaux $C_{fres}$ .....	1
8.2.1.2.1.6	Ventilation naturelle par conduits .....	1
8.2.1.2.1.7	Ventilation hybride.....	1
8.2.1.2.1.8	Aération par ouverture des fenêtres .....	1
8.2.1.2.1.8.1	Non résidentiel.....	1
8.2.1.2.2	Calcul des débit échangés au travers de l'enveloppe de la zone et entre groupes .....	1
8.2.1.2.2.1	Caractérisation au niveau de la zone.....	1
8.2.1.2.2.2	Calcul des débits d'air à travers l'enveloppe.....	1
8.2.1.2.2.2.1	Organisation générale des calculs .....	1
8.2.1.2.2.2.2	Calcul des débits au travers de l'enveloppe de la zone en fonction de $p_{ib}$ 1	
8.2.1.2.2.2.2.1	Principe de calcul .....	1
8.2.1.2.2.2.2.2	Détermination du nombre de composants et de leur position 1	
8.2.1.2.2.2.2.3	Calcul de la pression sur les façades pour un composant 1	
8.2.1.2.2.2.2.4	Calcul des débits au travers des défauts d'étanchéité 1	
8.2.1.2.2.2.3	Calcul des débits au travers des entrées d'air .....	1
8.2.1.2.2.2.4	Débits sur l'ensemble de la zone.....	1
8.2.1.2.2.2.5	Calcul de $P_{ib}$ .....	1
8.2.1.2.2.3	Répartition de l'air entrant ou sortant par les parois extérieures pour chaque groupe .....	1
8.2.1.2.2.4	Calcul des débits entre groupes .....	1
8.2.1.3	Situation 2 : Méthode pour le calcul du bâtiment initial et pour le calcul du projet si le système de ventilation du projet est inchangé par rapport au système de ventilation du bâtiment initial.....	1
8.2.1.3.1	Introduction .....	1
8.2.1.3.2	Résidentiel .....	1
8.2.1.3.2.1	Calcul des débits spécifiques .....	1
8.2.1.3.2.2	Calcul des débit échangés au travers de l'enveloppe de la zone et entre groupes.....	1
8.2.1.3.2.3	Autres données conventionnelles .....	1
8.2.1.3.2.4	Récapitulatif des valeurs conventionnelles pour le résidentiel.....	1
8.2.1.3.3	Non résidentiel.....	1
8.2.1.3.3.1	Calcul des débits spécifiques .....	1
8.2.1.3.3.2	Calcul des débit échangés au travers de l'enveloppe de la zone et entre groupes.....	1
8.2.1.3.3.3	Autres données conventionnelles .....	1
8.2.1.3.3.4	Récapitulatif des valeurs conventionnelles pour le non résidentiel.....	1
8.2.2	Calcul de $H_v$ .....	1
8.2.3	prise en compte des déperditions par renouvellement d'air.....	1
8.3	Apports gratuits.....	1
8.3.1	Apports solaires : Calculs des rayonnements solaires et de grande longueur d'onde incidents et des flux transmis .....	1
8.3.1.1	Rayonnement solaire global atteignant une paroi .....	1

## 4/!Especificación de carácter no válida

Th-C-E ex 2008

8.3.1.1.1	Rayonnement solaire sur une paroi nue .....	1
8.3.1.1.2	Calcul du rayonnement solaire diffus .....	1
8.3.1.1.3	Calcul du rayonnement solaire réfléchi par le sol .....	1
8.3.1.2	Prise en compte des masques fixes .....	1
8.3.1.2.1	Nature des masques .....	1
8.3.1.2.2	Masque proche horizontal : .....	1
8.3.1.2.3	Masque lointain de type plan vertical : .....	1
8.3.1.2.4	Facteur d'affaiblissement global du rayonnement direct .....	1
8.3.1.3	Gestion manuelle des protections solaires .....	1
8.3.1.4	Calcul des flux solaires et de grande longueur d'onde vers la voute céleste transmis au local.....	1
8.3.1.4.1	Définitions et nomenclature .....	1
8.3.1.4.2	Flux solaires et GLO absorbés par les parois extérieures.....	1
8.3.1.4.3	Flux solaires transmis par les baies: .....	1
8.3.2	Apports internes .....	1
8.3.3	prise en compte des apports gratuits .....	1
<b>9.</b>	<b>EMISSION DE CHALEUR ET DE FROID .....</b>	<b>1</b>
9.1	variations spatiale et temporelle de la température de consigne .....	1
9.1.1	Variations spatiales .....	1
9.1.2	Précision de la régulation terminale (Variations temporelles) .....	1
9.1.2.1.1	Caractérisation des produits.....	1
9.2	programmation.....	1
9.3	Consommations et apports internes dus aux émetteurs locaux .....	1
9.4	Calcul des débits locaux et du bilan hydrique .....	1
9.4.1	Présentation.....	1
9.4.2	Principe du calcul pour un émetteur .....	1
9.4.3	Application au calcul sur une heure.....	1
9.5	Pertes au dos des émetteurs intégrés aux parois .....	1
9.6	Systèmes Composites et multiples .....	1
9.6.1	Emetteurs chauds .....	1
9.6.2	émetteurs froids .....	1
9.7	Prise en compte des locaux sans émetteur de refroidissement.....	1
9.7.1	Locaux d'entrés d'air sans système de refroidissement .....	1
9.7.2	Locaux de transfert et d'extraction .....	1
<b>10.</b>	<b>DISTRIBUTION DE CHALEUR ET DE FROID : RESEAUX HYDRAULIQUES ET DE FLUIDE FRIGORIGENE.....</b>	<b>1</b>
10.1	pertes et consommations de distribution pour les réseaux hydrauliques .....	1
10.1.1	Calcul de la puissance nominale en chaud et froid .....	1
10.1.2	Elements pour le calcul des pertes thermiques des réseaux de distribution 1	
10.1.2.1	Distribution de groupe.....	1
10.1.2.2	Distribution inter-groupes et inter-zones.....	1
10.1.3	Calcul des 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.....	1
10.1.3.1	Calcul de la température moyenne du réseau .....	1
10.1.3.1.1	Puissance nominale des émetteurs installés .....	1
10.1.3.1.2	Prise en compte de la gestion du réseau de distribution en mode chaud.....	1
10.1.3.2	Pertes de distribution pour les réseaux vers les émetteurs et pour les réseaux intergroupes et interzones. ....	1
10.1.3.3	Calcul de la consommation des circulateurs suivant leur mode de gestion 1	
10.1.3.4	Calcul des pertes de distribution récupérables .....	1
10.2	Distribution de fluide frigorigène .....	1
10.3	transfert de chaleur entre locaux.....	1
10.3.1	Pompes à chaleur sur boucle d'eau .....	1
10.3.2	Les systèmes à débit de réfrigérant variable et les thermofrigopompes ...	1
<b>11.</b>	<b>TRAITEMENT ET DISTRIBUTION D'AIR .....</b>	<b>1</b>
11.1	pertes thermiques pour les réseaux aérauliques .....	1
11.2	Groupes d'extraction .....	1

11.2.1	Centrales à débit soufflé et extrait constant et centrales double flux hygiénique .....	1
11.2.1.1	Principe de prise en compte .....	1
11.2.1.2	Calcul de l'impact des composants .....	1
11.2.1.3	Partie extraction.....	1
11.2.1.4	Partie soufflage .....	1
11.2.2	Centrales à débit d'air variable mono conduit refroidissement seul chauffage terminal .....	1
11.2.2.1	Principe de prise en compte .....	1
11.2.2.2	Calcul de l'impact des composants .....	1
11.2.2.3	Partie 1.....	1
11.2.2.4	Partie 2.....	1
<b>12.</b>	<b>COMPORTEMENT THERMIQUE D'UN GROUPE ET COUPLAGE AVEC LE SYSTEME D'EMISSION ET DE DISTRIBUTION .....</b>	<b>1</b>
12.1	introduction.....	1
12.2	description globale du modèle Thermique .....	1
12.3	les équations qui régissent le modèle thermique .....	1
12.4	calcul des températures extérieures équivalentes : .....	1
12.5	Calcul de la conductance thermique due à la ventilation et de $\theta_{eieq}$ : .....	1
12.6	Calcul des autres conductances.....	1
12.7	Détermination de la température d'air et de la température opérative : .....	1
12.8	Flux transmis aux nœuds de température .....	1
12.9	couplage du groupe avec le système d'émission et de distribution .....	1
<b>13.</b>	<b>ENERGIE NECESSAIRE AUX BORNES DE LA GENERATION POUR LE CHAUFFAGE, LE REFROIDISSEMENT ET L'ECS.....</b>	<b>1</b>
13.1	énergie nécessaire aux bornes de la génération pour le chauffage et le refroidissement .....	1
13.1.1	prise en compte des pertes récupérées pour le chauffage.....	1
13.1.2	prise en compte des pertes récupérées pour le refroidissement.....	1
13.2	Calcul de l'énergie nécessaire aux bornes de la génération pour l'ECS.....	1
<b>14.</b>	<b>GENERATION, STOCKAGE ET TRANSFERT DE CHALEUR, DE FROID POUR LE CHAUFFAGE, LE REFROIDISSEMENT ET L'ECS .....</b>	<b>1</b>
14.1	introduction.....	1
14.2	les générateurs de chaleur et de refroidissement .....	1
14.2.1	les générateurs à combustion .....	1
14.2.1.1	Caractéristiques des générateurs .....	1
14.2.1.2	Modèle générique de calcul du rendement conventionnel annuel moyen de génération pour le chauffage $R_{conv_{chauff}}$ .....	1
14.2.1.2.1	Profils de charge conventionnels.....	1
14.2.1.2.2	Prise en compte de la puissance installée.....	1
14.2.1.2.3	Prise en compte du fonctionnement en cascade des générateurs.....	1
14.2.1.2.4	Température de fonctionnement.....	1
14.2.1.2.5	pertes à 100% de charge .....	1
14.2.1.2.6	Pertes pour une charge intermédiaire.....	1
14.2.1.2.7	Pertes au point de fonctionnement « w » situé entre la charge nulle et la charge intermédiaire .....	1
14.2.1.2.8	Pertes au point de fonctionnement « x » .....	1
14.2.1.2.9	Expression du rendement de génération pour le chauffage 1	1
14.2.1.3	Récapitulatif pour le calcul du rendement conventionnel annuel moyen de génération pour le chauffage .....	1
14.2.1.4	: calcul du rendement de génération pour l'ECS .....	1
14.2.1.5	Générateur à usage mixte chauffage et ECS - calcul des rendements de génération annuels moyens pour le chauffage et pour l'ECS 1	1
14.2.1.6	calcul des pertes récupérées de génération .....	1
14.2.1.7	calcul de la consommation des auxiliaires de génération .....	1
14.2.1.8	valeurs par défaut .....	1
14.2.2	les générateurs électriques .....	1
14.2.2.1	générateurs à effet joule direct pour le chauffage.....	1

## 6/!Especificación de carácter no válida

Th-C-E ex 2008

14.2.2.2	générateurs thermodynamiques pour le chauffage et le refroidissement.....	1
14.2.2.2.1	En mode chaud.....	1
14.2.2.2.2	En mode froid.....	1
14.2.2.2.3	Coefficient de correction conventionnels CEER et CCOP.....	1
14.2.2.2.4	Détermination du coefficient Cair_ext_eau_CH pour les machines sur air extérieur en mode chaud ( cf Tableau 79 et Tableau 80 ci-dessus) .....	1
14.2.2.2.5	Effet des auxiliaires .....	1
14.2.2.2.5.1	Présentation.....	1
14.2.2.2.5.1.1	Machines à compression électrique .....	1
14.2.2.2.5.1.2	Machines à gaz .....	1
14.2.2.2.5.2	Méthode de caractérisation.....	1
14.2.2.2.5.2.1	Coté machine .....	1
14.2.2.2.5.2.2	Coté utilisation .....	1
14.2.2.2.5.2.3	Coté extérieur .....	1
14.2.2.2.6	Puissance résiduelle, Présiduelle.....	1
14.3	les générateurs stockeurs.....	1
14.3.1	les accumulateurs gaz.....	1
14.3.1.1	Caractéristiques des accumulateurs .....	1
14.3.1.2	Calcul du rendement conventionnel annuel moyen global de génération pour l'ECS .....	1
14.3.1.2.1	Efficacité du générateur .....	1
14.3.1.2.2	pertes de stockage .....	1
14.3.1.2.3	expression du rendement conventionnel annuel moyen' global' de génération pour l'ECS .....	1
14.3.1.3	calcul des pertes récupérées .....	1
14.3.1.3.1	calcul de la consommation des auxiliaires de génération.....	1
14.3.1.3.2	Valeurs par défaut.....	1
14.3.2	chauffe eau électrique à accumulation.....	1
14.3.2.1	Calcul des pertes de stockage .....	1
14.3.2.2	Calcul des pertes récupérées.....	1
14.4	les éléments de stockage .....	1
14.4.1	caractéristiques des ballons de stockage ( ballons de production d'eau chaude sanitaire par accumulation) .....	1
14.4.2	Pertes brutes de stockage .....	1
14.4.3	Pertes récupérée.....	1
14.5	génération de chaleur et de refroidissement par transfert de chaleur et de froid	1
14.5.1	réseau de chaleur.....	1
14.5.1.1	Caractérisation des produits.....	1
14.5.1.2	Calcul des pertes.....	1
14.5.1.3	Consommation des auxiliaires .....	1
14.5.2	réseau de froid .....	1
14.6	génération et stockage de chaleur par les systèmes solaires thermiques .....	1
14.6.1	champ d'Application .....	1
14.6.2	Structure de calcul .....	1
14.6.3	définitions .....	1
14.6.4	caractérisation des produits .....	1
14.6.4.1	Capteurs solaires.....	1
14.6.4.2	Chauffe-eau solaires .....	1
14.6.4.3	Ballons de stockage .....	1
14.6.4.4	Cas particulier du plancher solaire .....	1
14.6.5	Expression de la couverture solaire .....	1
14.6.5.1	Formule générale .....	1
14.6.5.2	cas d'un système combiné (chauffage et ECS) .....	1
14.6.5.3	Expression des paramètres .....	1
14.6.5.3.1	Efficacité de la boucle de captage .....	1
14.6.5.3.2	Déperditions thermiques de la boucle de captage.....	1
14.6.5.3.3	Écart de température conventionnel.....	1
14.6.5.3.4	Besoins .....	1

## 7/!Especificación de carácter no válida

Th-C-E ex 2008

14.6.5.4	Coefficient correctif de stockage du système solaire.....	1
14.6.5.4.1	Coefficient correctif d'irrigation du stockage .....	1
14.6.5.4.2	Ensoleillement sur les capteurs .....	1
14.6.6	Calcul des pertes de transmission entre le ballon solaire et l'appoint.....	1
14.6.6.1	Chauffe-eau solaire individuel .....	1
14.6.6.2	Installation d'eau chaude solaire collective à appoint centralisé .	1
14.6.6.3	Installation d'eau chaude solaire collective à appoints individuels	1
	1	
14.6.7	Pertes De stockage de l'appoint.....	1
14.6.7.1	Appoint centralisé (installation collective d'eau chaude sanitaire)	1
	1	
14.6.7.2	Pertes récupérables de l'appoint .....	1
14.6.7.3	Consommation de l'appoint.....	1
14.6.8	Consommation des auxiliaires de l'installation solaire .....	1
14.6.9	Références normatives.....	1
<b>15.</b>	<b>INSTALLATION SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE .....</b>	<b>1</b>
15.1	Domaine d'application.....	1
15.2	PRINCIPE de calcul.....	1
15.3	méthode de calcul .....	1
15.3.1	Energie incidente $H_i$ .....	1
15.3.2	Puissance crête $P_0$ .....	1
15.3.3	Indice de performance $R_p$ .....	1
15.3.4	Exemples .....	1
<b>16.</b>	<b>METHODE TH-E .....</b>	<b>1</b>
16.1	Introduction .....	1
16.2	Méthode de calcul .....	1
16.2.1	Calcul sur la journée chaude de référence.....	1
16.2.1.1	Transmittances thermiques.....	1
16.2.1.2	Détermination de la température opérative hors effet séquentiel	1
	1	
16.2.2	Correction pour l'effet séquentiel .....	1
16.2.3	Calcul de $T_{ic}$ .....	1
16.3	Données climatiques.....	1
16.3.1	Température et hygrométrie .....	1
16.3.1.1	Valeurs de référence au niveau de la mer .....	1
16.3.1.2	Correction d'altitude .....	1
16.3.1.3	Valeurs horaires des températures.....	1
16.3.2	Rayonnement solaire et rayonnement froid vers la voûte céleste.....	1
16.3.2.1	Données de référence .....	1
16.3.2.2	Rayonnements sur les parois non protégées.....	1
16.3.3	Vitesse du vent.....	1
16.4	Apports internes .....	1
16.5	Calcul des débits de renouvellement d'air .....	1
16.5.1	Approche générale .....	1
16.5.2	calcul de la surface libre en ouverture manuelle.....	1
16.5.2.1	Résidentiel et Hébergement hors Etablissements sanitaires .....	1
16.5.2.2	Autres bâtiments.....	1
16.5.3	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 .....	1
16.5.4	Surventilation pour le confort d'été .....	1
16.6	Apports solaires par les baies.....	1
16.7	Conventions de calcul et valeurs par défaut .....	1
16.7.1	Références réglementaires et normatives à utiliser.....	1
16.7.2	Caractérisation du site .....	1
16.7.2.1	Caractéristiques climatiques.....	1
16.7.2.2	Masques lointains .....	1
16.7.3	Caractérisation du groupe.....	1
16.7.3.1	Principe général .....	1
16.7.3.2	Valeurs par défaut pour les masques.....	1
16.7.3.3	Orientations et inclinaisons pour les baies .....	1

## 8/!Especificación de carácter no válida

Th-C-E ex 2008

16.7.3.4	Parois opaques et ponts thermiques .....	1
16.7.3.5	Ventilation par ouverture des fenêtres .....	1
16.7.3.6	Inertie .....	1
<b>ANNEXE A CALCUL DES PUISSANCES MOYENNES DE VENTILATEURS .....</b>		<b>1</b>
A.1 systèmes à débit d'air constant .....		1
A.2 Systèmes à débit variable .....		1
<b>A.2.1</b>	<b>BATIMENTS AUTRES QUE D'HABITATION .....</b>	<b>1</b>
<b>A.2.2</b>	<b>BATIMENTS D'HABITATION COLLECTIFS .....</b>	<b>1</b>
A.2.2.1	VMC auto réglable .....	1
A.2.2.2	VMC hygro réglable .....	1
<b>A.2.3</b>	<b>MAISONS INDIVIDUELLES .....</b>	<b>1</b>
A.2.3.1	VMC auto réglable .....	1
A.2.3.2	VMC hygro réglable .....	1
<b>ANNEXE B CALCUL DES SYSTEMES D'EMISSION COMPOSITE .....</b>		<b>1</b>
B.1 généralités .....		1
B.2 système base plus appoint .....		1
B.3 Complément par temps froid .....		1
B.4 Système alterné .....		1
B.5 Valeurs par défaut .....		1

## Generalités

### Objet du document

La méthode de calcul Th-CEex 2007 a pour objet le calcul réglementaire de la consommation conventionnelle d'énergie d'un bâtiment pour le chauffage, la ventilation, le refroidissement, la production d'eau chaude sanitaire et l'éclairage ainsi que le calcul réglementaire de la température intérieure conventionnelle,  $T_{ic}$ , atteinte en été dans un bâtiment.

La méthode s'applique aux bâtiments ou parties de bâtiments existants tels que définis en section V du décret N° 2007-363 du 19 Mars 2007.

La méthode n'a pas pour vocation de faire un calcul de la consommation réelle du bâtiment, ni de sa température réelle atteinte en été compte tenu des conventions retenues notamment pour le climat, les apports gratuits, les températures de consigne et les horaires d'occupation.

### Coefficient Cepex

La consommation conventionnelle d'énergie d'un bâtiment pour le chauffage, la ventilation, le refroidissement, la production d'eau chaude sanitaire et l'éclairage des locaux s'exprime sous forme d'un coefficient exprimé en kWh/m<sup>2</sup> d'énergie primaire, noté **Cepex**.

La présente méthode permet le calcul du coefficient Cepex pour :

- Le bâtiment avant travaux (appelé aussi bâtiment initial), ce coefficient est alors noté **Cepex<sub>initial</sub>**
- Le bâtiment après travaux (appelé aussi projet), ce coefficient est alors noté **Cepex<sub>projet</sub>**
- Le bâtiment de référence, ce coefficient est alors noté **Cepex<sub>ref</sub>**

Le coefficient **Cepex<sub>projet</sub>** est calculé en appliquant la présente méthode de calcul en utilisant comme données d'entrée les caractéristiques réelles du bâtiment et de ses équipements **après** travaux ou les valeurs par défaut qu'elle fournit ainsi que les valeurs conventionnelles.

Le coefficient **Cepex<sub>initial</sub>** est calculé en appliquant la présente méthode de calcul en utilisant comme données d'entrée les caractéristiques réelles du bâtiment et de ses équipements **avant** travaux ou les valeurs par défaut qu'elle fournit ainsi que les valeurs conventionnelles.

Le coefficient **Cepex<sub>ref</sub>** 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 coefficient Cepex du bâtiment est exprimé en kWh d'énergie primaire par m<sup>2</sup> par an, [kWh e.p./m<sup>2</sup>/an], il est obtenu par la formule suivante :

$$C_{epex} = C_{ch} C_{ep-ch} + C_{fr} C_{ep-fr} + C_{ecs} C_{ep-ecs} + C_{ecl} C_{ep-ecl} + C_{vent} C_{ep-vent} + C_{aux} C_{ep-aux} - E_{pv} C_{ep-pv} \quad \text{Eq 1}$$

où :

$C_{ch}$  est la consommation conventionnelle d'énergie pour le chauffage du bâtiment hors la consommation conventionnelle des auxiliaires de distribution et de génération de chaleur pour le chauffage et hors la consommation conventionnelle des ventilateurs locaux pour le chauffage, en kWh/m<sup>2</sup>,

$C_{fr}$  est la consommation conventionnelle d'énergie pour le refroidissement du bâtiment hors la consommation conventionnelle des auxiliaires de distribution et de génération de froid

## 10/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

pour le refroidissement du bâtiment et hors la consommation conventionnelle des ventilateurs locaux pour le refroidissement du bâtiment, en kWh/m<sup>2</sup>,

$C_{ecl}$  est la consommation conventionnelle d'énergie pour l'éclairage du bâtiment en kWh/m<sup>2</sup>,

$C_{ecs}$  est la consommation conventionnelle d'énergie du bâtiment correspondant à l'eau chaude sanitaire hors la consommation conventionnelle des auxiliaires de distribution et de génération de l'eau chaude sanitaire en kWh/m<sup>2</sup>,

$C_{vent}$  est la consommation conventionnelle d'énergie du bâtiment correspondant aux ventilateurs locaux pour le chauffage, le refroidissement et la ventilation, en kWh/m<sup>2</sup>,

$C_{aux}$  est la consommation conventionnelle d'énergie du bâtiment correspondant aux auxiliaires de distribution et génération pour chauffage, le refroidissement et l'eau chaude sanitaire, en kWh/m<sup>2</sup>,

$E_{pv}$  représente la production d'électricité à demeure, en kWh/m<sup>2</sup>,

$C_{ep\cdot ch}$ ,  $C_{ep\cdot fr}$ ,  $C_{ep\cdot ecs}$ ,  $C_{ep\cdot ecl}$ ,  $C_{ep\cdot vent}$ ,  $C_{ep\cdot aux}$ ,  $C_{ep\cdot pv}$  sont les coefficients de transformation en énergie primaire correspondant respectivement au chauffage, au refroidissement, à l'eau chaude sanitaire, à l'éclairage, aux ventilateurs locaux, aux auxiliaires de distribution et de génération et au photovoltaïque.

Si par exemple le chauffage utilise deux énergies le produit  $C_{ch}\cdot C_{ep\cdot ch}$  est remplacé par  $C_{ch,1}\cdot C_{ep\cdot ch,1} + C_{ch,2}\cdot C_{ep\cdot ch,2}$ ; 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 production d'électricité à demeure	2,58
bois	0.6
Energie fournie par un réseau de chaleur et/ou de froid	1
Autres énergies	1

**Tableau 1** : Coefficients conventionnels de transformation en énergie primaire

### précisions

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.

## 11/!Especificación de carácter no válida

TR 05 2009

### Definiciones

#### Définitions utiles pour la segmentation des calculs

##### 1.1.1 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,
- l'ensemble des systèmes utilisés pour la génération de chaleur, de froid et d'eau chaude sanitaire,
- l'ensemble des réseaux de distribution reliant ces systèmes aux bâtiments.

Le climat est caractérisé au niveau du projet.

##### 1.1.2 BATIMENT

Les résultats du calcul de  $Cepex_{projet}$ ,  $Cepex_{initial}$  et de  $Cepex_{ref}$  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.

La surface utilisée pour le calcul de Cepex est la surface hors œuvre nette (SHON).

##### 1.1.3 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 d'occupation et des consignes 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.

## 12/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

### 1.1.4 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 parois opaques en termes de coefficient U et de surface
- on décrit les baies en termes de coefficient U et de surface
- on effectue le calcul des besoins conventionnels pour le chauffage, le refroidissement et l'ECS
- on effectue le calcul de la consommation pour l'éclairage,
- on définit et on décrit les systèmes pour le calcul des consommations.

Dans le cas général, on considère un groupe pour l'ensemble des locaux non-climatisés et un autre pour les locaux climatisés.

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.

### 1.1.5 CAS PARTICULIERS

Lorsqu'un groupe ou une zone a une surface 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.

### Données utilisées pour la segmentation temporelle des calculs

#### 1.1.6 ANNEE

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

#### 1.1.7 SCENARIOS DE FONCTIONNEMENT

La méthode de calcul pour la détermination de l'énergie à fournir pour le chauffage, le refroidissement et l'eau chaude sanitaire et pour le calcul de la consommation correspondant à l'éclairage est une méthode au pas de temps 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.

### Données d'entrée

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

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

Cependant pour simplifier l'application de la méthode, on fournit pour un certain nombre de données d'entrée des valeurs par défaut qui peuvent être utilisées sans qu'il soit alors besoin de les justifier. Certaines valeurs par défaut ne doivent être utilisées que pour le calcul  $Cepex_{initial}$ , c'est alors spécifié dans la méthode, Il s'agit de valeurs moyennes par rapport aux valeurs courantes. Ces données ne peuvent être utilisées pour les éléments qui sont remplacés lors des travaux. Dans ce cas, il y a obligation d'utiliser les caractéristiques réelles des éléments.

# 13/!Especificación de carácter no válida

TR 05-2009

## Climat

### Valeurs de référence au niveau de la mer

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

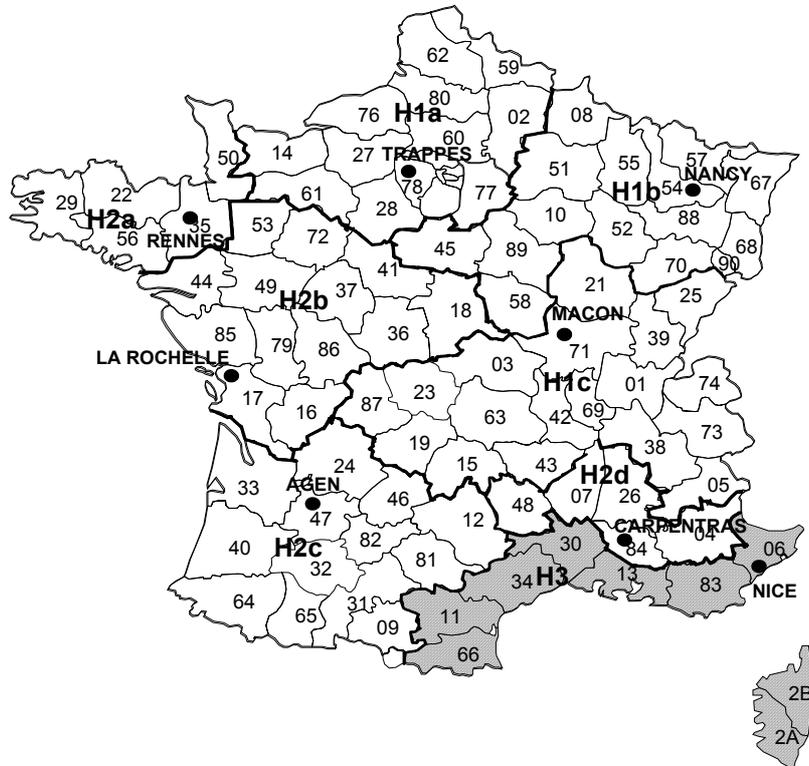


Figure 1 : Zones climatiques

Les températures extérieures conventionnelles de base,  $\theta_{eb}$ , exprimées en °C sont données dans le Tableau 2.

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

Tableau 2 : 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 °C
- $T_{eiciel}$  Température du ciel exprimée en °C
- $w_{ei}$  Humidité spécifique de l'air exprimée en kg/kgas
- $V_e$  Vitesse du vent exprimée en  $ms^{-1}$

## 14/!Especificación de carácter no válida

Th-CE 2005

$\theta_{cw}$  Température d'eau froide exprimée en °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 ».

### 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 °C
Supérieure à 400m et inférieure ou égale à 800 m	-2°C
Supérieure à 800 m	-4°C

**Tableau 3: 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 3 .

## 15/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

### Les scenarios conventionnels

#### généralités 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 4 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 18 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 4 : Types d'usages ( types de zones)**

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

Le Tableau 5 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

## 16/!Especificación de carácter no válida

Tb C E 2009

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 5 : Horaires de maintien en température et niveaux de température**

### Définition des scénarios

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 :

Horaires d'occupation	Heures par jour	Jours par semaine
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 6 : 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 7 : 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 8 : 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 $n_{j,vac}$
------	---

**17/!Especificación de carácter no válida**

Tb C E 2009

Février	15
Avril	15
Juillet	31
Août	31
Novembre	8
Décembre	15

**Tableau 9 : Périodes de vacances pour l'usage enseignement**

<b>Horaires d'occupation</b>	<b>Heures par jour</b>	<b>Jours par semaine</b>
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 10 : Scénarios d'utilisation de la ventilation**

<b>Horaire d'occupation</b>	<b>Heures par jour</b>	<b>Jours par semaine</b>
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 11 : Scénarios d'utilisation de l'éclairage artificiel**

## 18/!Especificación de carácter no válida

Tb C E 2009

### 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 12 : apports de chaleur et d'humidité : 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 13 : Répartition des apports sensibles**

## 19/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2008

### Définition de la période 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.

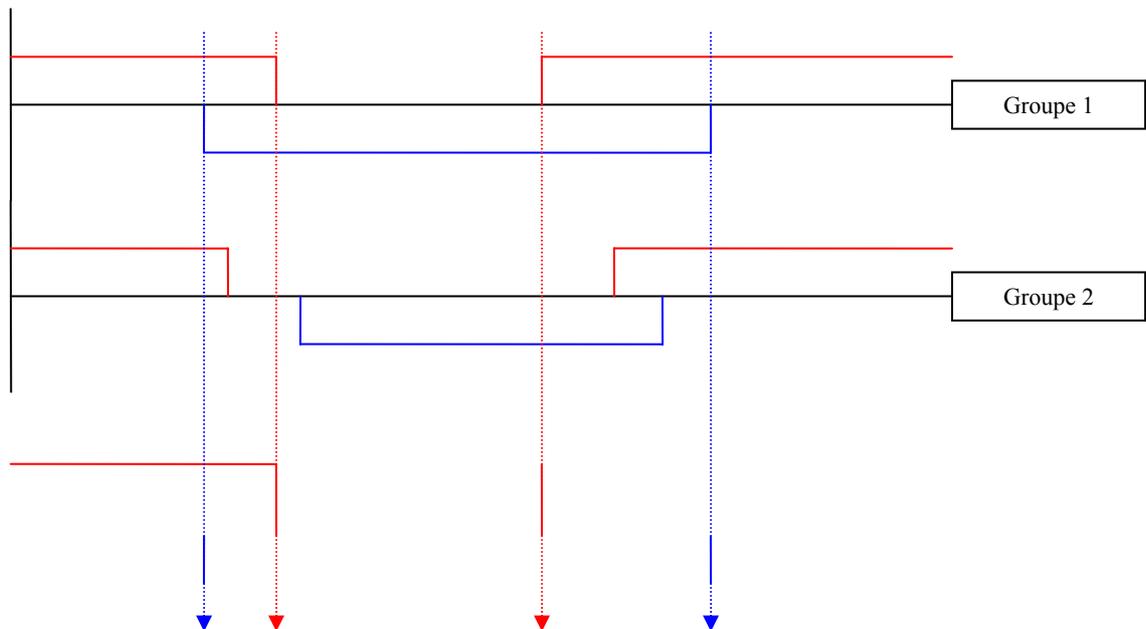
Le calcul au niveau de chaque groupe est basé sur la comparaison de la moyenne glissante sur 4 semaines des besoins de chaud et de froid avec une valeur limite de  $1 \text{ W/m}^2$ .

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.

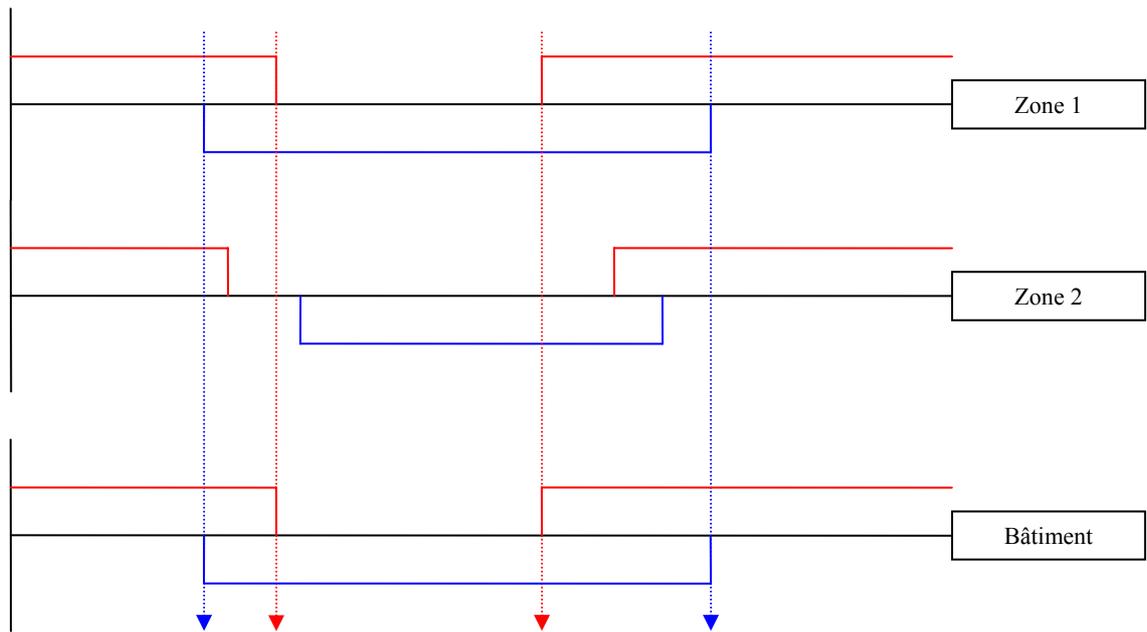
La démarche s'applique par groupe pour déterminer les périodes de chauffe et de refroidissement par zone :



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.

## 20/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009



### 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.

## Eclairage

### Domaine d'Application

#### 1.1.8 TYPES DE BATIMENTS VISES

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

#### 1.1.9 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.

### Calcul de la consommation d'Énergie pour l'éclairage du bâtiment

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

$$C_{\text{ecl\_h}} = \sum C_{\text{ecl\_zone}} \quad \text{Eq 2}$$

avec  $C_{\text{ecl\_h}}$  consommation finale pour le bâtiment sur une heure [Wh]

$C_{\text{ecl\_zone}}$  consommation pour la zone [Wh]

## 22/!Especificación de carácter no válida

Tb C E 2009

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

$$C_{\text{ecl\_zone}} = \sum C_{\text{ecl\_GR}} \quad \text{Eq 3}$$

avec  $C_{\text{ecl\_GR}}$  consommation pour le groupe [Wh]

Le calcul annuel  $C_{\text{ecl}}$  (en Wh) s'effectue par somme des valeurs horaires  $C_{\text{ecl\_h}}$ .

$C_{\text{ecl}} = \sum C_{\text{ecl\_h}}$	Eq 4
---	------

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

### méthode de calcul en non résidentiel

#### 1.1.10 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> §1.1.11	Impossible Nul effectif §0	§ 0	§ 1.1.12; § 1.1.13

**Tableau 14 : 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 :

$$C_{\text{ecl\_GR}} = \sum C_{\text{ecl\_local}} \quad \text{Eq 5}$$

Avec :

$C_{\text{ecl\_local}}$  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.

$$C_{\text{ecl\_local}} = P_{\text{ecl}} \cdot P_{\text{Aecl}} \cdot A_{\text{gr}} \cdot C1 \cdot C34 \quad \text{Eq 6}$$

## 23/!Especificación de carácter no válida

Tb C E 2009

Avec :

$$P_{\text{Aecl}} = A_{\text{local}} / \text{Agr}$$

Eq 7

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

$P_{\text{ecl}}$  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.

### 1.1.11 CALCUL DE LA PUISSANCE INSTALLEE

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

$P_{\text{ecl}}$  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'éclairement requis, on le complète par un système dont l'efficacité est de 5 W/m<sup>2</sup> pour 100 lux.

Dans le cas d'installations d'éclairage existantes, si la puissance installée n'est pas connue, on utilisera les valeurs par défaut ci-dessous :

	Puissance installée en W/m <sup>2</sup>		
	Incandescence et halogène	Fluo standard	Fluo haute performance
<b>Bâtiment de bureaux</b>			
Bureau (- de 30m <sup>2</sup> ), salle de réunion, salle info, reprographie, infirmerie, bibliothèque (Emlux : 500)	80	25	18
Bureau paysager (Emlux : 500)	65	20	15
Sanitaires (Emlux : 250)	65	20	19
Couloir (Emlux : 200)	40	15	9
Hall d'accueil (Emlux : 300)	60	15	12
Stock et archives (Emlux : 150)	18	8	6
Bureau de dessin ( ou similaire) (Emlux : 1000)	160	40	30
Laboratoire (Emlux : 750)	120	40	27
Cuisine (Emlux : 500)	80	25	20

**24/!Especificación de carácter no  
válida**

Tb C E 2009

Restaurant (Emlux : 300)	60	18	13
<b>Enseignement</b>			
Salles de classe, amphi (Emlux : 400)	70	20	15
Bureau, salle de réunion, infirmerie, bibliothèque, salle info, repro (Emlux : 500)	80	25	18
Hall d'accueil (Emlux : 300)	60	15	12
Couloir (Emlux : 200)	40	15	9
Sanitaires (Emlux : 250)	65	20	19
Cuisine (Emlux : 500)	80	25	20
Cantine (Emlux : 300)	60	18	13
Gymnase			
Chambres (Emlux : 300)	60	15	12
Foyer (Emlux : 400)	70	23	15

(Emlux est l'éclairage en Lux préconisé)

**Tableau 15 : Valeurs par défaut des puissances installées d'éclairage  
pour les installations existantes**

## 25/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

### 1.1.12 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 16 : Valeurs du coefficient C1**

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

### 1.1.13 CALCUL DU COEFFICIENT C34

#### ***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  $\leq 2.5 \times$  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.

## 26/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2008

### Calcul de Einat

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 :

$$E_{inat} = \sum_1^w (D_{fvi1} (1 - P_{lin}) + D_{fvi2} P_{lin}) \cdot E_{beq} \quad \text{Eq 8}$$

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, §0.

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

$E_{bdir}$  : éclairage direct = 100  $Drp \cdot FfDir$ .

$E_{bdif}$  : éclairage diffus = 100  $Dfp \cdot FfDiff$

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

Eq 9

$Drp$ ,  $FfDir$ ,  $Dfp$ ,  $FfDiff$ ,  $Rrp$  : voir §0.

$$E_{beq} = E_{bdif} + (0.2 \cdot E_{bdir} + 0.6 \cdot E_{bref}) \cdot \quad \text{Eq 10}$$

Facteur pour la partie de la baie non protégée

$$D_{fvi1} = \frac{1,8 \cdot T_{l1} \cdot A_{baie}}{4,5 \cdot A_{ecinat} \cdot 0,75} \quad \text{Eq 11}$$

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

$$D_{fvi2} = \frac{1,8 \cdot T_{l2} \cdot A_{baie}}{4,5 \cdot A_{ecinat} \cdot 0,75} \quad \text{Eq 12}$$

$T_{l1}$  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.

## 27/!Especificación de carácter no válida

TR C E 2009

### 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

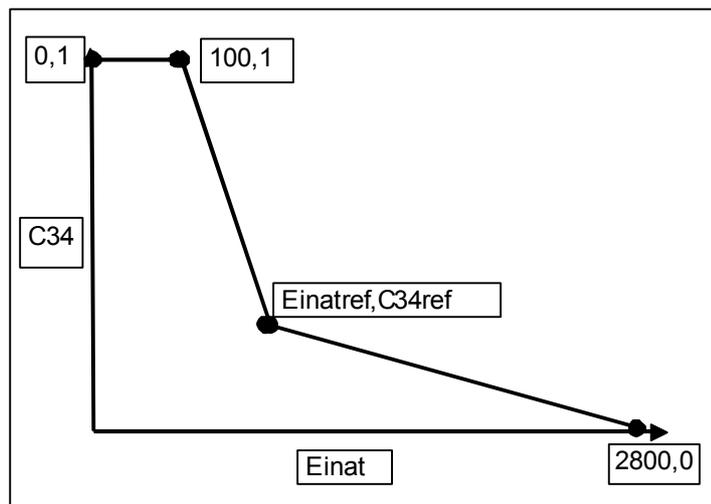


Figure 2 : Evolution de C34 en fonction de l'éclairage naturel

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 17 : Valeurs de Einat<sub>ref</sub> et de C34<sub>ref</sub>

## 28/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

### méthode de calcul en résidentiel

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

Les formules définies en 0 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
- $E_{Inat_{ref}} = 200$
- $C34_{ref} = 0.05$
- Accès à l'éclairage : effectif
- Type de régulation : interrupteur

### Calcul des apports récupérables dûs à l'éclairage

Le flux transmis s'exprime de la manière suivante :

- flux convectif,

$$F_{ecl_C} = 0.5 C_{ecl\_GR} \quad \text{Eq 13}$$

- flux radiatif,

$$F_{ecl_R} = 0.5 C_{ecl\_GR} \quad \text{Eq 14}$$

Les valeurs de **F<sub>ecl\_C</sub>** et de **F<sub>ecl\_R</sub>** sont ajoutées respectivement à  $F_{intc}$ , Flux convectif dû à des sources internes, et à  $F_{intr}$ , Flux radiatif dû à des sources internes, cf § 0 , Eq 217

### Besoins et distribution de l'ECS

#### 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 :

$$Q_w = \rho_w \cdot c_w \cdot V_{uw} \cdot (\theta_{uw} - \theta_{cw}) * Rat_{ECS} \quad \text{Eq 15}$$

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.

29/!Especificación de carácter no  
válida

Th C E 2009

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

$$V_{uw} = a \cdot ah \cdot Nu \quad \text{Eq 16}$$

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 18 donne les valeurs de a et Nu, le Tableau 19 donne les valeurs de ah.

Rat<sub>ECS</sub> est déterminé de la façon suivante :

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

Avec :

Nu surface totale ou total des lits, des repas, des chambres ou des douches selon l'usage, voir Tableau 18,

Nu<sub>syst1</sub> surface ou nombre de lits, de repas, de chambres ou de douches selon l'usage alimentés par le système 1.

### 30/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2008

Type d'usages	a	Nu
Maisons individuelles	= (470.9 ln (Nu) – 1075) / Nu si Nu > 27 m <sup>2</sup> = 17.7 sinon	m <sup>2</sup> de surface habitable
Logements collectifs	= (470.9 ln (Nu_lgt) – 1075) / Nu_lgt si Nu_lgt ≥ 27 m <sup>2</sup> = 17.7 sinon Avec Nu_lgt = Nu/nbre_lgt	m <sup>2</sup> 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 18 : Besoins unitaires hebdomadaires d'eau chaude sanitaire à 40 °C**

### 31/!Especificación de carácter no válida

Tb C E 2008

Le Tableau 19 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 19 : Coefficients horaires de soutirage et de répartition des quantités consommées**

### **Pertes de distribution de l'eau chaude sanitaire**

Cette partie permet de calculer pour chaque zone :

- les pertes brutes de distribution : énergie perdue dans le circuit de distribution de l'eau chaude sanitaire,
- les consommations des auxiliaires de distribution.
- Les pertes récupérées de distribution de l'eau chaude sanitaire

#### **1.1.14 PERTES BRUTES DE DISTRIBUTION DE L'ECS**

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  $Q_{d,w\_col,hvc}$ ).

$$Q_{d,w} = Q_{d,w\_ind,vc} + Q_{d,w\_ind,hvc} + Q_{d,w\_col,vc} + Q_{d,w\_col,hvc} \quad \text{Eq 17}$$

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 :

$$L_{vc} = 0,2 * A_z * Rat_{ECS} \quad \text{en résidentiel et en hébergement}$$

$$L_{vc} = 0,05 * A_z * Rat_{ECS} \quad \text{pour les autres usages}$$

#### ***production individuelle en volume habitable chauffé***

$$Q_{d,w\_ind,vc} = 0,5 * R_{dist\_ECS} * Q_w \quad \text{Eq 18}$$

$$Q_{d,w\_ind,hvc} = 0$$

$$Q_{d,w\_col} = 0$$

#### ***production individuelle hors volume chauffé***

$$Q_{d,w\_ind,vc} = 0,5 * R_{dist\_ECS} * Q_w \quad \text{Eq 19}$$

$$Q_{d,w\_ind,hvc} = 0,5 * (L_{hvc} / A_z) * Q_w \quad \text{Eq 20}$$

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,  $A_z * Rat_{ECS}$ .

$$Q_{d,w\_col} = 0$$

#### ***production collective réseau bouclé***

### 33/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

$$Q_{d,w\_ind,vc} = 0,5 \cdot R_{dist_{ECS}} \cdot Q_w \quad \text{Eq 21}$$

$$Q_{d,w\_ind,hvc} = 0 \quad \text{Eq 22}$$

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 :

$$\begin{aligned} Q_{d,w\_col} &= 0.14 \cdot Q_w \\ Q_{d,w\_col\ vc} &= 0.8 \cdot Q_{d,w\_col} \\ Q_{d,w\_col\ hvc} &= 0.2 \cdot Q_{d,w\_col} \end{aligned} \quad \text{Eq 23}$$

#### Puissance électrique par défaut des circulateurs pour un réseau bouclé

Le débit au départ de la boucle(en m<sup>3</sup>/h) est égal à :

$$q_{d,w} = \left( \frac{Q_{d,w}}{1,163 \cdot \Delta\theta_{\max}} \right) \quad \text{Eq 24}$$

$\Delta\theta_{\max}$  = chute maximum de température prise égale à 5°C.

La longueur du bouclage (en m) le plus défavorisé est égale à :

$$L_{b\_def} = 2 \cdot \left[ 2 \cdot \left( \frac{A_{zone}}{n_{niv}} \right)^{0,5} + 3 \cdot (n_{niv} - 0,5) \right] \quad \text{Eq 25}$$

La perte de charge (en kPa) dans le bouclage dépend de la longueur et est égale à :

$$\Delta p_b = 0,2 \cdot L_{b\_def} + 10 \quad \text{Eq 26}$$

La puissance hydraulique (en W) du bouclage est égale à :

$$P_{hyd\_b} = (q_{d,w} \cdot \Delta p_b) / 3,6 \quad \text{Eq 27}$$

L'efficacité du circulateur est égale à :

$$Eff_{cir\_d,w} = P_{hyd\_b}^{0,324} / 15,3 \quad \text{Eq 28}$$

La puissance électrique du circulateur ( en W) est égale à :

$$P_{cir\_d,w} = \max(20; P_{hyd\_b} / Eff_{cir\_d,w}) \quad \text{Eq 29}$$

La consommation électrique des pompes (en Wh) est calculée par :

$$Q_{cir\_d,w} = P_{cir\_d,w} \quad \text{Eq 30}$$

### 34/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

On considère que les pertes ne sont pas récupérables.

#### ***production collective réseau tracé***

$$Q_{d,w\_ind\ vc} = 0,5 \cdot R_{dist_{ECS}} \cdot Q_w \quad \text{Eq 31}$$

$$Q_{d,w\_ind,hvc} = 0 \quad \text{Eq 32}$$

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 :

$$\begin{aligned} Q_{d,w\_col} &= 0.07 \cdot Q_w \\ Q_{d,w\_col\ vc} &= 0.8 \cdot Q_{d,w\_col} \\ Q_{d,w\_col\ hvc} &= 0.2 \cdot Q_{d,w\_col} \\ P_{trac\_dw} &= Q_{d,w\_col} \end{aligned} \quad \text{Eq 33}$$

#### **Pertes récupérées de distribution de l'eau chaude sanitaire**

48% des pertes de distribution en volume chauffé ( $Q_{d,w\_ind,vc}$  et  $Q_{d,w\_col\ vc}$ ) sont récupérées (60% des pertes sont récupérables avec un taux de récupération de 0.8). les pertes hors volume chauffé ( $Q_{d,w\_ind,hvc}$  et  $Q_{d,w\_col\ hvc}$ ) ne le sont pas.

Les pertes récupérées de distribution de l'Eau chaude sanitaire sont calculées annuellement et viennent se déduire ( respectivement se rajouter) aux besoins de chauffage (respectivement de refroidissement

$$Q_{d,w\_rec} = (Q_{d,w\_ind,vc} + Q_{d,w\_col\ vc}) \cdot 0,6 \quad \text{Eq 34}$$

## besoins conventionnels de chaud et de froid

### Déperditions conventionnelles par les parois

#### 1.1.15 CARACTERISATION THERMIQUE DU BATI

Le bâtiment est séparé en zones ayant des usages différents, elles-mêmes découpées en groupes. A chaque partie du bâtiment correspond les entrées suivantes :

#### **Caractéristiques au niveau du bâtiment**

La seule donnée d'entrée est la surface hors œuvre nette (SHON)

#### **Caractéristiques du bati 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.

La perméabilité à l'air de l'enveloppe est une donnée caractéristique de la zone.

#### **Caractéristiques du bati au niveau du groupe**

On caractérise l'inertie thermique pour chaque groupe par sa classe d'inertie. Les caractéristiques d'inertie quotidienne et séquentielle sont calculées selon les règles Th-I faisant partie des règles Th-bât.

La description des éléments de l'enveloppe se font au niveau du groupe. On décrit à ce niveau:

- La 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, coefficients U et facteurs solaires des parois opaques verticales déperditives  $A_{p\_ver\_gr}$ . Elles ont conventionnellement réparties à égalité sur les orientations N,E,S et O.
- Les surfaces coefficients U et facteurs solaires de parois opaques horizontales déperditives hors plancher bas  $A_{p\_horiz\_gr}$ .
- Les surfaces et coefficient U des plancher bas  $A_{p\_plancherbas\_gr}$ .
- Les longueurs coefficient Psi et facteurs solaire des liaisons linéiques déperditives hautes, intermédiaires et basses.
- Les surfaces et coefficients U des baies,  $A_{baie}$ , 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 verticales lorsque l'angle avec le plan horizontal est égal ou supérieur à 60 degrés, et horizontales sinon.
- Le facteur solaire des baies sans protection solaire mobile,  $Sw\_sp\_baie$ , 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,  $Tl1\_baie$ , calculé au § 0.
- Le facteur solaire des baies avec protection solaire mobile en place,  $Sw\_ap\_baie$ , 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,  $Tl2\_baie$ , protection solaire mobile en place.

### 36/!Especificación de carácter no válida

T.H. C. E. 2009

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

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 20 : 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 21 : 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 solaire mobile, 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 § 0. 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.

**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 22 : Valeurs conventionnelles**

**1.1.16 VALEURS PAR DEFAUT**

Le facteur solaire par défaut des parois opaques est calculé avec un coefficient d'absorption de 0.8 pour les parois horizontales et 0,6 pour les parois verticales.

**1.1.17 CALCUL DE HT**

$H_T$  est le coefficient de déperdition par transmission entre le volume chauffé d'une part et l'extérieur, le sol et les locaux non chauffés d'autre part, il s'exprime en  $W/(m^2 \cdot K)$

On calcule le coefficient  $H_T$  au niveau de chaque groupe puisque les caractéristiques du bâti sont données au niveau du groupe.

L'expression de  $H_T$  est la suivante :

$$H_T = A_T * \frac{\sum_i A_i U_i b_i + \sum_j l_j \psi_j b_j + \sum_k \chi_k b_k}{\sum A_i} \tag{Eq 35}$$

$A_i$  est l'aire intérieure de la paroi deperditive  $i$  de la partie de bâtiment pour laquelle on calcule le coefficient HT en  $m^2$

$U_i$  est le coefficient de transmission thermique de la paroi déperditive  $i$  de la partie de bâtiment pour laquelle on calcule le coefficient HT en  $W/(m^2 \cdot K)$

$b$  est un coefficient de réduction des déperditions respectivement à travers les composants  $i$ ,  $j$  et  $k$  de la partie de bâtiment pour laquelle on calcule le coefficient HT.

$l_j$  est le linéaire du pont thermique de la liaison  $j$  de la partie de bâtiment pour laquelle on calcule le coefficient HT en  $m$ .

$\psi_j$  est le coefficient de transmission thermique linéique du pont thermique de la liaison  $j$  de la partie de bâtiment pour laquelle on calcule le coefficient HT en  $W/(m \cdot K)$ .

$\chi_k$  est le coefficient de transmission thermique ponctuel du pont thermique tridimensionnel  $k$  de la partie de bâtiment pour laquelle on calcule le coefficient HT en  $W/K$ .

**1.1.18 PRISE EN COMPTE DEPERDITIONS PAR LES PAROIS**

les déperditions par les parois sont prises en compte à chaque pas de temps par le modèle thermique décrit au § 0 à travers les conductances  $H_{ges}$  et  $H_{gem}$

## Déperdition conventionnelle par renouvellement d'air

### 1.1.19 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 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.

L'expression du coefficient Hv : coefficient de déperdition par renouvellement d'air est donné en fin de paragraphe

Dans ce qui suit une distinction sera faite selon les deux situations suivantes :

- Situation 1 : Correspond au calcul du projet dans le cas où le système de ventilation du projet a été modifié par rapport au système de ventilation du bâtiment avant travaux. Cette situation est traitée au § 0
- Situation 2 : correspond au calcul du bâtiment initial avant travaux et au calcul du projet dans le cas où le système de ventilation est inchangé par rapport au système de ventilation du bâtiment avant travaux. Cette situation est traitée au § 0

#### **Caractérisation du groupe et règle de segmentation**

On caractérise au niveau du groupe :

- les débits soufflés et repris mécaniquement par le ou les système(s) de ventilation associé(s) au groupe  $Qva_{sougr}$  et  $Qva_{repgr}$  en  $m^3/h$  sont obtenus par la 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 :  $Qva_{sougr} < Qva_{repgr}$ ,

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 :

$$\sum_{groupes\ d'entrée} Qva_{sougr} > \sum_{groupes\ d'entrée} Qva_{repgr}$$

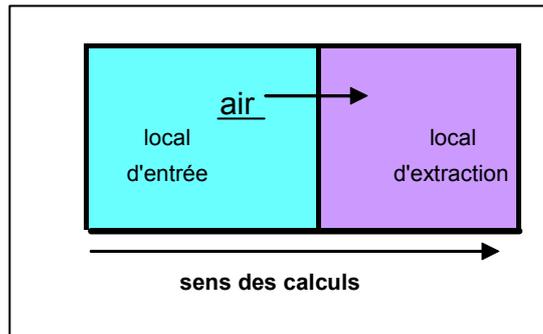
Ces conditions sont nécessaires pour s'assurer que le flux d'air respecte bien la logique suivante.

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

## 39/!Especificación de carácter no válida

TR 05 2009



**Figure 3 : Sens des calculs**

Par ailleurs, on doit distinguer, comme indiqué en § 0, 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).

### ***Situation 1 : méthode pour le calcul du projet dans le cas où le système de ventilation a été modifié par rapport au système de ventilation du bâtiment initial avant travaux***

#### **Calcul des débits spécifiques**

##### ***Introduction***

On distingue 4 types de systèmes :

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

##### ***Valeurs des débits à reprendre et à 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 10).

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.

##### ***Ventilation mécanique***

On effectue le calcul des débits moyens soufflés et extraits 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 régulation des débits  $Cr_{db}$

## 40/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

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

$$Q_{vasou_{occ}} = Crdb * C_{dep} * C_{fres} * Q_{vasou_{spec_{occ}}} \quad \text{Eq 36}$$

$$Q_{vasou_{inocc}} = Crdb * C_{dep} * C_{fres} * Q_{vasou_{spec_{inocc}}} \quad \text{Eq 37}$$

$$Q_{varep_{occ}} = Crdb * C_{dep} * C_{fres} * Q_{varep_{spec_{occ}}} \quad \text{Eq 38}$$

$$Q_{varep_{inocc}} = Crdb * C_{dep} * C_{fres} * Q_{varep_{spec_{inocc}}} \quad \text{Eq 39}$$

### Secteur résidentiel

Dans le secteur résidentiel, les débits d'air spécifiques sont permanents, il n'y a pas de période d'inoccupation pour les débits soufflés et repris.

La régulation du débit est prise en compte à travers les caractéristiques du dispositif de gestion telles que décrites dans le Tableau 23; dans ce cas le coefficient  $Crdb$  est pris égal à 1 .

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 23 : 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 :

$$Q_{varep_{spec}} = (Q_{pointerep} * D_{ugd} + Q_{baserep} * (168 - D_{ugd})) / 168 \quad \begin{matrix} [m^3/h] \\ \text{Eq 40} \end{matrix}$$

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

$$Q_{vasou_{spec}} = (Q_{pointesou} * D_{ugd} + Q_{basesou} * (168 - D_{ugd})) / 168 \quad \begin{matrix} [m^3/h] \\ \text{Eq 41} \end{matrix}$$

Le Tableau 23 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.

## 41/!Especificación de carácter no válida

TR C E 2009

Pour les systèmes hygroréglables, les débits énergétiques équivalents seront calculés à partir des valeurs fournies dans les Avis Techniques. Ces valeurs prennent en compte directement la réduction des débits, le coefficient Crdb est alors égal à 1.

### 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 valeurs du coefficient Crdb sont données dans le **Tableau 24** ci dessous

	<b>Coefficient de régulation des débits Crdb</b>
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 24 : Coefficients de réduction des débits en non résidentiel Crdb**

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

La valeur par défaut de Crdb est égale à 1.

En période d'inoccupation, Crdb=1

$$Q_{\text{varepspec}_{\text{occ}}} = Q_{\text{vanomrep}_{\text{occ}}} \quad \text{Eq 42}$$

$$Q_{\text{varepspec}_{\text{inoc}}} = Q_{\text{vanomrep}_{\text{inoc}}} \quad \text{Eq 43}$$

$$Q_{\text{vasouspec}_{\text{occ}}} = Q_{\text{vanomsou}_{\text{occ}}} \quad \text{Eq 44}$$

$$Q_{\text{vasouspec}_{\text{inoc}}} = Q_{\text{vanomsou}_{\text{inoc}}} \quad \text{Eq 45}$$

### Coefficients de dépassement Cdep

Le coefficient de dépassement C<sub>dep</sub> 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 <sub>dep</sub>
<b>Valeur par défaut</b>	1,25
<b>Composants autoréglables certifiés</b>	1,10

**Tableau 25 : Valeurs de C<sub>dep</sub> pour la ventilation mécanique**

## 42/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

### **Coefficient de fuite des réseaux Cfres**

Le coefficient de fuite du réseau Cfres a pour valeur en fonction de la classe de fuite du réseau Clfres :

Classe de Clfres	Clfres1	Clfres2	Clfres3	Clfres4
Valeur de Cfres	1	1.05	1.10	1.3

**Tableau 26: Valeur de Cfres en fonction de la classe Clfres**

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

Type de réseau	Classe d'étanchéité du réseau	Kres (m <sup>3</sup> /(s.m <sup>2</sup> ) sous 1 Pa) (pour mémoire)	Classe Clfres <sub>r</sub>
Basse pression (dépression dans le réseau inférieure à 20 Pa)	A	0,027 10 <sup>-3</sup>	Clfres1
	B	0,009 10 <sup>-3</sup>	Clfres1
	C	0,003 10 <sup>-3</sup>	Clfres1
	Valeur par défaut	0,0675 10 <sup>-3</sup>	Clfres2
Extracteur mécanique sur conduit de ventilation naturelle			Clfres4
Autres cas et type par défaut	A	0,027 10 <sup>-3</sup>	Clfres2
	B	0,009 10 <sup>-3</sup>	Clfres1
	C	0,003 10 <sup>-3</sup>	Clfres1
	Valeur par défaut	0,0675 10 <sup>-3</sup>	Clfres3

**Tableau 27: Classes de Clfres 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.

### **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,  $q_{vcond}$ , 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.

### 43/!Especificación de carácter no válida

TR 05 2009

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 23**. 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

$$D_{eq} = 4 \cdot A_{cond} / Per_{cond} \quad \text{Eq 46}$$

$$v_{cond} = 4 \cdot qv_{cond} / (3600 \cdot \rho_a \cdot \pi \cdot D_{eq}^2) \quad \text{Eq 47}$$

$$\Delta p_{bouche} = 20 \cdot qv_{cond} \cdot \text{abs}(qv_{cond}) / (M_{bouche_{eq}} + M_{fuites})^2 \quad \text{Eq 48}$$

$$M_{fuites} = 3600 \cdot (20^{0,65}) \cdot h_{cond_{eq}} \cdot Per_{cond} \cdot K_{res_{cond}} \quad \text{Eq 49}$$

La valeur de  $K_{res}$  est donnée suivant les valeurs Tableau 27

$$\Delta p_{cond} = 0,5 \cdot \lambda (h_{cond_{eq}} / D_{eq}) \cdot \rho_a \cdot v_{cond} \cdot \text{abs}(v_{cond}) \text{ avec } \lambda = 0,05 \quad \text{Eq 50}$$

$$\Delta p_{coude} = 0,5 \chi_{coude} \cdot \rho_a \cdot v_{cond} \cdot \text{abs}(v_{cond}) \quad \text{Eq 51}$$

$\Delta p_{extr}$  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.

## 44/!Especificación de carácter no válida

Tb C E 2009

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 :

$$\Delta p_{extrC,vcond} = 0,5 \cdot \rho_a \cdot (V_e \cdot C_{extr,ve,ref} (v_{cond} \cdot V_{e,ref} / v_e)) \quad \text{Eq 52}$$

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 53
- 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

$$\Delta p_{mot} = h_{mot} \cdot \rho_a \cdot g \cdot ((T_i - T_e) / T_{ref}) + p_{ib} \quad \text{Eq 54}$$

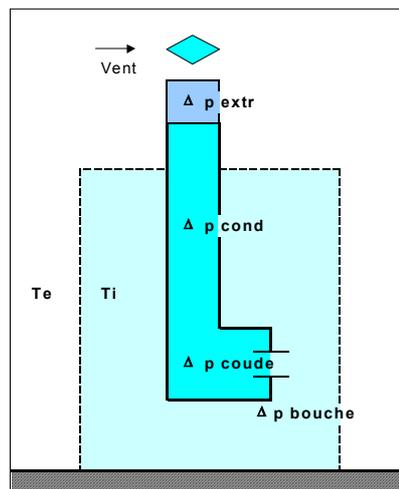
Pour les zones dont les niveaux sont étanches entre eux, le calcul s'effectue conventionnellement à mi-hauteur de la zone. En considérant une différence d'altitude de 2 m entre la bouche et le sol, on peut retenir par défaut  $h_{mot} = h_{cond} \text{ eq} + 2$ .

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 :

$$\Delta p_{mot} = \Delta p_{extr} + \Delta p_{cond} + \Delta p_{coude} + \Delta p_{bouche} \quad \text{Eq 55}$$

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



**45/!Especificación de carácter no  
válida**

Th C E 2009

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

## 46/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

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

### **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  $Q_{\text{pointe}}$  correspondant aux activités de cuisine est utilisé de la façon suivante :

	<b>Chybcuis</b>	<b>Horaires</b>
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 28 : Horaires d'utilisation du grand débit cuisine en ventilation hybride**

Le débit de base est utilisé en définissant une valeur seuil de Vent extérieur  $V_{\text{hyb}}$  et de température  $Th_{\text{yb}}$ . On passe en mode mécanique si  $Te > Th_{\text{yb}}$  et  $Ve < V_{\text{hyb}}$  (conditions de tirage insuffisante).

On applique donc la procédure suivante :

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

$$Q_{\text{varep}}_{\text{spec}} = (Q_{\text{pointe}} * D_{\text{ugdh}} + Q_{\text{base}} * (168 - D_{\text{ugdh}})) / 168 \quad \text{Eq 56}$$

Avec :

	<b>Durée d'utilisation en grand débit (<math>D_{\text{ugdh}}</math>) (en h/semaine)</b>
collectif	28
individuel	14

**Tableau 29 : Durées d'utilisation par défaut ( $D_{\text{ugdh}}$ ) 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 29**
- 2) Aux heures respectant  $Te > Th_{\text{yb}}$  et  $Ve < V_{\text{hyb}}$

## 47/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

### **Aeration par ouverture des fenêtres**

#### **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 Cfenb égal à 1,7.

Les débits correspondant sont calculés comme suit :

$$Q_{vfen\text{sou}_{occ}} = C_{fenb} ( Q_{vanoms\text{ou}_{cocc}} + Q_{vanomrep_{occ}} ) \quad \text{Eq 57}$$

$$Q_{vfen\text{sou}_{inocc}} = C_{fenb} ( Q_{vanoms\text{ou}_{inocc}} + Q_{vanomrep_{inocc}} ) \quad \text{Eq 58}$$

$$Q_{vfenrep_{occ}} = Q_{vfen\text{sou}_{occ}} \quad \text{Eq 59}$$

$$Q_{vfenrep_{inocc}} = Q_{vfen\text{sou}_{inocc}} \quad \text{Eq 60}$$

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.

### **Calcul des débit échangés au travers de l'enveloppe de la zone et entre groupes**

#### **Caractérisation au niveau de la zone**

- la surface de ses parois déperditives,  $A_{T\text{bat-zone}}$  en  $m^2$ , dont les planchers bas sont exclus.
- 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,  $A_{T\text{bat-zone}}$ , 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 30.

## 48/!Especificación de carácter no válida

Th E 2009

Usage	Perméabilité par défaut (en $m^3/(h.m^2)$ )	Justification 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 30 : Valeurs par défaut de la perméabilité des parois extérieures**

- 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 31 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 31 : Valeurs conventionnelles des indices de perméabilité interne**

### **Calcul des débits d'air à 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 § 0. 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.

### **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.

## 49/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

- 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.

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

#### 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.

#### 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 32 : 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 33 : 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

## 50/!Especificación de carácter no válida

T.E. 2009

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 34 : 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 35 : 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 36: 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.

### 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 31 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	$C_p$ façade au vent	$C_p$ façades latérales	$C_p$ façade sous le vent
$h_{bat} < 15$ m	+ 0,25	-0.5	- 0,5
$15 < h_{bat} < 50$ m	+ 0,45	-0.5	- 0,5
$h_{bat} > 50$ m	+ 0,60	-0.5	- 0,5

## 51/!Especificación de carácter no válida

T.E.C. 2009

**Tableau 37: 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 38: Cp 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 :

$$P_{ext,comp} = \rho_a \cdot (0.5 \cdot C_p \cdot (0.9 v_e)^2 - h_{comp} \cdot ((\theta_i - \theta_{ei}) \cdot g / \theta_{e,ref})) \quad \text{Eq 61}$$

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 :

$$\Delta p = P_{ext,comp} - p_{ib} \quad \text{Eq 62}$$

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

La perméabilité à l'air de l'enveloppe est répartie sur chaque composant suivant le § 0 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 :

$$\begin{aligned} \text{Si } \Delta p < 0 \quad q_{v,def} &= - q_{v4PaZ} (-\Delta p/4)^{2/3} \\ q_{m,def} &= q_{v,def} \cdot \rho_i / 3600 \\ \text{Si } \Delta p \geq 0 \quad q_{v,def} &= q_{v4PaZ} (\Delta p/4)^{2/3} \\ q_{m,def} &= q_{v,def} \cdot \rho_e / 3600 \end{aligned} \quad \text{Eq 63}$$

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  $\theta_{ei}$  et  $w_{ei}$

### **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.

## 52/!Especificación de carácter no válida

TR 0 5 2009

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  $m^3/h$  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 :

$$\begin{aligned} \text{Pour } \Delta p \leq 0 \text{ Pa :} & \quad qv_{ea} = -1,1.M_{ea}.(-\Delta p/20)^{0,5} \\ & \quad qm_{ea} = qv_{ea} * \rho_i^{0,5} * \rho_a^{0,5} / 3600 \\ \text{Pour } 0 \text{ Pa} < \Delta p \leq 20 \text{ Pa :} & \quad qv_{ea} = 1,1.M_{ea}.(\Delta p/20)^{0,5} \\ & \quad qm_{ea} = qv_{ea} * \rho_e^{0,5} * \rho_a^{0,5} / 3600 \\ \text{Pour } \Delta p > 20 \text{ Pa :} & \quad qv_{ea} = 0,55.M_{ea}.\Delta p/80 + 77.M_{ea}/80 \\ & \quad qm_{ea} = qv_{ea} * \rho_e^{0,5} * \rho_a^{0,5} / 3600 \end{aligned} \quad \text{Eq 64}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Pour } \Delta p \leq 0 \text{ Pa :} & \quad qv_{ea} = -1,1.M_{ea}.(-\Delta p/20)^{0,5} \\ & \quad qm_{ea} = qv_{ea} * \rho_i^{0,5} * \rho_a^{0,5} / 3600 \\ \text{Pour } \Delta p > 0 \text{ Pa :} & \quad qv_{ea} = 1,1.M_{ea}.(\Delta p/20)^{0,5} \\ & \quad qm_{ea} = qv_{ea} * \rho_e^{0,5} * \rho_a^{0,5} / 3600 \end{aligned} \quad \text{Eq 65}$$

### Débits sur l'ensemble de la zone

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

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

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

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

### 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.

$$Q_{mdef}(p_{ib}) + Q_{mea}(p_{ib}) + Q_{maT_{sou}} + Q_{maT_{rep}} + Q_{maT_{cond}} = 0 \quad \text{Eq 66}$$

Avec :

$Q_{maT_{rep}}$  : débit massique total repris (kg/s) au niveau de la zone calculé au § 0,

$Q_{maT_{sou}}$  : débit massique total soufflé (kg/s) au niveau de la zone calculé au § 0,

$Q_{mdef}(p_{ib})$  : débit massique total traversant pour un perméabilité  $qv_{4Paz}$  (kg/s),

$Q_{mea}(p_{ib})$  : débit massique total traversant les entrées d'air (kg/s),

$Q_{maT_{cond}}$  : débit massique total du aux conduits à tirage naturel (kg/s).

**53/!Especificación de carácter no válida**

Tb C E 2009

**Répartition de l'air entrant ou sortant par les parois extérieures 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 :

$q_{m_{extrdef}} = \min (0, q_{m_{def}})$	débit sortant par les défauts d'étanchéité pour une façade	
$q_{m_{entrdef}} = \max (0, q_{m_{def}})$	débit entrant par les défauts d'étanchéité pour une façade	
$q_{m_{extrea}} = \min (0, q_{m_{ea}})$	débit sortant par les entrées d'air pour une façade	
$q_{m_{entrea}} = \max (0, q_{m_{ea}})$	débit entrant par les entrées d'air pour une façade	
$Q_{mdefextr} = \Sigma q_{m_{extrdef}}$	débit sortant par les défauts d'étanchéité pour l'ensemble	Eq 67
$Q_{mdefentr} = \Sigma q_{m_{entrdef}}$	débit entrant par les défauts d'étanchéité pour l'ensemble	
$Q_{meaextr} = \Sigma q_{m_{extrea}}$	débit sortant par les entrées d'air pour l'ensemble	
$Q_{meaentr} = \Sigma q_{m_{entrea}}$	débit entrant par les entrées d'air pour l'ensemble	

Ensuite la répartition entre groupes est effectuée

$Q_{mdefextr_{gr}} = Q_{mdefextr} * p_{A_{gr}}$	
$Q_{mdefentr_{gr}} = Q_{mdefentr} * p_{A_{gr}}$	
$Q_{meaextr_{gr}} = Q_{meaextr} * Mea_{gr} / S_{Mea}$	Eq 68
$Q_{meaentr_{gr}} = Q_{meaentr} * Mea_{gr} / S_{Mea}$	

Avec :

$S_{mea}$  somme des modules des entrées d'air de la zone

**Calcul des débits 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 :

$Q_{matrans_{(gr)}} = \max (0, (Q_{masou_{(gr)}} + Q_{marep_{(gr)}} + Q_{mdefextr_{(gr)}} + Q_{mdefentr_{(gr)}} + Q_{meaextr_{(gr)}} + Q_{meaentr_{(gr)}}))$	Eq 69
--	-------

**Situation 2 : Méthode pour le calcul du bâtiment initial et pour le calcul du projet si le système de ventilation du projet est inchangé par rapport au système de ventilation du bâtiment initial**

**Introduction**

La ventilation dans la méthode de calcul est prise en compte de manière simplifiée pour le calcul du bâtiment initial (avant travaux) , pour le calcul du projet dans le cas où le système de ventilation est inchangé lors des travaux.

La simplification consiste principalement à traiter l'ensemble des systèmes comme un système de ventilation mécanique et à considérer des valeurs conventionnelles pour les données qui caractérisent le système de ventilation d'une part et la perméabilité de l'enveloppe d'autre part.

La méthode est basée sur les équations du § 0 en adoptant des valeurs conventionnelles

**Résidentiel**

**Calcul des débits spécifiques**

Quelque soit le système de ventilation, on le traite comme un système de ventilation mécanique :

$$Q_{vasou_{occ}} = C_{rdb_{conv}} * C_{dep_{conv}} * C_{fres_{conv}} * Q_{vasou_{specocc/m^2_{conv}}} * A \quad \text{Eq 70}$$

$$Q_{varep_{occ}} = C_{rdb_{conv}} * C_{dep_{conv}} * C_{fres_{conv}} * Q_{varep_{specocc/m^2_{conv}}} * A \quad \text{Eq 71}$$

Avec :

$C_{rdb_{conv}}$  : valeur conventionnelle du coefficient de régulation des débits (cf Tableau 39)

$C_{dep_{conv}}$  : valeur conventionnelle du coefficient de dépassement (cf Tableau 39)

$C_{fres_{conv}}$  : valeur conventionnelle du coefficient de fuite des réseaux (cf Tableau 39)

$Q_{vasou_{specocc/m^2_{conv}}}$  : valeur conventionnelle du débit moyen soufflé par unité de surface habitable exprimé en m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> (cf Tableau 39)

$Q_{varep_{specocc/m^2_{conv}}}$  : valeur conventionnelle du débit moyen à reprendre par unité de surface habitable exprimé m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> (cf Tableau 39)

A : surface habitable de la partie de la zone desservie par le système de ventilation en m<sup>2</sup>

**Calcul des débit echangés au travers de l'enveloppe de la zone et entre groupes**

On adopte la méthode décrite dans le § avec :

$$S_{mea} = S_{mea_{conv}} * A_z$$

$$q_{V4Pa} = q_{V4Pa_{conv/m^2}} * A_{Tbat_z}$$

$S_{mea_{conv}}$  : valeur conventionnelle de la somme des modules d'entrée d'air exprimée en m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> de surface habitable sous 20 Pa (cf Tableau 39)

$q_{V4Pa_{conv/m^2}}$  : valeur conventionnelle de la perméabilité sous 4 Pa (m<sup>3</sup>/h sous 4 Pa) de la zone par unité de surface déperditive de la zone dont les planchers bas sont exclus (cf Tableau 40)

$A_z$  : surface habitable de la zone en m<sup>2</sup>

$A_{Tbat_z}$  : surface des parois déperditives de la zone dont les planchers bas sont exclus

## 55/!Especificación de carácter no válida

Tb C E 2009

### **Autres données conventionnelles**

Les autres données conventionnelles liées au système de ventilation concernent :

- l'efficacité de l'échangeur dans le cas d'un système de ventilation double flux :

$$EFF_{\text{échangeur}} = EFF_{\text{échangeur\_conv}}$$

- la puissance des ventilateurs locaux exprimée en W

$$P_{\text{ventilateur}} = P_{\text{ventilateur\_conv}} / m^2 * A_h$$

$EFF_{\text{échangeur\_conv}}$  et  $P_{\text{ventilateur\_conv}} / m$  sont les valeurs conventionnelles données au tableau 38

### **Récapitulatif des valeurs conventionnelles pour le résidentiel**

	$Q_{\text{varep}}_{\text{spe}} / m^2_{\text{conv}} / m^3/h/m^2$	$Q_{\text{vasou}}_{\text{specoc}} / m^2_{\text{conv}} / m^3/h/m^2$	$Cr_{db}_{\text{conv}} [-]$	$C_{dep}_{\text{conv}} [-]$	$C_{fres}_{\text{conv}}$	$S_{mea}_{\text{conv}} / m^3/h/m^2$	$EFF_{\text{échangeur\_conv}}$	$P_{\text{ventilateur\_conv}} / m^2 / W/m^2$
Ventilation par ouverture de fenêtres Système de ventilation par entrées d'air hautes et basses	1.2	1.2	1.3	1.25	1.1	0	-	0
Ventilation mécanique autoréglable « avant 1982 »	1.2	0	1.15	1.25	1.1	2	-	0.5
Ventilation mécanique autoréglable « après 1982 »	1.2	0	1	1.25	1.1	2	-	0.5
Ventilation mécanique à extraction hygroréglable	1.2	0	0.75	1.25	1.1	2	-	0.5
Ventilation mécanique gaz hygroréglable	1.2	0	0.85	1.25	1.1	2	-	0.5
Ventilation mécanique à extraction et entrées d'air hygroréglables	1.2	0	0.65	1.25	1.1	1.5	-	0.5
Ventilation mécanique double flux avec échangeur	1.2	1.2	1	1.25	1.1	0	0.6	1
Ventilation mécanique double flux sans échangeur	1.2	1.2	1	1.25	1.1	0	-	1
Ventilation naturelle par conduit	1.2	0	1.3	1.25	1.1	4	-	0
Ventilation hybride	1.2	0	1.25	1.25	1.1	3	-	0.25

## 56/!Especificación de carácter no válida

Tb C E 2009

Extracteur mécanique sur conduit non modifié de ventilation naturelle existante	1.2	0	1.15	1.25	1.3	4		
---	-----	---	------	------	-----	---	--	--

**Tableau 39 : Valeurs conventionnelles des systèmes de ventilation – secteur résidentiel**

	$QV_{4Pa\_conv/m^2}$ en $m^3/h/m^2$ sous 4 Pa		
	Fenêtres sans joints <b>et</b> cheminée sans trappe de fermeture	Fenêtres sans joints <b>ou</b> cheminée sans trappe de fermeture MI	autres cas
Ventilation par ouverture de fenêtres **	2.5	2.5	2.5
Autres cas	2.5	2.	1.5

**Tableau 40 : Valeurs conventionnelles de la péerméabilité à l'air sous 4Pa – secteur résidentiel**

\*\*La ventilation par seule ouverture des fenêtrre n'est pas compatible avec une forte étanchéité du bâti

### Non résidentiel

#### Calcul des débits spécifiques

Quelque soit le système de ventilation, on le traite comme un système de ventilation mécanique :

$$Q_{vasou_{occ}} = Crdb_{conv} * Cdep_{conv} * Cfres_{conv} * Q_{vasou_{specocc/m^2\_conv}} * A \quad \text{Eq 72}$$

$$Q_{vasou_{inocc}} = Crdb_{conv} * Cdep_{conv} * Cfres_{conv} * Q_{vasou_{specinocc/m^2\_conv}} * A \quad \text{Eq 73}$$

$$Q_{varep_{occ}} = Crdb_{conv} * Cdep_{conv} * Cfres_{conv} * Q_{varep_{specocc/m^2\_conv}} * A \quad \text{Eq 74}$$

$$Q_{varep_{inocc}} = Crdb_{conv} * Cdep_{conv} * Cfres_{conv} * Q_{varep_{specinocc/m^2\_conv}} * A \quad \text{Eq 75}$$

Avec :

$Crdb_{conv}$  : valeur conventionnelle du coefficient de régulation de débit (cf Tableau 42)

$Cdep_{conv}$  : valeur conventionnelle du coefficient de dépassement (cf Tableau 42)

$Cfres_{conv}$  : valeur conventionnelle du coefficient de fuite des réseaux (cf Tableau 42)

$Q_{vasou_{specocc/m^2\_conv}}$  : valeur conventionnelle du débit moyen soufflé par unité de surface utile de la zone en occupation exprimé en  $m^3/h/m^2$ . Sa valeur est donnée dans le Tableau 42) en fonction du débit  $Q_{va_{specocc\_conv}}$  (débit spécifique conventionnel) dont la valeur est donnée dans Tableau 41

$Q_{vasou_{specinocc/m^2\_conv}}$  : valeur conventionnelle du débit moyen soufflé par unité de surface utile de la zone en inoccupation exprimé en  $m^3/h/m^2$ .  **$Q_{vasou_{specinocc/m^2\_conv}} = 0$**

## 57/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

$Q_{varep_{specoccc/m^2\_conv}}$  : valeur conventionnelle du débit moyen à reprendre par unité de surface utile de la zone en occupation exprimé en  $m^3/h/m^2$ . Sa valeur est donnée dans le (cf Tableau 42) en fonction du débit  $Q_{va_{specoccc\_conv}}$  ( débit spécifique conventionnel) dont la valeur est donnée dans Tableau 41

$Q_{varep_{specinocc/m^2\_conv}}$  : valeur conventionnelle du débit moyen à reprendre par unité de surface utile de la zone en inoccupation exprimé en  $m^3/h/m^2$ .  **$Q_{varep_{specinocc/m^2\_conv}} = 0$**

A : surface utile de la partie de la zone desservie par le système de ventilation en  $m^2$

### **Calcul des débit echangés au travers de l'enveloppe de la zone et entre groupes**

On adopte la méthode décrite dans le § 0 avec :

$$S_{mea} = S_{mea_{conv}} * A_z$$

$$q_{V_{4Pa}} = q_{V_{4Pa_{conv/m^2}}} * A_{Tbat\_z}$$

$S_{mea_{conv}}$  : valeur conventionnelle de la somme des modules d'entrée d'air exprimée en  $m^3/h/m^2$  de surface utile sous 20 Pa (cf Tableau 42)

$q_{V_{4Pa_{conv/m^2}}}$  : valeur conventionnelle de la perméabilité sous 4 Pa ( $m^3/h$  sous 4 Pa) de la zone par unité de surface déperditive de la zone dont les planchers bas sont exclus (cf Tableau 41)

$A_z$  : surface utile de la zone en  $m^2$

$A_{Tbat\_z}$  : surface des parois déperditives de la zone dont les planchers bas sont exclus

### **Autres données conventionnelles**

les autres données conventionnelles liées au système de ventilation concernent :

- l'efficacité de l'échangeur dans le cas d'un système de ventilation double flux :

$$EFF_{échangeur} = EFF_{échangeur_{conv}}$$

- la puissance des ventilateurs locaux exprimée en W

$$P_{ventilateur} = P_{ventilateur_{conv}} / m^2 * A_h$$

$EFF_{échangeur_{conv}}$  et  $P_{ventilateur_{conv}} / m^2$  sont les valeurs conventionnelles données au Tableau 42 pour le secteur non résidentiel.

**58/!Especificación de carácter no válida**

Tb C E 2009

**Récapitulatif des valeurs conventionnelles pour le non résidentiel**

Types d'usage	$Q_{va\_specoc\_conv}$ m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>	$q_{v4Pa\_conv}$ m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> sous 4 Pa cas1 : fenêtres étanches ( à joints) et hors ventilation par ouverture de fenêtres	$q_{v4Pa\_conv}$ m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> sous 4 Pa cas2 : Autres cas
Établissements sanitaires avec hébergement		3	3.5
Hôtellerie et autres hébergements		2	2.5
Locaux où il n'est pas possible pour des raisons de conservation des objets entreposés de laisser dériver sensiblement la température		2	2.5
Établissement sanitaire sans hébergement		2	2.5
Enseignement	3.75	2	2.5
Bureaux	1.6	2	2.5
Salles de spectacle, de conférence	7.2	3	3.5
Commerces	2.2	3	3.5
Restauration plusieurs repas par jour		2	2.5
Restauration un repas par jour		2	2.5
Locaux non compris dans une autre catégorie		3	3.5
Établissements sportifs		3	3.5
Stockage		3	3.5
Industrie		3	3.5
Transport		3	3.5

**Tableau 41 : Données conventionnelles par type d'usage des débits spécifiques et de la perméabilité à l'air sous 4Pa – secteur non résidentiel**

## 59/!Especificación de carácter no válida

Tb C E 01 2009

	$Q_{varep_{specocconv}}/m^2$ $m^3/h/m^2$	$Q_{vasou_{specocconv}}/m^2$ $m^3/h/m^2$	$Crdb_{conv}$ [-]	$Cdep_{conv}$ [-]	$Cfres_{conv}$	$Smea_{conv}$ $m^3/h/m^2$	$EFF_{échan_{geur_{conv}}}$	$P_{ventilateur_{conv}}$ $v/m^2$ $W/m^2$
Ventilation par ouverture de fenêtres	= $Q_{va_{specoc_{conv}}}$ Cf tableau 40	= $Q_{va_{specoc_{conv}}}$ Cf tableau 40	1.3	1.25	1.1	0	-	0
Ventilation mécanique simple flux	= $Q_{va_{specoc_{conv}}}$ Cf tableau 40	0	1.05	1.25	1.1	= $Q_{va_{specoc_{conv}}}$ Cf tableau 40	-	= $0.5 * Q_{va_{specoc_{conv}}}$ Cf tableau 40
Ventilation mécanique doubleflux avec échangeur	= $Q_{va_{specoc_{conv}}}$ Cf tableau 40	= $Q_{va_{specoc_{conv}}}$ Cf tableau 40	1.05	1.25	1.1	0	0.6	= $0.5 * Q_{va_{specoc_{conv}}}$ Cf tableau 40
Ventilation mécanique doubleflux sansc échangeur	= $Q_{va_{specoc_{conv}}}$ Cf tableau 40	= $Q_{va_{specoc_{conv}}}$ Cf tableau 40	1.05	1.25	1.1	0	-	= $0.5 * Q_{va_{specoc_{conv}}}$ Cf tableau 40

**Tableau 42 : données conventionnelles des systèmes de ventilation – secteur non résidentiel**

### 1.1.20 CALCUL DE HV

Le coefficient de déperdition par renouvellement d'air du bâtiment s'exprime en  $W/°K$

Le coefficient de déperdition par renouvellement d'air noté  $Hv_z$  est calculé au niveau de chaque zone en considérant la valeur moyenne annuelle des déperditions par renouvellement d'air de la zone calculées à chaque heure.

$$Hv = \sum_{zones} Hv_z \quad \text{Eq 76}$$

$$Hv_z = \text{moyenne}_{annuelle}(Hv_z(t))$$

$$Hv_z(t) = 0.34 * \sum_{groupes} \text{débit}_{extrait}(t) + \text{débit}_{entrées\_air}(t) + \text{débit}_{é\_tan\_chéité}(t) \quad \text{Eq 77}$$

### 1.1.21 PRISE EN COMPTE DES DEPERDITIONS PAR RENOUVELLEMENT D'AIR

les déperditions par renouvellement d'air (débits d'air spécifiques et débits d'air supplémentaires) sont prises en compte à chaque pas de temps par le modèle thermique décrit au § 0 à travers la conductance  $Hg_{ei}$

### Apports gratuits

Les apports gratuits sont constitués :

- D'apports solaires, calculés au § 1.1.22
- D'apports internes détaillés au § 0

### 1.1.22 APPORTS SOLAIRES : CALCULS DES RAYONNEMENTS SOLAIRES ET DE GRANDE LONGUEUR D'ONDE INCIDENTS ET DES FLUX TRANSMIS

#### **Rayonnement solaire global atteignant une paroi**

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

$$I_{sr} = FfDir.Drp + FfDiff.Dfp + Rrp \quad \text{Eq 78}$$

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.

#### **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.

$$\begin{aligned} \delta &= 23,45 \cdot \sin[(0,986 \cdot (-15 + 365/12 \cdot \text{mois}) - 80) \cdot \pi/180] \cdot \pi/180 \\ \text{asol} &= \pi(h-12)/12 \\ \gamma &= \text{Max}(10^{-5}; \text{asin}(\cos\delta \cdot \cos(\text{lat}) \cdot \cos(\text{asol}) + \sin\delta \cdot \sin(\text{lat}))) \\ \psi &= \text{acos}[(\cos\delta \cdot \sin(\text{lat}) \cdot \cos(\text{asol}) - \sin\delta \cdot \cos(\text{lat})) / \cos\gamma] \\ \theta &= \text{Min}(\pi/2; \text{acos}(\cos\gamma \cdot \sin\beta \cdot \cos(\psi - \alpha) + \sin\gamma \cdot \cos\beta)) \end{aligned} \quad \text{Eq 79}$$

Le rayonnement direct sur la paroi. Est égal à :

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

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°.

## 61/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

### 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,  $I_{di}$ .

$$D_{fp} = I_{di} \cdot 0,5 (1 + \cos\beta) \quad \text{Eq 80}$$

### 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,  $I_{Dh} + I_{di}$ .

$$R_{rp} = (I_{Dh} + I_{di}) \cdot \text{alb} \cdot 0,5 (1 - \cos\beta) \quad \text{avec : } I_{Dh} = I_{Dn} \cdot \sin\gamma \text{ et } \text{alb} = 0,2 \quad \text{Eq 81}$$

$\alpha$	: 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 ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ),
$D_{rp}$	: rayonnement direct sur la paroi ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ),
$I_{Dn}$	: rayonnement direct normal ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ),
$I_{di}$	: rayonnement diffus isotrope ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ),
$D_{fp}$	: rayonnement diffus sur la paroi ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ),
$R_{rp}$	: rayonnement réfléchi par le sol sur la paroi ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ),
$I_{sr}$	: rayonnement solaire global atteignant la paroi ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ).

### Prise en compte des masques fixes

#### Nature des masques

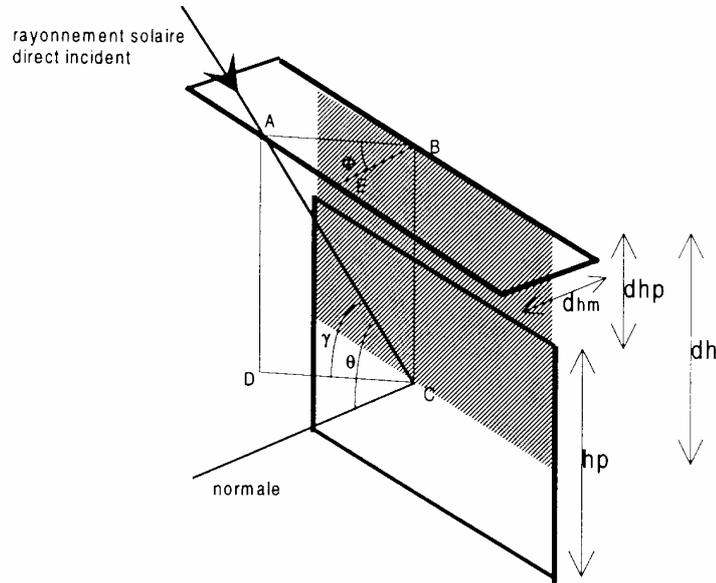
La caractérisation des masques impose que l'on recherche un juste équilibre entre la précision souhaitée pour les résultats et le temps passé à les caractériser. Ainsi, seuls les masques destinés aux parois vitrées sont caractérisés. On retient deux types de masques :

- 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.

**Masque proche horizontal :**

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



**Figure 5 : Masque proche horizontal**

Pour le rayonnement direct

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

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

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

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

$$f_h = \text{Min} [ \text{Max} (0 ; [1 - (dh - d_{hp})/h_p]) ; 1 ] \quad \text{Eq 82}$$

Pour le rayonnement diffus

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

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

$$F_{fDiff} = \theta_g / 90 \quad \text{Eq 83}$$

Le masque est caractérisé par l'angle  $\text{ang}_{m_{ph}}$  entre le milieu de la paroi et le débord de masque.

Les équations ci-dessus sont appliquées en prenant les valeurs suivantes :

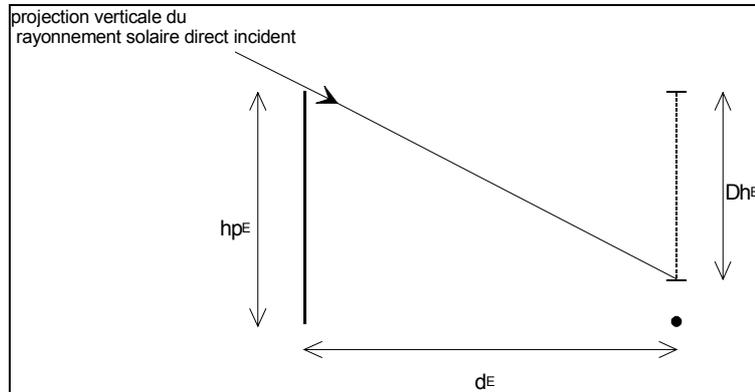
$$d_{hp} = 0$$

$$h_p = 2$$

$$d_{hm} = \text{tang } \text{ang}_{m_{ph}}$$

**Masque lointain de type plan vertical :**

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



**Figure 6 : 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 84

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.

**Facteur d'affaiblissement global du rayonnement direct**

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

$$FfDir = f_E \cdot f_h$$

Eq 85

**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.

**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<sup>2</sup>].

## 64/!Especificación de carácter no válida

Th-S-E-2009

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 :

$$P_{\text{lin}} = \min(0.5 ; 10^{-3} I_{\text{sr}}) \quad \text{Eq 86}$$

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.

### **Calcul des flux solaires et de grande longueur d'onde vers la voûte céleste transmis au local**

#### **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,

Flf : 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 Flf 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>.

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

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

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

### 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 :

$$\Phi_{sl} = \sum_{k=1}^w [ A ((1-P_{lin}) Sw2_{_sp} I_{sr} + P_{lin} Sw2_{_ap} I_{sr} + Q_{er} \cos\beta U_{baie} / h_e) ]_k \quad \text{Eq 87}$$

Avec :

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

Hre coefficient d'échange surfacique extérieur par rayonnement [W/(m².K)],

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

$$Sw2_{_sp} = Sw_{_sp} - Sw3_{_sp} \quad \text{Eq 88}$$

$$Sw2_{_ap} = Sw_{_ap} - Sw3_{_ap} \quad \text{Eq 89}$$

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 :

$$\Phi_{sh} = \sum_{k=1}^5 [ A ( S_f I_{sr} + Q_{er} \cos\beta U_{bat_{op}} / h_e ) ]_k \quad \text{Eq 90}$$

### 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 :

$$\Phi_{svl} = \sum_{k=1}^w [ A ( Sw3_{_sp}(1-P_{lin}) I_{sr} + Sw3_{_ap}(P_{lin}) I_{sr} ) ]_k \quad \text{Eq 91}$$

### 1.1.23 APPORTS INTERNES

On distingue différents types d'apports internes :

- Apports internes dus aux occupants
- Apports internes dus aux machines (informatique, machines électriques, etc)
- Apports internes dus à l'éclairage
- Apports internes dus aux pertes de distribution du système de chauffage/refroidissement.
- Apports internes dus aux pertes de distribution et de stockage de l'ECS
- Apports internes dus aux pertes des générateurs de chaleur et de refroidissement
- Apports internes dus aux ventilateurs locaux
- Apports internes dus aux auxiliaires de chauffage et de refroidissement

## 67/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

Les apports internes sont pris en compte pour le calcul de l'énergie nécessaire aux bornes des générateurs pour la fonction chauffage et refroidissement:

- les apports internes dus aux occupants et aux machines sont conventionnels, ils sont pris en compte à chaque pas de temps pour le calcul des besoins de chauffage et de refroidissement ( cf § 0 )
- Une partie des apports dus à l'éclairage est récupérable, cette partie récupérable est prise en compte à chaque pas de temps pour le calcul des besoins de chauffage et de refroidissement, tout ou une partie de cette part récupérable est effectivement récupérée. (cf § 0 )
- Une partie des pertes brutes de distribution de chauffage et de refroidissement est récupérable en tant qu'apports internes, cette partie récupérable est prise en compte à chaque pas de temps pour le calcul des besoins de chauffage et de refroidissement, tout ou une partie de cette part récupérable est effectivement récupérée. (cf § 0)
- Une partie des apports dus aux ventilateurs locaux des émetteurs locaux est récupérable : (cf § 0 )
- Une partie des pertes brutes de distribution ( cf § .0. ) et de stockage ( cf §0 ) de l'eau chaude sanitaire est récupérée, et
- Une partie des pertes brutes par les parois des générateurs est récupérée ( cf § 0)
- une partie des apports dus aux auxiliaires de chauffage et de refroidissement est récupérée ( cf 0)

### **1.1.24 PRISE EN COMPTE DES APPORTS GRATUITS**

Les apports gratuits (solaires et internes) récupérables sont pris en compte à chaque pas de temps par le modèle thermique décrit au § 0 (cf § 0 : flux transmis aux nœuds de température)

Les apports internes récupérés sont calculées annuellement, ils permettent de réduire ( respectivement augmenter) l'énergie nécessaire aux bornes du générateur pour le chauffage (respectivement le refroidissement) à travers un rendement calculé au § 1.1.1 (respectivement 1.1.2)

## 68/!Especificación de carácter no válida

Th-CE 2005

### 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.

### variations spatiale et temporelle de la température de consigne

Les températures intérieures de consigne initiales des différentes périodes sont définies dans le Tableau 7 et le Tableau 8 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 :

$$\theta_{ich} = \theta_{iich} + \delta\theta_{vsch} + \delta\theta_{vtch} \quad \text{Eq 92}$$

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

$$\theta_{ifr} = \theta_{iifr} + \delta\theta_{vsfr} + \delta\theta_{vtfr} \quad \text{Eq 93}$$

Avec :

- $\theta_{iich}$  température initiale de consigne de chauffage donnée dans le Tableau 7
- $\theta_{iifr}$  température initiale de consigne de refroidissement donnée dans le Tableau 8 ,
- $\delta\theta_{vsch}$  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 :

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

### 1.1.25 VARIATIONS SPATIALES

**69/!Especificación de carácter no válida**

Tb C E 2009

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

Le Tableau 43 et le Tableau 44 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 43 : 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 44 : Variations spatiales par type d'émetteur et classes correspondantes en mode refroidissement**

## 70/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

### 1.1.26 PRÉCISION DE LA RÉGULATION 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 »).

#### Caractérisation des produits

Le Tableau 45 indique pour différents types de produits les normes applicables et les certifications utilisables pour les caractériser.

	Norme applicable	Certification	Commentaire
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 45: Normes et certifications applicables à la régulation par local**

Le Tableau 46 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
Sasn système de régulation terminale	2.5	-2.5
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 46 : 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.

## 71/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

### programmation

On prédétermine la durée de relance éventuelle en fonction du type de programmeur.

- 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.

En cas d'absence de dispositif, le point de consigne occupation est maintenu en inoccupation

Type de programmation	Durée de relance (nuit en semaine)	Durée de relance (lundi matin)
Sans dispositif	Sans objet	Sans objet
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 47 : Durées de relance en chauffage**

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

**Tableau 48 : 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.

### Consommations et apports internes dus aux émetteurs locaux

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

$$Q_{\text{ventloc}} = P_{\text{ventloc}} \cdot F_{\text{CRVL}}$$

Eq 94

## 72/!Especificación de carácter no válida

Tb C E 2009

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

$F_{CRVL}$  facteur de correction gestion et régulation des ventilateurs locaux, issu du Tableau 49 (chauffage) et du Tableau 50 (refroidissement).

L'énergie récupérable sur les ventilateurs est égale à

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

Type de gestion ventilateur local	Tgvl	$F_{CRVL}$
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 49 : 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	$F_{CRVL}$
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 50 : 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.

### Calcul des débits locaux et du bilan hydrique

#### 1.1.27 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.

**73/!Especificación de carácter no válida**

Tb C E 2009

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.

$$P_{sensref_{Req}} = P_{sys} * Rat_{em} \quad \text{Eq 95}$$

$$Q_{mrecirc_{Batt}} = P_{sensref_{Req}} / (C_{pa} * (T_i - T_{batt})) \quad \text{Eq 96}$$

- $Q_{mrecirc_{Batt}}$  le débit de recirculation requis sur la batterie (kg/s),
- $P_{sys}$  puissance sensible à fournir dans le groupe (Wh), issue du § 0
- $P_{sensref_{Req}}$  puissance sensible à fournir par un émetteur (Wh),
- $C_{pa}$  chaleur massique de l'air sec, J/kg/K,
- $T_{Batt}$  température de surface de la batterie, °C,
- $T_i$  température intérieure, °C,
- $Rat_{em}$  ratio voir §0

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 51: 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 :

$$Q_{vrecirc_{Batt}} = A_{gr} * Rat_{em} * 15 \quad [m^3/h] \quad \text{Eq 97}$$

$$Q_{mrecirc_{Batt}} = A_{gr} * Rat_{em} * 15 * \rho_{int} / 3600 \quad [kg/s] \quad \text{Eq 98}$$

$$T_{Batt} = T_i - (P_{sensref_{Req}} / (Q_{mrecirc_{batt}} * C_{pa})) \quad \text{Eq 99}$$

$\rho_{int}$  la masse volumique de l'air (kg/m<sup>3</sup>), calculée à partir de  $T_i$  et de  $w_{in_{prev}}$ ,

$A_{gr}$  surface du groupe (m<sup>2</sup>).

- 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 56** selon la valeur de la classe de température de distribution en froid, augmentée de 2°C.

## 74/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

Par défaut on retient la température basse au sens du **Tableau 56**.

$Q_{mrecircBatt}$  est calculé pour satisfaire les besoins,  $P_{sensref_{Req}}$ , à l'aide de Eq 95,

$Q_{vrecircBatt}$  est calculé à l'aide de  $T_i$  et  $w_{i_{prev}}$ .

### En mode chauffage

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

$Q_{mrecircBatt}$  est calculé pour satisfaire les besoins,  $P_{sensref_{Req}}$ , à l'aide de Eq 95

### 1.1.28 PRINCIPE DU CALCUL POUR UN EMETTEUR

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

$$\frac{dw_i}{dt} = \frac{(\text{Rat}_{em} * \text{Deb} (w_{entr} - w_i) + \text{Rat}_{em} * ai + Q_{mrecircBatt} * \min(0 ; (w_{sat} - w_i)))}{(\text{Rat}_{em} * V * \rho_{int})} \quad \text{Eq 100}$$

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

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

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

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

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

$w_{sat}$  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 $w_i > w_{sat}$**

$$\frac{dw_i}{dt} = \frac{(\text{Rat}_{em} * \text{Deb} (w_{entr} - w_i) + \text{Rat}_{em} * ai + Q_{mrecircBatt} * (w_{sat} - w_i))}{(\text{Rat}_{em} * V * \rho_{int})} \quad \text{Eq 101}$$

#### **quand $w_i < w_{sat}$**

$$dw_i / dt = (\text{Rat}_{em} * \text{Deb} (w_{entr} - w_i) + \text{Rat}_{em} * ai) / (\text{Rat}_{em} * V * \rho_{int}) \quad \text{Eq 102}$$

En introduisant :

$$A = \frac{(w_{entr} * \text{Rat}_{em} * \text{Deb} + \text{Rat}_{em} * ai + Q_{mrecircBatt} * w_{sat})}{(\text{Rat}_{em} * \text{Deb} + Q_{mrecircBatt})} - w_{finprev} \quad \text{Eq 103}$$

$$B = \frac{(\text{Rat}_{em} * \text{Deb} + Q_{mrecircBatt})}{(\text{Rat}_{em} * V * \rho_{int})} \quad \text{Eq 104}$$

La valeur en fin de temps T est égale à :

$$w_{i_{fin}} = w_{i_{finprev}} + A (1 - e^{-B * T}) \quad \text{Eq 105}$$

et la valeur moyenne :

**75/!Especificación de carácter no  
válida**

Th C E 2008

$$w_{i_{moy}} = w_{i_{finprev}} + A (1 - (1 - e^{-B \cdot T}) / B \cdot T) \quad \text{Eq 106}$$

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

$$T = - (\text{Ln} ( C )) / B \quad \text{Eq 107}$$

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

$$\text{Avec } C = 1 - (w_{i_{fin}} - w_{i_{finprev}}) / A \quad \text{Eq 108}$$

### 1.1.29 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,  $Q_{mrecirc_{Batt}}$

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

$$P_{lat} = 2501000 * Q_{mrecirc_{Batt}} (w_{i_{moy}} - w_{i_{sat}}) \quad \text{Eq 109}$$

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

$$2501000 * Q_{mrecirc_{Batt}} * T_{hum} (w_{i_{moy}} - w_{i_{sat}})$$

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.

#### Pertes au dos des émetteurs intégrés 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 :

$$Q_{per_{em}} = P_{sys} * Rat_{em} * X_b \quad \text{Eq 110}$$

## 77/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

Avec :

$Q_{per\_em}$  pertes au dos des émetteurs, (kW), en chaud ou en froid,  
 $Ps_{ys}$  émission, (kW), en chaud ou en froid,  
 $Rat_{em}$  voir §0.

- $X_b$  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 :**

$$X_b = 100 \cdot \frac{R_i}{\frac{1}{b \cdot U_0} - R_i} \quad \text{Eq 111}$$

Avec :

$R_i$  résistance thermique de la paroi extérieure entre le plan chauffant et l'intérieur ( $m^2 \cdot K/W$ ),  
 $U_0$  coefficient de transmission thermique de la paroi, ( $W/m^2K$ ),  
 $b$  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 :**

$$X_b = 100 \cdot \frac{R_i}{\frac{1}{U_e} - R_i} \quad \text{Eq 112}$$

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

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.

## **Systèmes Composites et multiples**

### **1.1.30 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  $Rat_{em}$ , avec :

$$Rat_{em} = Rat_{em\_spacial} * Rat_{em\_temporel}$$

Pour un émetteur,  $Rat_{em\_spacial}$  est le ratio de la surface fictive traitée par cet émetteur à la surface totale du groupe et  $Rat_{em\_temporel}$  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,  $Rat_{em\_temporel}$  est défini au Tableau 52, pour les autres systèmes  $Rat_{em\_temporel}$  est égal à 1.

## 78/!Especificación de carácter no válida

Tb C E 2009

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.

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

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  $\text{Rat}_{em}$  correspondants. Dans ce calcul, pour le système composite, la variation spatio-temporelle à retenir est celle du système 2 et le  $\text{Rat}_{em}$  correspondant est la somme des  $\text{Rat}_{em}$  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  $\text{Rat}_{em}$  correspondants. Dans ce calcul, pour le système composite, la variation spatio-temporelle à retenir est celle du système 2 et le  $\text{Rat}_{em}$  correspondant est la somme des  $\text{Rat}_{em}$  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  $\text{Rat}_{em}$  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	
$\text{Rat}_{em\_temporel1}$	0,72	0,69	1	0,96	0,92	0,6

**Tableau 52**

Avec :

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

$\text{Rat}_{em\_temporel1}$  = 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,  $P_{apparente\_comp\_nr}$  déterminée comme suit :

## 79/!Especificación de carácter no válida

TR 05 2009

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

Avec :

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

### 1.1.31 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  $\text{Rat}_{\text{em}}$ ,
- l'humidité du groupe en fin de pas de temps est égale à

$$w_{\text{fin}} = w_{\text{fin1}} * \text{Rat}_{\text{em1}} + \dots + w_{\text{finn}} * \text{Rat}_{\text{emn}}$$

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

### Prise en compte des locaux sans émetteur 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.

### 1.1.32 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 8<sup>1</sup>. En inoccupation, on considère que les fenêtres sont fermées et que le local est en évolution libre.

### 1.1.33 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  $\text{Rat}_{\text{em}}$  (contributions de chaque type d'émetteur) des locaux avec émetteurs est égale à 1, et est appliqué sur toute la surface du groupe

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.

---

<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.

**80/!Especificación de carácter no  
válida**

TR 05 2009

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.

### **Distribution de chaleur et de froid : réseaux hydrauliques et de fluide frigorigène**

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.

Ce chapitre est consacré à la distribution hydraulique et de fluide frigorigène. Le cas des réseaux d'air est traité au § 0

Le but de ce chapitre est :

- le calcul des pertes thermiques des réseaux de distribution
- le calcul de la consommation des auxiliaires des réseaux de distribution

### **pertes et consommations de distribution pour les réseaux hydrauliques**

#### **1.1.34 CALCUL DE LA PUISSANCE NOMINALE EN CHAUD ET FROID**

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

La puissance nominale en chaud (en kW) 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 :

$$P_{nc} = 10^{-3} (H_T + (q_{vnom\_occ} * 0.34)) * (\theta_a - \theta_{eb}) \quad \text{Eq 113}$$

$$\theta_a = 20^\circ\text{C}$$

En ventilation naturelle ou hybride, on prend par convention :

$$Q_{vnom\_occ} = 2 A_{groupe}$$

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

La puissance nominale en froid (en kW) 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

$$P_{nf} = 10^{-3} (H_T + (q_{vnom\_occ} * 0.34)) * (\theta_{emaxi} - 26) + 0.03 A + 0.25 A_v \quad \text{Eq 114}$$

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).

θ<sub>emaxi</sub> = 34 °C

**1.1.35 ELEMENTS POUR LE CALCUL DES PERTES THERMIQUES DES RESEAUX DE DISTRIBUTION**

**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 53 : 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 54 : Typologie de réseau en mode refroidissement**

Température de distribution de chauffage	T de dimensionnement	ΔT nom	δθ <sub>dim</sub>	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 55 : Températures de distribution de chauffage**

Température de distribution de froid	T de dimensionnement	ΔT nom	δθ <sub>dim</sub>	Surp
Basse	7°C	19°C	4°C	1
Haute	18°C	8°C	4°C	1

**Tableau 56 : Températures de distribution en froid**

## 83/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

### 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 :

- $Ag\_emetteur$ , la surface du groupe desservie par un type d'émetteur donné ( $m^2$ ),
- $NbN$ , 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 :

$$Ldvc = Ag\_emetteur * Ares \quad \text{Eq 115}$$

Ares est fourni dans le Tableau 53 et Tableau 54 ci-dessus en fonction du type de distribution.

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

$$Nbgdisem = \max ( 1 ; Ag\_emetteur/400 ) \quad \text{Eq 116}$$

$$Agdisem = Ag\_emetteur / Nbgdisem \quad \text{Eq 117}$$

### 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 :

$$U_{moyen} = Ari + Bri (Pnc * Rat_{em} * Surp / (Nbgdissem * \Delta T nom))^{0,4} \quad \text{Eq 118}$$
$$U_{moyen} = Ari + Bri (Pnf * Rat_{em} * Surp / (Nbgdissem * \Delta T nom))^{0,4}$$

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

Pose et classe d'isolant	Ari	Bri
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 57 : Valeurs de Ari et de Bri**

## 84/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

Coefficient de perte UL [W/K] du réseau pour un type d'émetteur donnée

$$UL_{dint} = Ldvc \times U_{moyenint} \quad \text{Eq 119}$$

$$UL_{dext} = Ldhvc \times U_{moyenext} \quad \text{Eq 120}$$

Avec :

$Ldhvc = 0.1 Ldvc$ ,

$U_{moyenint}$  et  $U_{moyenext} = U$  des parties intérieure et extérieure calculés à l'aide de Eq 118 en chaud et en froid,

$UL_{dint}$  et  $UL_{dext} =$  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 :

1- Calcul de la perte de charge du réseau (en kPa) :

$$\Delta P_{emnom} = 0.15 * Lem + \Delta Pem \quad \text{Eq 121}$$

Avec :

0,15 kPa/m de pertes de charge linéaires,

Lem la longueur du réseau le plus défavorisé,

$\Delta Pem$  la perte de charge de l'émetteur prise dans le tableau ci-dessous :

Type d'émetteur	$\Delta Pem$ (en kPa) en chaud	$\Delta Pem$ (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 58 : pertes de charge de l'émetteur**

2- 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 :

$$Lem = 5 * F_{cot} * \left( NbN + \left( \frac{Agdisem}{NbN} \right)^{0.5} \right) \quad \text{Eq 122}$$

Avec :

NbN : le nombre de niveaux du groupe,

Agdisem : la surface pour le type d'émetteur,

Fcot : pris dans le Tableau 53 ou Tableau 54.

## 85/!Especificación de carácter no válida

Tb C E 2008

3- Calcul de la puissance électrique du circulateur (en W) :

$$P_{circem} = \max(30; 6.44 * (\Delta P_{emnom} * qv_{emnom} / Nbgdisem)^{0.676} \times Nbgdisem) \quad \text{Eq 123}$$

Le débit nominal du circulateur,  $qv_{emnom}$ , en mode chaud et en mode froid étant donné par la formule ci-dessous :

$$qv_{emnom}(\text{chaud}) = \frac{P_{nc\text{ratem}}}{1,163 \cdot \delta\theta_{dim}} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

$$qv_{emnom}(\text{froid}) = \frac{P_{nf\text{ratem}}}{1,163 \cdot \delta\theta_{dim}} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

Eq 124

Car Pnc et Pnf sont en kW.

Avec :

$\delta\theta_{dim}$  : la chute nominale de température de dimensionnement issue du Tableau 55 (chaud) ou du Tableau 56 (froid).

### **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.

$$qvig\_nom = \Sigma Qv_{emnom} \quad \text{Eq 125}$$

La longueur totale du réseau (en m) est :

$$Ltig = 5 \left( \max(\text{NbN}) + \left( \Sigma (\text{Ag\_emetteur}) / (\max(\text{NbN})) \right)^{0,5} \right) \quad \text{Eq 126}$$

Avec :

NbN : nombre de niveaux décrits dans le groupe (1 à minima),

$\Sigma \text{Ag\_emetteur}$  = somme des surfaces des groupes ou zones.

Le coefficient Uig moyen [W/(m.K)] du réseau en mode chaud et en mode froid se calcule par l'équation suivante :

$$Uig_{moyen} = \text{Ari} + \text{Bri} \left( \Sigma (\text{Pnc} * \text{Surp} * \text{Rat}_{em}) / (\Sigma \text{Ag\_emetteur} * \Delta T_{nom\ maxi}) \right)^{0,4} \quad \text{Eq 127}$$

## 86/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

$$U_{ig_{moyen}} = Ari + Bri \left( \frac{\sum(P_{nf} * Surp * Rat_{em}) 5000}{\sum Ag_{emetteur} * \Delta T_{nom\ maxi}} \right)^{0.4} \quad \text{Eq 128}$$

Ari et Bri sont fonction du type de pose et classe d'isolant et sont issus du Tableau 57 .

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 :

$$UL_{tig} = Ltig * U_{ig_{moyen}} \quad \text{(W/K)} \quad \text{Eq 129}$$

Les pertes de charge du réseau de distribution intergroupe et interzone se calculent comme suit

$$\Delta P_{ig_{nom}} = 10 + \max(\Delta P_{emnom}) \quad \text{[kPa]} \quad \text{Eq 130}$$

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.

$$P_{cir} = \max(30; 6.44 * (\Delta P_{ig_{nom}} * qv_{ig_{nom}})^{0.676})$$

### 1.1.36 CALCUL DES PERTES DE DISTRIBUTION ET CONSOMMATION DES AUXILIAIRES AU NIVEAU DISTRIBUTION PAR GROUPE EN FONCTION DE LA PUISSANCE DEMANDEE DANS LE GROUPE ET POUR LES INTERGROUPES 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  $qv$  (m<sup>3</sup>/h),
- La consommation des auxiliaires (W électrique),
- Les pertes du réseau avec la part récupérable, (W).

#### **Calcul de la température moyenne du réseau**

#### **Puissance nominale des émetteurs installés**

En mode chauffage

Selon le principe de la norme EN NF 442,  $P = P50 \cdot \left( \frac{\Delta T}{50} \right)^n$

Avec :

P = Puissance émise en kW,

P50 = Puissance nominale de l'émetteur en kW à  $\Delta T$  de fonctionnement 50 K,

## 87/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

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 :

$$P_{nc} * Rat_{em\_ch} * Surp = P50 \left( \frac{\Delta T_{nom}}{50} \right)^n \quad \text{Eq 131}$$

On peut déduire P50.

$$P50 = P_{nc} * Rat_{em\_ch} * Surp \left( \frac{\Delta T_{nom}}{50} \right)^{-n} \quad \text{Eq 132}$$

Cumul des puissances P50 installées dans différents groupes :

$$P50 = \Sigma (P50 \text{ des groupes}) \quad \text{Eq 133}$$

$$n = \frac{\Sigma (P50 * n)}{\Sigma (P50)} \quad \text{Eq 134}$$

### 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 :

$$P_t = P \text{ totale} = \alpha P_{nF} \text{ Surp}$$

$$\text{Avec } \alpha = \frac{P_t}{P_s} = \frac{P_s + P_l}{P_s} \geq 1,0 \quad \text{Eq 135}$$

$P_s$  = Puissance sensible [kW],

$P_l$  = Puissance latente [kW],

$P_t = P_s + P_l$  = Puissance totale [kW].

On pose conventionnellement un  $\Delta T = 15$  K pour la différence de température entre l'ambiance et l'eau et on obtient par analogie au calcul pour le mode chaud :

$$P_{nf} * ratem\_fr * Surp = P15 \cdot \left( \frac{\Delta T \text{ nom } F}{15} \right)^n \quad \text{Eq 136}$$

avec  $n = 1,00$ , coefficient d'échange linéaire.

Soit :

$$P15 = P_{nf} * ratem\_fr * Surp \left( \frac{\Delta T \text{ nom } F}{15} \right)^{-1} \quad \text{Eq 137}$$

## 88/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

Cumul des puissances P15 dans les différents groupes :

$$P15 = \Sigma (P15 \text{ des groupes}) \quad \text{Eq 138}$$

$$n = \frac{\Sigma (P15 * n)}{\Sigma (P15)} \quad \text{Eq 139}$$

### Prise en compte de la gestion du réseau de distribution en mode chaud

3 modes de gestion de l'eau chaude peuvent être rencontrés :

Température de départ réglée en fonction de la température intérieure,

Température de départ réglée en fonction de la température extérieur,

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  $qv_{nom}$  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.

#### 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  $qv_{nom}$ .

$$\Delta T_{emet} = 50 \left( \frac{P}{P_{50}} \right)^{\frac{1}{n}} \text{ [K]} \quad \text{Eq 140}$$

$$C_{emet} = \frac{P}{1.163 qv_{nom}} \text{ [K]} \quad \text{Eq 141}$$

$$\Delta T_o = \theta_d - \theta_a = C_{emet} \frac{\exp(C_{emet} / \Delta T_{emet})}{\exp(C_{emet} / \Delta T_{emet}) - 1} \quad \text{Eq 142)}$$

$$\theta_d = \theta_a + \Delta T_o \quad \text{Eq 143}$$

$$\theta_r = \theta_d - C_{emet} \quad \text{Eq 144}$$
$$qv = qv_{nom}$$

## 89/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

Avec :

$\theta_d$  température d'eau de depart,

$\theta_r$  temperature d'eau de retour.

### 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.

$$q_v = q_{v_{nom}}$$
$$\theta_r = \theta_d - \frac{P}{1.163 q_{v_{nom}}}$$
Eq 145

### ***Pertes de distribution pour les réseaux vers les émetteurs et pour les réseaux intergroupes et interzones.***

$$\theta_m \text{ du réseau} = \frac{\theta_d + \theta_r}{2}$$
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 :

$$Q_d = 10^{-3} UL_{dint} * (\theta_m - \theta_{amb})$$
$$+ 10^{-3} UL_{dext} * (\theta_m - \theta_e)$$
$$+ 10^{-3} UL_{tig} * (\theta_m - \theta_e)$$
Eq 147

Avec  $\theta_{amb} = 20$

### ***Calcul de la consommation des circulateurs suivant leur mode de gestion***

#### Circulateur à vitesse constante

$$C_{aux} = 10^{-3} \cdot P_{circem}$$
Eq 148

$P_{circem}$  étant exprimé en W et  $C_{aux}$  en kW.

#### Circulateur à vitesse variable

On applique conventionnellement une réduction de 50 % des consommations.

$$C_{aux} = 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot P_{circem}$$
Eq 149

$P_{circem}$  étant exprimé en W et  $C_{aux}$  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.

### ***Calcul des pertes de distribution récupérables***

**90/!Especificación de carácter no  
válida**

Th C E 2009

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.

$$Q_{d\_rec} = 10^{-3} UL_{dint} * (\theta_m - \theta_{amb}) \quad \text{Eq 150}$$

Pour le chaud et pour le froid.

Les pertes des réseaux intergroupes et des circulateurs sont considérées non récupérables.

### Distribution de fluide frigorigène

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.

### transfert de chaleur entre locaux

#### 1.1.37 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 :

$$P_{tr} = \min | Prej_{ch} ; Prej_{fr} | * Ret \quad \text{Eq 151}$$

Avec :

$P_{tr}$  : puissance transférée entre PAC par la boucle d'eau,

$Prej_{ch}$  : rejet de chaleur des PAC en mode froid,

$Prej_{fr}$  : rejet de froid des PAC en mode chaud, (>0).

Conventionnellement, Ret est fixé à 0,8.

Les puissances à fournir par les équipements de la boucle sont alors égales à :

$$\text{En chauffage, } P_{ch} = Prej_{fr} - P_{tr} \quad \text{Eq 152}$$

$$\text{En refroidissement, } (>0) \quad P_{fr} = Prej_{ch} - P_{tr} \quad \text{Eq 153}$$

Exemple :  $Prej_{ch} = 100 \text{ kW}$      $Prej_{fr} = 50 \text{ kW}$      $Ret = 0,8$

$P_{tr} = \min | 100 ; 50 | * 0,8 = 40 \text{ kW}$

$P_{fr} = 100 - 40 = 60 \text{ kW}$      $P_{ch} = 50 - 40 = 10 \text{ kW}$

#### 1.1.38 LES SYSTEMES A DEBIT DE REFRIGERANT VARIABLE ET LES THERMOFRIGOPOMPES

La procédure de couplage entre chaque groupe et son système d'émission décrite au § 0, 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 § **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

**92/!Especificación de carácter no  
válida**

TR C E 2009

- 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,  $Rejet_{CH}$ , sont calculé par :

$$Rejet_{CH} = Besoins_{FROID} + Ret \cdot C_{FR} \quad \text{Conventionnellement, Ret est fixé à 0,8.}$$

- si  $Rejet_{CH}$  est supérieur à  $Besoin_{CHAUD}$  la fourniture de chaleur est assurée gratuitement par le fonctionnement en froid. La consommation liée au fonctionnement en chaud,  $C_{CH}$ , est alors prise nulle.

Sinon, on considère que la fourniture de froid est assurée gratuitement par le fonctionnement en chaud. La consommation  $C_{FR}$  liée au fonctionnement en froid est alors prise nulle.

### Traitement et distribution d'air

Les systèmes à air sont de systèmes qui assurent le chauffage et/ou le refroidissement des locaux à travers le traitement et la distribution d'air, ils assurent souvent également la fonction de renouvellement d'air dans les locaux

Dans le présent chapitre, on détermine les éléments qui permettent le calcul de l'énergie à fournir par la génération de chaud et/ou de froid afin de satisfaire les besoins de chauffage et/ou de refroidissement des locaux desservis par les systèmes à air.

On traite successivement,

- Des pertes thermiques par les réseaux,
- Des groupes d'extraction et centrales de traitement d'air.

#### **pertes thermiques pour les réseaux aérauliques**

Les pertes thermiques des réseaux aérauliques sont négligées.

#### **Groupes d'extraction**

On distingue les systèmes suivants :

- Centrales double flux hygiénique
- Centrales à débit soufflé et extrait constant sans boîte de mélange
- Centrales à débit soufflé et extrait constant avec boîte de mélange
- Centrales à débit d'air variable mono conduit refroidissement seul chauffage terminal

#### **1.1.39 CENTRALES A DEBIT SOUFFLE ET EXTRAIT CONSTANT ET CENTRALES DOUBLE FLUX HYGIENIQUE**

##### ***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 49 et Tableau 50:

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.

## 94/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

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 . 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 (§ 0). 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 (§ 0) 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.

### **Calcul de l'impact des composants**

#### **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,  $Rho_{rep} = f(Ti_{prev}, wi_{prev})$ , 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 :

$$T_{s\_rep} = Ti_{prev} + p-el * P_{vent\_rep} / (Q_{ma\_rep} * 3600^{-1} * Cpa) \quad \text{Eq 154}$$

Avec : p-el (-) ratio d'énergie du ventilateur transmise à l'air,

$Cpa$  (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 (§ 0).

#### **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,  $Rho_{sou} = f(T_{sou\_CTAprev}, w_{sou\_CTAprev})$ , pour l'occupation ou l'inoccupation au sens de la ventilation, selon l'heure, les débits volumiques soufflés étant les suivants :

$$\text{en occupation : } Q_{va\_sou\_occ} \quad (m^3/h)$$

$$\text{en inoccupation : } Q_{va\_sou\_inocc} \quad (m^3/h)$$

Les débits d'air soufflé, en occupation et en inoccupation, sont la somme des débits soufflés en provenance de la partie ventilation.

## 96/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2008

### 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 :

$$\begin{aligned} \text{Si } T_{\text{ext}} < T_{\text{enc}} & \quad \text{Taux} = \text{Taux}_{\text{AN}} \\ \text{Si } T_{\text{ext}} > T_{\text{enf}} & \quad \text{Taux} = \text{Taux}_{\text{AN}} \end{aligned} \quad \text{Eq 155}$$

$$\text{Sinon } \text{Taux} = \text{Taux}_{\text{AN}} + (1 - \text{Taux}_{\text{AN}}) * (T_{\text{ext}} - T_{\text{enc}}) / (T_{\text{enf}} - T_{\text{enc}})$$

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 :

$$\begin{aligned} \text{Si } T_{\text{ext}} < T_{\text{enc}} & \quad \text{Taux} = \text{Taux}_{\text{AN}} \\ \text{Sinon si } T_{\text{enc}} \leq T_{\text{ext}} \leq T_{\text{enf}} & \quad \text{Taux} = T_{\text{ext}} / T_{\text{enf}} \end{aligned} \quad \text{Eq 156}$$

$$\text{Taux} = \text{Taux}_{\text{AN}} + (1 - \text{Taux}_{\text{AN}}) * (T_{\text{ext}} - T_{\text{enc}}) / (T_{\text{enf}} - T_{\text{enc}})$$

$$\text{Sinon } \quad \text{Si } T_{\text{ext}} > T_{\text{enf}} \text{ et si } T_{\text{ext}} < T_{i_{\text{prev}}} \quad \text{Taux} = 1$$

$$\text{Sinon } \quad \text{Si } T_{\text{ext}} > T_{\text{enf}} \text{ et si } T_{\text{ext}} > T_{i_{\text{prev}}} \quad \text{Taux} = \text{Taux}_{\text{AN}}$$

Finalement le débit d'air neuf est calculé comme suit :

$$Q_{\text{AN}} = \text{Taux} * Q_{\text{ma}_{\text{sou}}}$$

La température extérieure conventionnelle,  $T_{\text{enc}}$ , en dessous de laquelle le taux d'air neuf est minimal est égale à 15°C.

La température extérieure conventionnelle,  $T_{\text{enf}}$ , au dessus de laquelle le taux d'air neuf peut être minimal est égale à 25°C.

$\text{Taux}_{\text{AN}}$  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,  $\text{Taux}_{\text{AN}}$  est nul.

## 97/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

### 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 :

$$T_{\text{echmin}} = T_{\text{rep}} + (T_{\text{sech}_{\text{repLIM}}} - T_{\text{rep}}) / \text{Eff}_{\text{ech}}$$

Avec :  $\text{Eff}_{\text{ech}}$ , efficacité de l'échangeur, Eq 157

$$T_{\text{sech}_{\text{repLIM}}} = 0,$$

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 :

$$P_{\text{chaud}_{\text{ag}}} = Q_{\text{AN}} * 3600^{-1} * (\max 0 ; (T_{\text{ag}} - T_{\text{ext}})) * C_{\text{pa}}$$
 Eq 158

### Echangeur de chaleur

La température de l'air en sortie de l'échangeur coté soufflage est égale à :

$$T_{\text{ech}} = T_{\text{ag}} + \text{Eff}_{\text{ech}} * (T_{\text{rep}} - T_{\text{ag}})$$
 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 by-passage 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 :

$$T_{\text{mél}} = (T_{\text{ech}} * Q_{\text{AN}} + T_{\text{rep}} * (Q_{\text{ma}_{\text{sou}}} - Q_{\text{AN}})) / Q_{\text{ma}_{\text{sou}}}$$
 Eq 160

## 98/!Especificación de carácter no válida

Th C E 00 2009

$$ws_{mél} = (w_{ext} * Q_{AN} + w_{i_{prev}} * (Q_{ma_{sou}} - Q_{AN})) / Q_{m_{sou}} \quad \text{Eq 161}$$

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 :

$$\text{en occupation : } P_{vent_{sou}} = P_{vent_{sou_{occ}}} * t \quad (\text{Wh})$$

$$\text{en inoccupation : } P_{vent_{sou}} = P_{vent_{sou_{inocc}}} * t \quad (\text{Wh})$$

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 :

$$T_{s_{sou}} = T_{s_{mél}} + p\text{-el} * P_{vent_{sou}} / (Q_{ma_{sou}} * 3600^{-1} * C_{pa}) \quad \text{Eq 162}$$

Avec :  $p\text{-el}$ (ad) ratio d'énergie du ventilateur transmise à l'air.

La valeur conventionnelle de  $p\text{-el}$  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 :

$$BP = \min(1; (T_{C_{prerefroid}} - T_{batt}) / (T_{s_{prechaud}} - T_{batt})) \quad \text{Eq 164}$$

$$D_w = \min((w_{sat} - w_{s_{mél}}); 0) * (1 - BP) \quad \text{Eq 165}$$

## 99/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

Avec :  $T_{C_{prerrefroid}}$ , consigne de pré refroidissement,

$T_{batt}$ , température de surface de batterie,

$WS_{mel}$ , humidité en sortie de boîte de mélange, (kg/kg),

$wsat$ , 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 :

$$\begin{aligned} T_{S_{prerrefroid}} &= T_{S_{prechaud}} - \max(0 ; (T_{S_{prechaud}} - T_{C_{prerrefroid}})) \\ WS_{prerrefroid} &= WS_{mel} - DW \end{aligned} \quad \text{Eq 166}$$

$$P_{prerrefroid} = Qma_{sou} * 3600^{-1} * (Cpa * (T_{S_{prerrefroid}} - T_{S_{prechaud}}) + L * Dw) \quad \text{Eq 167}$$

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 :

$$T_{S_{OU_{CTA}}} = T_{S_{prerrefroid}}$$

L'humidité spécifique de sortie à :

$$WS_{OU_{CTA}} = WS_{prerrefroid} + \max(0 ; (W_{cons} - WS_{prerrefroid})) \quad \text{Eq 168}$$

la consommation de chauffage à :

$$P_{chaudHR} = Qma_{sou} * 3600^{-1} * L * \max(0 ; (W_{cons} - WS_{prerrefroid})) \quad \text{Eq 169}$$

$W_{cons}$  : 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 (§ 0)
- un réseau hydraulique reliant l'émetteur local à la génération si la génération est centralisée. On entre alors la longueur de ce réseau.

### **1.1.40 CENTRALES A DEBIT D'AIR VARIABLE MONO CONDUIT REFROIDISSEMENT SEUL CHAUFFAGE TERMINAL**

#### ***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 49 et Tableau 50:

fonctionnement permanent possible des ventilateurs en période de chauffage et en période de refroidissement du bâtiment,

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 7) est nul.

Pour les autres éléments, on se reportera § 0.

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 § 0

- Partie 2

Calcul des débits réels totaux soufflés et repris,

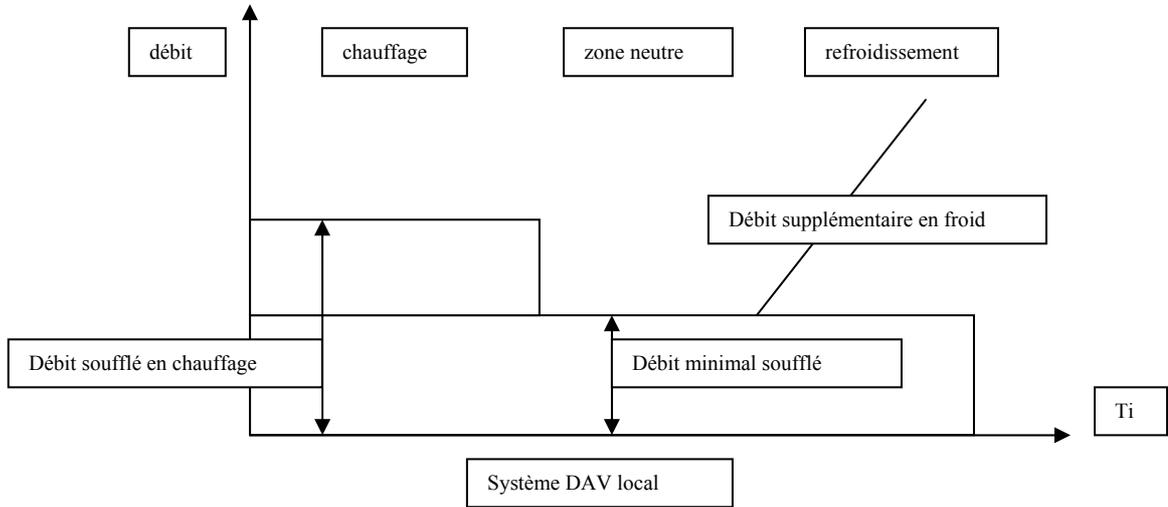
Calcul du débit d'air neuf, compte tenu des possibilités de cycle économiseur,

Calcul des consommations.

**Calcul de l'impact des composants**

**Partie 1**

Calcul des débits massiques soufflés : minimal et en mode chauffage



**Figure 7 : Principe de fonctionnement de l'unité terminale DAV**

Pour l'occupation et l'inoccupation au sens de la ventilation, les débits massiques suivants (en kg/h) sont déterminés à partir des débits volumiques pour chaque groupe alimenté par la CTA :

$$\begin{aligned} \rho_{\text{sou}} &= f(T_{\text{souCTAprev}}, w_{\text{souCTAprev}}), \\ Q_{\text{masougr}_{\text{mini}}} &= Q_{\text{vasougr}_{\text{mini}}} * \rho_{\text{sou}} \end{aligned} \quad \text{Eq 170}$$

$$Q_{\text{masougr}_{\text{maxiCH}}} = Q_{\text{vasougr}_{\text{maxiCH}}} * \rho_{\text{sou}} \quad \text{Eq 171}$$

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

$$\begin{aligned} Q_{\text{marepgr}_{\text{mini}}} &= Q_{\text{masougr}_{\text{mini}}} \\ Q_{\text{marepgr}_{\text{maxiCH}}} &= Q_{\text{masougr}_{\text{maxiCH}}} \end{aligned}$$

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.

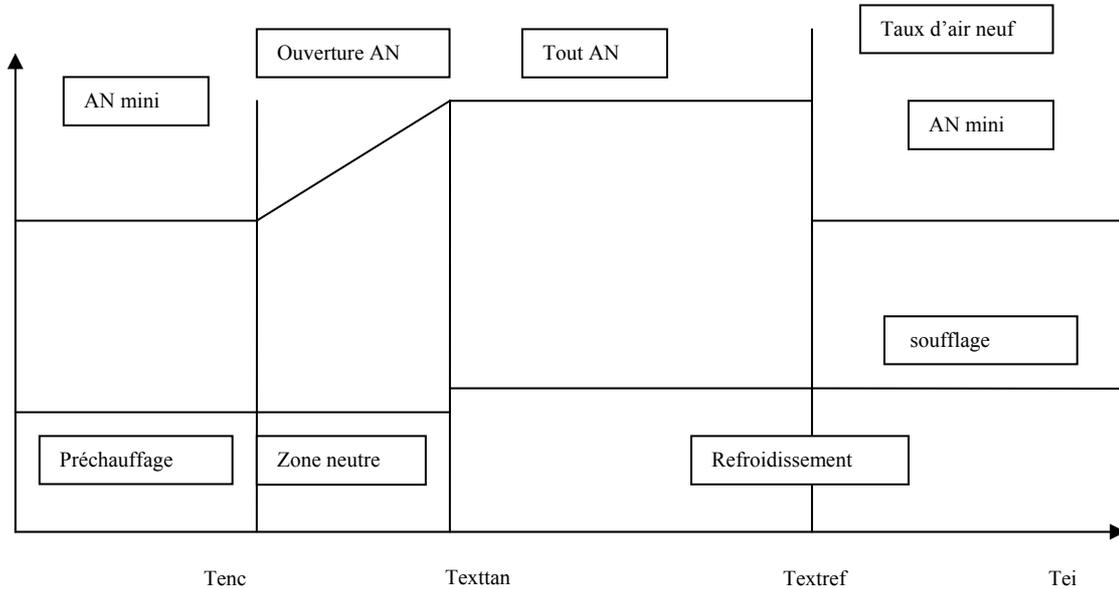
- Calcul du débit massique minimal d'air neuf

$$\begin{aligned} \text{En occupation} \quad Q_{\text{mANh}} &= Q_{\text{maTsougr}_{\text{mini}}} \\ \text{En inoccupation} \quad Q_{\text{mANh}} &= 0 \end{aligned} \quad \text{Eq 172}$$

- Calcul de la température de soufflage

### En occupation

La température de soufflage est donnée en Figure 8



**Figure 8 : Principe de fonctionnement de la centrale DAV**

Si  $text < Tenc$   $T_{sOUCTA} = T_{Cprechaud}$

Sinon si  $Text < Text_{TAN}$   $T_{sOUCTA} = Text_{TAN}$

Sinon si  $Text < Tenf$   $T_{sOUCTA} = T_{Cprerrefroid}$

Sinon si  $Text \geq Textref$   $T_{sOUCTA} = T_{Cprerrefroid}$

$WSOUCTA = WSOUCTA_{prev}$

### En inoccupation

Si  $text < Tenc$   $T_{sOUCTA} = Ti$

Sinon si  $Text < Text_{TAN}$   $T_{sOUCTA} = Text_{TAN} + (Ti_{prev} - T_{Cprechaud}) * (Text_{TAN} - Text) / (Text_{TAN} - Text_{nc})$

Sinon si  $Text < Tenf$   $T_{sOUCTA} = T_{Cprerrefroid}$

Sinon si  $Text \geq Textref$   $T_{sOUCTA} = T_{Cprerrefroid}$

$WSOUCTA = WSOUCTA_{prev}$

Tant que la température extérieure est inférieure à la température conventionnelle de préchauffage, Tenc fixée à 12°C, la consigne de préchauffage est égale à 15°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<sub>TAN</sub> (°C) fixée à 15°C, et inférieure à la température conventionnelle de refroidissement, Textref (°C) fixée à 25°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<sub>TAN</sub> (°C), la centrale fonctionne en mode refroidissement, la consigne de prérefroidissement est égale à 15°C.

Entre Tenc et Text<sub>TAN</sub> on passe du débit d'air neuf minimal à tout air neuf.

QmaTsougr<sub>mini</sub> et Tsou<sub>CTA</sub> sont utilisés dans le module croisement.

## Partie 2

Calcul des débits réels soufflés 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 :

$$Qma_{\text{sougrFR}} = P_{\text{sys}} / (C_p * (T_i - T_{\text{souCTA}})) * 3600 + Qma_{\text{sougrmini}} \quad \text{Eq 173}$$

En mode chaud :

$$Qma_{\text{sougrmaxiCH}} = \rho_{\text{sou}} * Qva_{\text{sougrmaxiCH}} \quad \text{Eq 174}$$

$$Qma_{\text{souCH}} = Qma_{\text{repCH}} = Qma_{\text{sougrmaxiCH}} \quad \text{Eq 175}$$

En zone neutre :

$$Qma_{\text{souZN}} = Qma_{\text{sougrmini}}$$

Le débit total soufflé par la centrale est égal à la somme des débits soufflés dans tous les groupes desservis :

$$\begin{aligned} Qma_{\text{sou}} &= Qma_{\text{sougrFR}} + Qma_{\text{sougrmaxiCH}} + Qma_{\text{souZN}} \\ Qma_{\text{rep}} &= Qma_{\text{sou}} \end{aligned} \quad \text{Eq 176}$$

Avec : Tsou<sub>CTA</sub>, température de soufflage centrale,

P<sub>sysFR</sub>, besoins en froid pour les groupes desservis, (Wh),

Qma<sub>sougrmini</sub>, débit minimal soufflé dans les groupes desservis en demande de froid, (kg/h),

Qva<sub>sougrmaxiCH</sub>, 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 8 :

Si Text < Text<sub>nc</sub>

$$Q_{AN} = Q_{m_{ANh}} \quad \text{Eq 177}$$

Sinon si Text<sub>nc</sub> ≤ Text < Text<sub>TAN</sub>

$$Q_{AN} = Q_{m_{ANh}} + [(Qma_{\text{sou}} - Q_{m_{ANh}}) * (Text - Text_{nc}) / (Text_{TAN} - Text_{nc})] \quad \text{Eq 178}$$

Sinon si Text<sub>TAN</sub> ≤ Text < Text<sub>ref</sub>

$$Q_{AN} = Qma_{\text{sou}}$$

Sinon

$$Q_{AN} = Q_{m_{ANh}} \quad \text{Eq 179}$$

- **Partie extraction**

La consommation électrique du ventilateur de reprise,  $P_{vent\_rep}$ , est égale à :

$$\text{en occupation : } P_{vent\_rep} = P_{vent\_nom\_rep\_occ} * C_{vent\_DAV} * t \quad (\text{Annexe A})$$

$$\text{en inoccupation : } P_{vent\_rep} = P_{vent\_nom\_rep\_inocc} * C_{vent\_DAV} * t \quad (\text{Annexe A})$$

la puissance électrique nominale du ventilateur de reprise étant :

$$\text{en occupation : } P_{vent\_nom\_rep\_occ} \quad (\text{W})$$

$$\text{en inoccupation : } P_{vent\_nom\_rep\_inocc} \quad (\text{W})$$

La température de l'air à la sortie du ventilateur de reprise,  $T_{s\_rep}$ , est égale à :

$$T_{s\_rep} = T_i + p\text{-el} * P_{vent\_rep} / (Q_{ma\_rep} * 3600^{-1} * C_{pa}) \quad \text{Eq 180}$$

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 :

$$T_{smél} = (T_{ext} * Q_{AN} + T_{s\_rep} * (Q_{ma\_sou} - Q_{AN})) / Q_{ma\_sou} \quad \text{Eq 181}$$

$$w_{smél} = (w_{ext} * Q_{AN} + w_{i\_prev} * (Q_{ma\_sou} - Q_{AN})) / Q_{m\_sou} \quad \text{Eq 182}$$

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 :

$$T_{s\_sou} = T_{smél} + p\text{-el} * P_{vent\_sou} / (Q_{ma\_sou} * 3600^{-1} * C_{pa}) \quad \text{Eq 183}$$

## 105/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

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,  $T_{sp_{prechaud}}$ , est calculée de la façon suivante :

$$T_{sp_{prechaud}} = \max(T_{C_{prechaud}}, T_{S_{sou}})$$

$T_{C_{prechaud}}$  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 :

$$BP = \min(1; (T_{C_{prerefroid}} - T_{batt}) / (T_{sp_{prechaud}} - T_{batt})) \quad \text{Eq 185}$$

$$D_w = \min((w_{sat} - w_{smel}); 0) * (1 - BP) \quad \text{Eq 186}$$

Avec :  $T_{C_{prerefroid}}$ , consigne de pré refroidissement,

$T_{batt}$ , température de surface de batterie,

$w_{smel}$ , 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 donnés par :

Si  $T_{ext} > T_{ext_{TAN}}$

$$T_{sp_{prerefroid}} = T_{sp_{prechaud}} - \max(0; (T_{sp_{prechaud}} - T_{C_{prerefroid}})) \quad \text{Eq 187}$$

$$w_{sp_{prerefroid}} = w_{smel} - D_w \quad \text{Eq 188}$$

$$P_{prerefroid} = Q_{ma_{sou}} * 3600^{-1} * (C_{pa} * (T_{sp_{prerefroid}} - T_{sp_{prechaud}}) + L * D_w) \quad \text{Eq 189}$$

Sinon

$$T_{sp_{prerefroid}} = T_{sp_{prechaud}}$$

$$w_{sp_{prerefroid}} = w_{smel} \quad (\text{g/kg})$$

$$P_{prerefroid} = 0$$

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

## 106/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2008

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  $T_{ext} < T_{enc}$

$$w_{SOU_{CTA}} = w_{S_{prerrefroid}} + \max(0; (w_{cons} - w_{S_{prerrefroid}})) \quad \text{Eq 190}$$

$$P_{chaudHR} = Q_{ma_{sou}} * 3600^{-1} * L * \max(0; (w_{cons} - w_{S_{prerrefroid}})) \quad \text{Eq 191}$$

Sinon

$$w_{SOU_{CTA}} = w_{S_{prerrefroid}}$$

$$P_{chaudHR} = 0$$

Avec :  $w_{cons}$ , 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 :  $T_{SOU_{CTA}} = T_{S_{prerrefroid}}$ .

## Comportement thermique d'un groupe et couplage avec le systeme d'émission et de distribution

### 1.1 introduction

Dans ce chapitre on décrit la méthode dynamique qui permet le calcul à chaque pas de temps du flux de chaleur ou de froid à fournir par le système de climatisation (chauffage et refroidissement) au local en tenant compte des éléments suivants :

- le climat extérieur
- les scénarios d'occupation du local
- la température de consigne conventionnelle du local
- les caractéristiques des parois composant le local
- les débits de renouvellement d'air
- les apports gratuits : apports solaires et apports internes
- des caractéristiques de l'émission de chaleur ou de froid (variations spatio-temporelles et programmation)

Cette méthode est basée sur le modèle thermique décrit ci dessous

### description globale du modèle Thermique

Le modèle thermique est un modèle dynamique au pas de temps horaire , il est fondé sur les simplifications du transfert de chaleur entre les environnements intérieur et extérieur reportées sur la Figure 9 ci-dessous

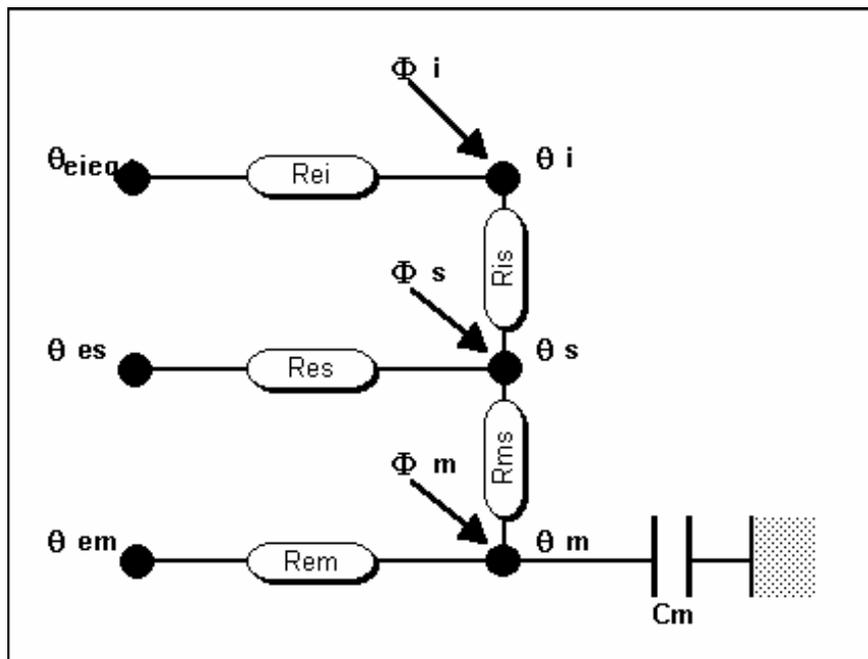


Figure 9 : Schéma du modèle de bâtiment

## 108/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

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,

$\theta_{eieq}$  : 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 renouvellement d'air  
(=  $1/R_{ei}$ )

$H_{gis}$  : 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 chaleur (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

### les équations qui régissent le modèle thermique

La représentation du modèle thermique telle que décrite dans la figure 8 se traduit par le système d'équations suivants :

#### Equation au nœud de température $\theta_i$ :

$$\left( \frac{\theta_i - \theta_{eieq}}{R_{ei}} \right) + \left( \frac{\theta_i - \theta_s}{R_{is}} \right) = \phi_i \quad \text{Eq 192}$$

- Equation au nœud de température  $\theta_s$  :

$$\left(\frac{\theta_s - \theta_{es}}{R_{es}}\right) + \left(\frac{\theta_s - \theta_i}{R_{is}}\right) + \left(\frac{\theta_s - \theta_m}{R_{ms}}\right) = \phi_s \quad \text{Eq 193}$$

- Equation au nœud de température  $\theta_m$  :

$$C_m \frac{d\theta_m}{dt} + \left(\frac{\theta_m - \theta_{em}}{R_{em}}\right) + \left(\frac{\theta_m - \theta_s}{R_{ms}}\right) = \phi_m \quad \text{Eq 194}$$

En écrivant les résistances sous forme de conductances, le système d'équations précédent s'écrit :

- Equation au nœud de température  $\theta_i$  :

$$Hg_{ei}(\theta_i - \theta_{eieq}) + Hg_{is}(\theta_i - \theta_s) = \phi_i \quad \text{Eq 195}$$

- Equation au nœud de température  $\theta_s$  :

$$Hg_{es}(\theta_s - \theta_{es}) + Hg_{is}(\theta_s - \theta_i) + Hg_{ms}(\theta_s - \theta_m) = \phi_s \quad \text{Eq 196}$$

- Equation au nœud de température  $\theta_m$  :

$$C_m \frac{d\theta_m}{dt} + Hg_{em}(\theta_m - \theta_{em}) + Hg_{ms}(\theta_m - \theta_s) = \phi_m \quad \text{Eq 197}$$

### calcul des températures extérieures équivalentes :

Température d'air extérieur équivalente des baies :

$$\theta_{es} = \theta_{ei} + \Phi_{sl} / Hg_{es} \quad \text{Eq 198}$$

Température d'air extérieur équivalente des composants externes :

$$\theta_{em} = \theta_{ei} + \Phi_{sh} (1/ Hg_{em} + 1/ Hg_{ms}) \quad \text{Eq 199}$$

Avec :

$\Phi_{sl}$  : flux de chaleur dû au rayonnement solaire des composants transparents ( Eq 87 cf § 1.1.22)

$\Phi_{sh}$  : flux de chaleur dû au rayonnement solaire des composants opaques ( Eq 90 cf § 1.1.22)

$\theta_{ei}$  : Température extérieure exprimée en °C (cf §0)

**Calcul de la conductance thermique due à la ventilation et de  $\theta_{eieq}$  :**

$$H_{gej} = m_{eq} \cdot (C_a + C_v \cdot \omega_{eq}) \quad \text{Eq 200}$$

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 :

$$m_{eq} = \sum_j Qma_j \quad \text{Eq 201}$$

$$\omega_{eq} = \frac{\sum_j Qma_j \cdot w_j}{\sum_j Qma_j} \quad \text{Eq 202}$$

Enthalpie équivalente :

$$h_j = (C_a + C_v \cdot w_j) \cdot T_j + H_{fg} \cdot w_j \quad \text{Eq 203}$$

$$h_{eq} = \frac{\sum_j h_j \cdot Qma_j}{\sum_j Qma_j} \quad \text{Eq 204}$$

Dans l'équation Eq 203 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 :

$$\theta_{eieq} = \frac{h_{eq} - H_{fg} \cdot \omega_{eq}}{(C_a + C_v \cdot \omega_{eq})} \quad \text{Eq 205}$$

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

$C_v = 1830 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$   $C_a = 1006 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$

**Calcul des autres conductances**

$$H_{gis} = A_{tgroupe} / (1/h_{ci} - 1/h_{is}) \quad \text{Eq 206}$$

Avec :

$A_{tgroupe}$  : surface totale interne d'échange

$A_{tgroupe} = 4.5 A_{GR}$

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

$H_{ges}$  correspond aux fenêtres

111/!Especificación de carácter no válida

Th-Bât 2009

$$Hg_{es} = \sum_{k=1}^w A_k U_k \quad \text{Eq 207}$$

$$Hg_{ms} = h_{is} A_m \quad \text{Eq 208}$$

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.

$$Hg_{em} = 1 / (1/H_{Th} - 1/Hg_{ms}) \quad \text{Eq 209}$$

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

$$H_{Th} = A_{bat\_op} * U_{bat\_op} \quad \text{Eq 210}$$

**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.

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

**Détermination de la température d'air et de la température opérative :**

La résolution des équations Eq 195 à Eq 197 permet la détermination des la températures  $\theta_i$ ,  $\theta_s$  et  $\theta_m$

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 :

$$\theta_{m,t} = [\theta_{m,t-1} ( C_m / 3,6 - 0.5 (U_3 + Hg_{em}) ) + \Phi_{mtot}] / [C_m / 3,6 + 0.5 (U_3 + Hg_{em})] \quad \text{Eq 211}$$

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

$$\theta_m = (\theta_{m,t} + \theta_{m,t-1}) / 2 \quad \text{Eq 212}$$

$$\theta_s = [ Hg_{ms} \theta_m + \Phi_s + Hg_{es} \theta_{es} + U1 (\theta_{eieq} + \Phi_i / Hg_{ei} ) ] / ( Hg_{ms} + Hg_{es} + U1 ) \quad \text{Eq 213}$$

$$\theta_i = [Hg_{is} \theta_s + Hg_{ei} \theta_{eieq} + \Phi_i ] / (Hg_{is} + Hg_{ei} ) \quad \text{Eq 214}$$

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

$$\theta_{op} = P_{top} \cdot \theta_s + (1-P_{top}) \theta_i \quad \text{Eq 215}$$

Avec :

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

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

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

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

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

Et :

$$\frac{\Phi_{mtot}}{U_2} = \Phi_m + Hg_{em} \theta_{em} + U_3 [ \Phi_s + Hg_{es} \theta_{es} + U_1 ( \Phi_i / Hg_{ei} + \theta_{eieq} ) ] / \quad \text{Eq 216}$$

Les flux  $\Phi_i$ ,  $\Phi_s$  et  $\Phi_m$  sont déterminés dans le paragraphe qui suit

### Flux transmis aux nœuds de température

Les flux de chaleur et/ou de froid  $\Phi_i$ ,  $\Phi_s$  et  $\Phi_m$  transmis aux nœuds de températures sont donnés par :

$$\begin{aligned} \Phi_i &= \Phi_{svl} + F_{intc} + F_{sysc} + F_{recup} \\ \Phi_s &= P_{rs} \cdot F_{intr} \\ \Phi_m &= P_{rm} \cdot F_{intr} \end{aligned} \quad \text{Eq 217}$$

$\Phi_{svl}$  : flux solaire transmis par les baies, il est déterminé par Eq 91 au § 1.1.22

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

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

les sources internes ( $F_{int} = F_{intc} + F_{intr}$ ) se composent des apports internes dus à l'éclairage ( Eq 13 et Eq 14 cf § 0 ) et des apports de chaleur dus aux occupants et aux machines (cf Tableau 12)

$F_{recup}$  : Flux correspondant aux pertes récupérables : pertes récupérables de distribution de chauffage ou de refroidissement  $Q_{d-rec}$  (Eq 150 cf §0 ) et aux pertes récupérables des ventilateurs locaux  $Q_{ventloc-rec}$  (Eq 94 cf § 0)

Ces parts récupérables sont réparties dans les différents groupes au prorata de leur surface.

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

$F_{sysc}$  : Flux requis par le système de climatisation

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

$$P_{rs} = (A_{t\text{groupe}} - A_m - Hg_{es} / h_{is}) / A_{t\text{groupe}} \quad \text{Eq 218}$$

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

$$P_{rm} = A_m / A_{t\text{groupe}} \quad \text{Eq 219}$$

**couplage du groupe avec le système d'émission et de distribution**

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  $P_{sys} = \theta_i * A + B$

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  $\theta_{in}$ , la température d'air intérieure pour une puissance émise nulle calculée avec le modèle du groupe à partir de Eq 195

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

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

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

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

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

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

**énergie nécessaire aux bornes de la génération pour le chauffage, le refroidissement et l'ECS**

**énergie nécessaire aux bornes de la génération pour le chauffage et le refroidissement**

Le modèle dynamique décrit au § 0.. précédent permet de calculer à chaque pas de temps l'énergie à fournir  $E_{f_{sys-chauff}}$  (respectivement  $E_{f_{sys-froid}}$ ) par le système de chauffage (respectivement de refroidissement) pour satisfaire les besoins du local en chaud (respectivement en froid)

On note  $E_{f_{chauff}}$  (respectivement  $E_{f_{froid}}$ ) l'énergie totale à fournir pour le chauffage (respectivement de refroidissement) pour l'ensemble du bâtiment, elle correspond à la somme de l'énergie à fournir par les systèmes de chauffage (respectivement de refroidissement) calculée par le modèle dynamique et des pertes brutes de distribution des systèmes de chauffage (respectivement de refroidissement), elle est exprimée en kWh.

$$E_{f_{chauff}} = \sum E_{f_{sys-chauff}} + Q_{d,chauff} \quad \text{Eq 220}$$

$$E_{f_{froid}} = \sum E_{f_{sys-froid}} + Q_{d,froid} \quad \text{Eq 221}$$

$Q_{d,chauff}$  (respectivement  $Q_{d,froid}$ ) sont les pertes brutes de distribution du système de chauffage (respectivement refroidissement), elles sont déterminées Eq 147 au § 0, on les exprime ici en kWh

Cette énergie  $E_{f_{chauff}}$  ( respectivement  $E_{f_{froid}}$ ) ne tient pas compte des pertes récupérées du système de distribution d'ECS, des pertes récupérées du stockage de l'ECS, des pertes récupérées de la génération et de ses auxiliaires

L'énergie à fournir par le système de production de chaleur (respectivement de refroidissement) est l'énergie aux bornes de la génération de chaleur ( respectivement de froid) notée  $E_{f_{gen-chauff}}$  (respectivement  $E_{f_{gen-froid}}$ ). Par rapport à  $E_{f_{chauff}}$  (respectivement  $E_{f_{froid}}$ ) elle intègre en plus l'ensemble des pertes récupérées, elle est exprimée en kWh :

$$E_{f_{gen-chauff}} = R_{Qrecuperes\_chauff} * E_{f_{chauff}} \quad \text{Eq 222}$$

$$E_{f_{gen-froid}} = R_{Qrecuperes\_froid} * E_{f_{froid}} \quad \text{Eq 223}$$

$R_{Qrecuperes\_chauff}$  (respectivement  $R_{Qrecuperes\_froid}$ ) étant le rendement des pertes récupérées en chaud (respectivement en froid), son calcul est déterminé au § 1.1.1 pour le chauffage et au § 1.1.2 pour le refroidissement.

**Rappel** : les apports récupérables du système d'éclairage ainsi que les pertes récupérables du réseau de distribution de chauffage et de refroidissement sont pris en compte dans le modèle dynamique pour le calcul de  $E_{f_{sys-chauff}}$  et  $E_{f_{sys-froid}}$

**1.1.1 PRISE EN COMPTE DES PERTES RECUPEREES POUR LE CHAUFFAGE**

$\left( \sum_{Bât} pertes\_recuperées \right)_{chauffage}$  sont l'ensemble des pertes récupérées pour le chauffage,

elles intègrent les pertes récupérées de distribution d'ECS, les pertes de stockage de l'ECS, des pertes récupérées de la génération, elles sont exprimées en kWh.

On considère que pendant la période de chauffage toutes les pertes récupérées du système d'ECS (distribution et stockage) contribuent aux besoins de chauffage.

$$\left( \sum_{\text{Bât}} \text{pertes\_recuperees} \right)_{\text{chauffage}} = (D_{\text{chauff}} * Q_{g,w,rec}) + \left( \frac{D_{\text{chauff}}}{D_{\text{chauff}} + D_{\text{froid\_hpc}}} \sum_{\text{bât}} Q_{d,w\_rec} \right) + \sum_{\text{bât}} Q_{\text{gen\_rece}} \quad \text{Eq 224}$$

Avec :

$D_{\text{chauff}}$  : durée annuelle de fonctionnement du chauffage (en heures)

$D_{\text{froid\_hpc}}$  : durée annuelle de fonctionnement du refroidissement hors période de chauffage (en heures)

$Q_{d,w\_rec}$ : pertes récupérées de distribution de l'ECS telles que calculées par Eq 34 du § 0 (exprimées en kWh)

$Q_{g,w,rec}$ : pertes récupérées de stockage de l'ECS telles que calculées par Eq 304 du § 1.1.9 (exprimées en kW)

$Q_{\text{gen,rec}}$ : pertes récupérées de génération telles que calculées Eq 262 au § 0 (exprimées en kWh)

Le rendement des pertes récupérées pour le chauffage se calcule ainsi :

$$R_{Q_{\text{recuperes-chauff}}} = \frac{\sum_{\text{bât}} Ef_{\text{chauff}} - \left( \sum_{\text{Bât}} \text{pertes\_recuperees} \right)_{\text{chauffage}}}{\sum_{\text{bât}} Ef_{\text{chauff}}} \quad \text{Eq 225}$$

### 1.1.2 PRISE EN COMPTE DES PERTES RECUPEREES POUR LE REFROIDISSEMENT

$\left( \sum_{\text{Bât}} \text{pertes\_recuperees} \right)_{\text{refroidissement}}$  sont l'ensemble des pertes récupérées qui contribuent à augmenter les besoins de refroidissement, elles intègrent les pertes récupérées de distribution d'ECS et les pertes de stockage de l'ECS mais uniquement pendant le fonctionnement du refroidissement hors période de chauffage, elles sont exprimées en kWh

$$\left( \sum_{\text{Bât}} \text{pertes\_recuperees} \right)_{\text{refroidissement}} = (D_{\text{froid\_hpc}} * \sum_{\text{bât}} Q_{g,w-rec}) + \left( \frac{D_{\text{froid\_hpc}}}{D_{\text{chauff}} + D_{\text{froid\_hpc}}} \sum_{\text{bât}} Q_{d,w\_rec} \right) \quad \text{Eq 226}$$

Avec :

$D_{\text{chauffe}}$  : durée annuelle de fonctionnement du chauffage (en heures)

$D_{\text{froid\_hpc}}$  : durée annuelle de fonctionnement du refroidissement hors période de chauffage (en heures)

$Q_{d,w\_rec}$ : pertes récupérées de distribution de l'ECS telles que calculées par Eq 34 du § 0 (exprimées en kWh)

$Q_{g,w,rec}$ : pertes récupérées de stockage de l'ECS telles que calculées par Eq 304 du § 1.1.9 (exprimées en kW)

Le rendement des pertes récupérées qui contribuent aux besoins de refroidissement se calcule ainsi :

$$R_{Q_{\text{recuperes-froid}}} = \frac{\sum_{\text{bât}} Ef_{\text{chauff}} + \left( \sum_{\text{Bât}} \text{pertes\_recuperees} \right)_{\text{refroidissement}}}{\sum_{\text{bât}} Ef_{\text{chauff}}} \quad \text{Eq 227}$$

### Calcul de l'énergie nécessaire aux bornes de la génération pour l'ECS

L'énergie à fournir par le système de production d'ECS  $E_{f_{gen-ECS}}$  est l'énergie aux bornes de la génération d'ECS, en plus de l'énergie nécessaire pour satisfaire les besoins d'ECS, elle intègre les pertes brutes de distribution de l'ECS et les pertes brutes des éléments de stockage (pour les générateurs stockeurs, les pertes de stockage sont intégrées dans le rendement de génération)

$$E_{f_{gen-ECS}} = \sum_{bât} Q_w + Q_{d,w} + (8760 - durvac) * Q_{g,w} \quad \text{Eq 228}$$

Avec :

$Q_w$  : Energie nécessaire pour préparer l'ECS telle que calculée Eq 15 au 0 (exprimée ici en kWh)

$Q_{d,w}$ : pertes brutes de distribution de l'ECS telles que calculées Eq 17 au § 1.1.14 (exprimées ici en kWh)

$Q_{g,w}$ : pertes brutes de stockage de l'ECS telles que calculées Eq 303 au § 1.1.8 (exprimées ici en kW)

$durvac$  : durée des vacances ( en heures)

## **génération, stockage et transfert de chaleur, de froid pour le chauffage, le refroidissement et l'ECS**

### **introduction**

La chaleur ou le froid fournis au bâtiment ou partie de bâtiment pour le chauffage, le refroidissement et l'ECS peut provenir de l'une ou de plusieurs des sources ci dessous :

- Les **générateurs** qui fournissent l'énergie directement au bâtiment ou partie de bâtiment
- Les **générateurs 'stockeurs'** , cest le cas de certains générateurs pour l'ECS qui assurent les deux fonctions de génération et de stockage dans le même appareil.
- Les **éléments de stockage** reliés aux générateurs
- Les **réseaux de chaleur ou de froid** qui transfèrent la chaleur ou le froid à partir d'une station
- Les **systèmes solaires thermiques**

Cette partie permet selon les sources citées ci-dessus de prendre en compte l'efficacité de la génération, du stockage et du transfert de chaleur de froid et d'ECS, elle est structurée en 5 sous parties , chacune d'elles est consacrée à l'une de ces sources.

Pour **les générateurs**, la méthode de calcul est décrite au § 0, elle prend en compte :

- L'efficacité du générateur à travers :
  - Un rendement conventionnel annuel moyen de génération pour les générateurs à combustion
  - Un rendement de génération égal à 1 pour les générateurs à effet joule direct
  - Un Coefficient de performance annuel pour les générateurs thermodynamiques
- La consommation d'énergie des auxiliaires de génération
- Les pertes récupérées du générateur et des auxiliaires de génération

Pour **les générateurs stockeurs**, la méthode de calcul est décrite au § 0 , elle prend en compte :

- L'efficacité du générateur-stockeur à travers un rendement conventionnel annuel moyen « global » de génération qui intègre l'efficacité du générateur et les pertes de stockage
- La consommation d'énergie des auxiliaires de génération
- Les pertes récupérées du générateur , des auxiliaires de génération et de stockage

Pour **les éléments de stockage**, la méthode de calcul est décrite au §0, elle prend en compte :

- Les pertes de stockage
- Les pertes de stockage récupérées

Pour **les réseaux de chaleur et de froid**, la méthode de calcul est décrite au §0, elle prend en compte :

- Les pertes du système de transfert de chaleur
- Les pertes récupérées du système de transfert de chaleur

**Le solaire thermique** représente un cas à part , il est traité au § 0

118/**Especificación de carácter no  
válida**

Th C E 2009

On traite selon le type du générateur, le chauffage des locaux, le refroidissement des locaux et la production d'ECS. On traite également le cas de générateurs mixtes qui assurent le chauffage et l'ECS.

## les générateurs de chaleur et de refroidissement

### 1.1.3 LES GENERATEURS A COMBUSTION

On traite ici :

- les chaudières au gaz ou au fioul
- les chaudières bois.
- les générateurs d'air chaud fonctionnant au gaz,
- les panneaux et tubes radiants gaz,
- les radiateurs gaz à ventouse,

On utilise pour le calcul du rendement conventionnel annuel moyen de génération, pour le calcul des pertes récupérées et pour le calcul de la consommation des auxiliaires de génération les données spécifiques fournies par l'utilisateur :

- Les caractéristiques des générateurs telles décrites ci-dessous pour chaque type de générateur
- Le mode de gestion de la génération
- Le coefficient de surdimensionnement qui est le rapport entre la puissance nominale du générateur aux déperditions conventionnelles de base de la partie de bâtiment qu'il dessert
- La position de la génération (en volume chauffé ou hors volume chauffé)

#### Caractéristiques des générateurs

- **Chaudières gaz ou fioul**

	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 $R_{Pn}$	%	Idem
Rendement sur PCI à charge partielle pour une température d'eau $\theta_{mes}$ : $R_{Pint}$	%	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 59 : Caractérisation des chaudières au gaz et au fioul**

**Remarque :** 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.

## 120/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

En absence de normes européennes, les normes nationales équivalentes peuvent être la référence d'une certification

- **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 60 : 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.

- **Tubes et panneaux radiants**

	Unité ou possibilités	Norme de référence
Puissance nominale $P_n$	kW	NF-E31-401 ; E31-402 ; E31-403-1
Rendement sur PCI $R_{Pn}$	%	Idem
Avec ventilateur côté émission	Oui/non	
Puissance ventilateur côté émission	W	

**Tableau 61 : Caractérisation des tubes et panneaux radiants**

• **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 62 : Caractérisation des raditeurs gaz**

**Modèle générique de calcul du rendement conventionnel annuel moyen de génération pour le chauffage  $R_{conv_{chauff}}$**

Ce modèle basé sur un profil de charge conventionnel calcule le rendement conventionnel annuel moyen de génération pour le chauffage à partir des pertes calculées au point de fonctionnement  $x$  qui font intervenir les pertes aux points de fonctionnement mesurés et à partir des pertes pendant la période de non demande.

Ce modèle s'applique à tous les générateurs à combustion. Les spécificités des générateurs qui se traduit par leur mode de caractérisation sont prises en compte au § 0

**Profils de charge conventionnels**

Pour les générateurs à combustion, le calcul du rendement conventionnel annuel moyen pour un générateur donné est basé sur la prise en compte de valeurs conventionnelles de profils de charge.

Le profil de charge conventionnel donne pour chaque intervalle de taux de charge le coefficient de pondération correspondant.

On distingue trois profils de charge conventionnels différents selon le type d'horaire d'occupation tels que définis au Tableau 6 :

- Profil de charge dit 'long' qui correspond au type d'horaires d'occupation « longs ».
- Profil de charge dit 'moyen' qui correspond au type d'horaires d'occupation « moyens ».
- Profil de charge dit 'court' qui correspond au type d'horaires d'occupation « courts »

On rappelle que les types d'horaires d'occupation dépendent du type d'usage de la zone cf Tableau 5

Le Tableau 63 ci-dessous décrit les 3 profils de charge conventionnels cités ci-dessus

Type d'horaires d'occupation	Taux de charge :Tch									
	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
de										
à	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
longs	<b>0.1</b>	<b>0.25</b>	<b>0.2</b>	<b>0.15</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.05</b>	<b>0.025</b>	<b>0.025</b>	<b>0</b>
moyens	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>	<b>0.15</b>	<b>0.1</b>	<b>0.075</b>	<b>0.05</b>	<b>0.025</b>	<b>0.025</b>	<b>0.075</b>
courts	<b>0.075</b>	<b>0.2</b>	<b>0.175</b>	<b>0.125</b>	<b>0.1</b>	<b>0.075</b>	<b>0.05</b>	<b>0.025</b>	<b>0.025</b>	<b>0.15</b>

**Tableau 63 : Coefficients de pondération (coeff\_pond) en fonction du taux de charge (Tch) et du type d'horaires d'occupation**

D'un point de vue des modalités de calcul, les taux de charges pris en compte sont calculés en milieu de classe, (5%; 15% ...)

## 122/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

Le coefficient de pondération noté **coeff\_pond<sub>x</sub>** est affecté au taux de charge noté **Tch<sub>x</sub>** qui correspond à l'intervalle [Tch<sub>x</sub>-5% Tch<sub>x</sub>+5%]

Pour un générateur desservant des zones à types d'horaires d'occupation différents, le profil de charge à retenir est celui qui correspond au type d'usage majoritaire (type d'horaires d'occupation majoritaire) en terme de surface desservie

### Prise en compte de la puissance installée

Pour une meilleure évaluation des charges partielles dans le calcul du rendement conventionnel des générateurs à combustion, on introduit le coefficient de dimensionnement relatif noté **Cdimref**.

Le coefficient Cdimref est calculé pour l'ensemble des générateurs à combustion desservant une zone de bâtiment, un ensemble de zones de bâtiment ou un ensemble de zones de différents bâtiments

$$Cdimref = \frac{\sum_{gen\_i=1}^{gen\_N} Pn_{gen\_i}}{PCC100} \quad \text{Eq 229}$$

$Pn_{gen\_i}$  est la puissance installée du générateur à combustion  $i$ ,  $\sum_{gen\_i=1}^{gen\_N} Pn_{gen\_i}$  est la puissance totale des  $N$  générateurs à combustion  $i$  desservant la zone en question ou l'ensemble de zones en question. ( les zones pouvant appartenir à des bâtiments différents)

PCC100 est la puissance conventionnelle pour le chauffage calculée selon l'annexe C pour la zone de bâtiment ou pour l'ensemble des zones de bâtiments desservies par les  $N$  générateurs à combustion. Cette puissance conventionnelle tient compte de la présence éventuelle d'autres sources de chaleur provenant de générateurs autres que à combustible.

Dans le cas où un ensemble de générateurs dessert différents bâtiments, le coefficient Cdimref sera calculé pour l'ensemble de ces bâtiments (PCC 100 calculée pour l'ensemble des bâtiments )

Le profil de charge conventionnel décrit au § précédent est alors modifié pour la prise en compte du coefficient Cdimref : le coefficient **coeff\_pond<sub>x-dim</sub>** est alors affecté au taux de charge **Tch<sub>x-dim</sub>**

$$coeff\_pond_{x-dim} = coeff\_pond_x \quad Tch_{x-dim} = Tch_x / Cdimref \quad \text{Eq 230}$$

**Remarque importante** : le taux de charge Tch<sub>95%</sub> correspondant à la plage [ 90% 100%] n'est pas corrigé par le coefficient de surdimensionnement afin de prendre en compte la relance du chauffage à la puissance nominale disponible. Ainsi, quelque soit la valeur du coefficient Cdimref :

$$Tch_{95\%-dim} = Tch_{95\%} \quad \text{Eq 231}$$

Ce nouveau profil de charge {Tch<sub>x-dim</sub> coeff\_pond<sub>x-dim</sub>} sera ensuite corrigé pour prendre en compte un éventuel fonctionnement en cascade du générateur.

### Prise en compte du fonctionnement en cascade des générateurs

Le principe est de gérer successivement la mise en marche des  $N$  générateurs à combustion en cascade en fonction du taux de charge du système qui prend en compte le coefficient Cdimref : **Tch<sub>x-dim</sub>** et en fonction du mode de gestion des priorités entre générateurs

## 123/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

La donnée d'entrée est puissance relative du générateur  $i$  notée  $Prel(gen\_i)$  par rapport à la puissance globale fournie par le système global ( les  $N$  générateurs en cascade) :

$$Prel(gen\_i) = \frac{Pn(gen\_i)}{\sum_{i=1}^{i=N} Pn(gen\_i)} \quad \text{Eq 232}$$

$Pn(gen\_i)$  étant la puissance nominale du générateur  $i$

En partant des valeurs faibles de **Tch<sub>x-dim</sub>** et en fonction du mode de gestion des priorités entre générateurs et de leur puissance relative  $Prel(gen\_i)$ , on détermine pour chaque point de fonctionnement  $x$  et pour chaque générateur  $i$  :

- sa contribution **CTch<sub>x-dim</sub>(gen\_i)** au taux de charge du système  $Tch_{x-dim}$

**Cas 1** : gestion avec priorité des  $N$  générateurs en cascade (le générateur  $i-1$  étant prioritaire par rapport au générateur  $i$ ):

$$CTch_{x-dim}(gen\_i) = \min(Prel(gen\_i) ; Tch_{x-dim} - \sum_{p=1}^{i-1} CTch_{x-dim}(gen\_p)) \quad \text{Eq 233}$$

**Cas 2** : gestion sans priorité des  $N$  générateur en cascade , chaque générateur  $i$  apporte la même contribution au taux de charge du système

$$CTch_{x-dim}(gen\_i) = Tch_{x-dim} / N \quad \text{Eq 234}$$

- son taux de charge final :

$$Tch_{x\_final}(gen\_i) = \frac{CTch_{x-dim}(gen\_i)}{Prel(gen\_i)} \quad \text{Eq 235}$$

- son coefficient de pondération final :

$$coeff\_pond_{x\_final}(gen\_i) = \frac{CTch_{x-dim}(gen\_i) * coeff\_pond_{x-dim}(gen\_i)}{\sum_{x=0\%}^{x=100\%} CTch_{x-dim}(gen\_i) * coeff\_pond_{x-dim}(gen\_i)} \quad \text{Eq 236}$$

Pour chaque générateur , le profil de charge noté  $\{Tch_{x-final} \text{ } coeff\_pond_{x-final}\}$  sera utilisé pour le calcul du rendement conventionnel annuel moyen de génération pour le chauffage

**Remarque importante** : la part de l'énergie à fournir par chaque générateur  $i$  pour le chauffage est :

$$Part\_Ef_{chauff}(gen\_i) = \sum_{x=0\%}^{x=100\%} CTch_{x-dim}(gen\_i) * coeff\_pond_{x-dim}(gen\_i) \quad \text{Eq 237}$$

### Température de fonctionnement

La température de fonctionnement de la génération dépende son mode de gestion. On distingue deux modes de gestion :

- à température constante,
- en fonction de la température extérieure ou de la température intérieure.

Compte tenu de la faible différence entre les impacts des régulations extérieures et des régulations intérieures, on propose de retenir une seule variation de la température de fonctionnement de la génération sur les bases suivantes :

## 124/!Especificación de carácter no válida

Tb C E 2009

- A 0 % de charge , la température de fonctionnement de la génération en chauffage est Tgen0 . Tgen0 vaut Tgenmin (limite basse de fonctionnement) ou 20°C si la température limite basse n'est pas définie.
- A 100 % de charge, la température de fonctionnement de la génération en chauffage est la température de dimensionnement conventionnelle Tgen100, fonction du réseau de distribution et des émetteurs associés,
- Entre les deux taux de charge ( 0% et 100%), la température de fonctionnement de la génération en chauffage est une interpolation linéaire entre Tgen0 et Tgen100 sous contrôle de la limite basse de fonctionnement Tgenmin.

Pour les chaudières sans régulation (température constante), la limite basse de fonctionnement est prise égale à Tgen100. la température de fonctionnement est donc constante et égale à Tgen100

Le Tableau 64 ci-dessous, donne les valeurs de Tgenmin pour les chaudières standards, à à basse température et à condensation,

Type de chaudière	Température limite basse de fonctionnement Tgenmin
Condensation	20
Basse température	35
Standard depuis 1994	45
Standard jusqu'en 1993	50

**Tableau 64 : Température limite basse de fonctionnement Tgenmin pour certains type de chaudières**

La valeur de Tgen100 dépend de la température de distribution

La température de distribution dépend des types d'émetteurs, elle a connu une évolution en fonction du temps. Le Tableau 65 donne les valeurs de Tgen100 pour différents types émetteurs de chaleur à différentes périodes

Type d'émetteur	Période		
	Avant 1980	Entre 1981 et 2000	Après 2000
Plancher basse température	60	35	35
Radiateur à chaleur douce	80	70	60
Autres émetteurs	80	70	70

**Tableau 65 : Température de fonctionnement des chaudières à 100% de charge Tgen100**

### **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 :

$$Q_{p100} = \frac{(100 - R_{pn})}{R_{pn}} \cdot P_n \quad \text{Eq 238}$$

### Pertes pour une charge intermédiaire

La charge intermédiaire  $P_{int}$  s'exprime en fonction de  $P_n$

Les pertes à charge intermédiaire s'expriment par la formule suivante :

$$Q_{P_{int}} = \frac{(100 - R_{P_{int}})}{R_{P_{int}}} \cdot P_{int} \quad \text{Eq 239}$$

### Pertes au point de fonctionnement « w » situé entre la charge nulle et la charge intermédiaire

Les pertes au point « w » (w% de charge) notées  $QP_w$  sont calculées ainsi :

$$QP_w = QP_{int} * (\text{taux de charge intermédiaire} / \text{taux de charge } w) \quad \text{Eq 240}$$

### Pertes au point de fonctionnement « x »

En ce qui concerne le chauffage, au point de fonctionnement x [ taux de charge x],  $P_x$  est la puissance moyenne à fournir par le générateur et  $QP_x$  sont les pertes.

$QP_x$  est donnée selon les Eq 241 suivantes :

- $QP_x$  est linéaire entre 0% de charge et le point de fonctionnement « w »

$$QP_x = [(QP_w - QP_0) / w] x + QP_0$$

- $QP_x$  est linéaire entre le point « w » et le point à charge intermédiaire « int »

Eq 241

$$QP_x = [(QP_{int} - QP_w) / (int - w)] x + QP_w - [(QP_{int} - QP_w) / (int - w)] w$$

- $QP_x$  est linéaire entre le point à charge intermédiaire « int » et le point à 100% de charge

$$QP_x = [(QP_{100} - QP_{int}) / (1 - int)] x + QP_{int} - [(QP_{100} - QP_{int}) / (1 - int)] int$$

### Expression du rendement de génération pour le chauffage

Pour le calcul du rendement conventionnel annuel moyen de génération pour le chauffage, on procède en deux étapes :

1. On calcule les puissances moyennes consommées ( $P_{mcons}$ ) et fournies ( $P_{mfou}$ ), ce calcul correspond aux heures pendant lesquelles le générateur est en demande de chaleur
2. On prend en compte les pertes pendant la période de non fourniture de chaleur et la présence éventuelle de veilleuse

### Calcul des puissances moyennes consommées et fournies – générateur en fonctionnement

Le profil de charge final à partir duquel le rendement conventionnel annuel du générateur est calculé tient compte du coefficient de surdimensionnement  $C_{dimref}$  et du mode de gestion du générateur, on le note :  $\{Tch_{x\_final} \text{ coeff\_pond}_{x\_final}\}$ , cf Eq 235 et Eq 236

Pour chaque taux de charge  $Tch_{x\_final}$  au point de fonctionnement x :

- on calcule dans un premier temps les puissances fournies  $P_{fou_{x-fonc}}$  et consommées  $P_{cons_{x-fonc}}$  au point de fonctionnement  $x$

$$P_{fou_{x-fonc}} = P_x * coeff_{pond_{x\_final}} \quad \text{Eq 242}$$

$$P_{cons_{x-fonc}} = P_{fou_{x-fonc}} \cdot \frac{P_x + QP_x}{P_x} \quad \text{Eq 243}$$

avec  $P_x = P_n * Tch_{x\_final}$

- on calcule ensuite les puissances **moyennes** fournies  $P_{mfou}$  et consommées  $P_{mcons}$

$$P_{mfou} = \sum_{x=0\%}^{x=100\%} P_{fou_{x-fonc}} \quad \text{Eq 244}$$

$$P_{mcons} = \sum_{x=0\%}^{x=100\%} P_{cons_{x-fonc}} \quad \text{Eq 245}$$

**Prise en compte des pertes à l'arrêt pendant la période de non demande de chaleur et prise en compte de la veilleuse**

On considère que pendant une partie du temps de la période de non fourniture de chaleur, les pertes du générateur sont égales à  $QP_0$ . On exprime cette partie du temps par un ratio  $Tauxnf$ .  $Tauxnf$  est le ratio de temps pendant lequel le générateur a des pertes alors qu'il est hors demande au temps de fourniture de chaleur.

On considère la consommation de la veilleuse de puissance  $P_{veil}$  pendant un temps de fonctionnement qu'on exprime par un ratio  $Tauxveil$ .  $Tauxveil$  est le ratio de temps de fonctionnement de la veilleuse au temps de fourniture de chaleur.

Les valeurs de  $Tauxnf$  et  $Tauxveil$  sont données de manière conventionnelle selon Tableau 66 qui suit :

	Tauxnf	Tauxveil
Générateur maintenu en température	0.6	1
Générateur non maintenu en température	0.3	1

**Tableau 66 : Valeurs conventionnelles de Tauxnf et Tauxveil**

**Calcul du rendement conventionnel annuel moyen de génération de chauffage :  $R_{conv_{chauff}}$**

$$R_{conv_{chauff}} = \frac{P_{mfou}}{P_{mcons} + Tauxnf * QP_0 + Tauxveil * P_{veil}} \quad \text{Eq 246}$$

**Récapitulatif pour le calcul du rendement conventionnel annuel moyen de génération pour le chauffage**

l'expression du rendement conventionnel annuel moyen de génération de chauffage donnée par Eq 246 ci-dessous est générique pour l'ensemble des générateurs à combustion.

Dans le tableau qui suit, on indique s'il y a lieu les spécificités à prendre en compte pour le calcul de  $R_{conv_{chauff}}$  en fonction des types de générateurs à combustion.

**127/!Especificación de carácter no válida**

Tb C E 2009

	Chaudière gaz ou fioul	Chaudière bois	Générateurs d'air chaud gaz	Raditeurs gaz	Tubes et panneaux radiants
Point int	30%	Pas une caractéristique produit. Par défaut : 50%	Pas une caractéristique produit. Par défaut : 50%	Pas nécessaire	Pas nécessaire
$P_{int}$	$0.3P_n$	$P_{min}$	$0.5P_n$	Pas nécessaire	Pas nécessaire
$R_{pint}$	C'est une donnée d'entrée = caractéristique produit ou valeur par défaut Correction de cette donnée d'entrée selon Eq 248	C'est une donnée d'entrée = caractéristique produit ou valeur par défaut	C'est une donnée d'entrée = caractéristique produit ** ou valeur par défaut	Pas nécessaire	Pas nécessaire
$Q_{pint}$	Cf modèle générique	Cf modèle générique	Cf modèle générique	Pas nécessaire	Pas nécessaire
Point w	<ul style="list-style-type: none"> <li>15% [ BT et cond] **</li> <li>Int [autres]</li> </ul>	int	int	Pas nécessaire	Pas nécessaire
$P_w$	<ul style="list-style-type: none"> <li>0.15 <math>P_n</math> [ BT et cond]</li> <li><math>P_{int}</math> [autres]</li> </ul>	$P_{int}$	$P_{int}$	Pas nécessaire	Pas nécessaire
$Q_{p0}$	$Q_{p030}$ est une donnée d'entrée = caractéristique produit ou valeur par défaut $Q_{p0}$ : cf Eq 249	$Q_{p0}$ n'est pas une caractéristique produit Son expression est donnée selon Eq 250	Donnée d'entrée = caractéristique produit ou valeur par défaut	Pas nécessaire	Pas nécessaire
$R_{pn}$	Donnée d'entrée = caractéristique produit ou valeur par défaut Correction de cette donnée d'entrée selon Eq 247	Donnée d'entrée = caractéristique produit ou valeur par défaut	Donnée d'entrée = caractéristique produit ou valeur par défaut	Donnée d'entrée = caractéristique produit ou valeur par défaut	Donnée d'entrée = caractéristique produit ou valeur par défaut
$Q_{p100}$	Cf modèle générique	Cf modèle générique	Cf modèle générique	Cf modèle générique	Cf modèle générique
$Q_{px}$	Cf Eq 241 du modèle générique			expression selon Eq 251	
$R_{conv_{chauf}}$	Cf modèle générique				

**Tableau 67 : Récapitulatif pour le calcul du rendement conventionnel annuel moyen de génération pour le chauffage – générateurs à combustion**

**Chaudières gaz et fioul correction de  $R_{pn}$ ,  $R_{pint}$  et  $Q_{p0}$**

- 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

128/!Especificación de carácter no  
válida

Th C E 2009

la chaudière baisse de 10°C. Le rendement  $R_{pn}$  de Eq 238 est donc remplacé par:

$$R_{pn} + 0,1 \cdot (70 - \theta_{wh,g}) \quad (\%) \quad \text{Eq 247}$$

Avec  $\theta_{wh,g}$  température de fonctionnement de la chaudière

- Le rendement à 30% est mesuré pour une température de la chaudière donnée dans le Tableau 68 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  $R_{pint}$  Eq 239 est donc remplacé par :

$$R_{pint} + a \cdot (\theta_{mes} - \theta_{wh,g}) \quad (\%) \quad \text{Eq 248}$$

où  $a$  et  $\theta_{mes}$  sont donnés dans le Tableau 68 ci-dessous :

Type de chaudière	$\theta_{mes}$	$a$
Standard	50	0,1
Basse température	40	0,1
Condensation	33	0,2

**Tableau 68 : Paramètres pour correction de  $R_{pint}$  pour les chaudière gaz et fioul**

- Les pertes à l'arrêt notées  $Q_{p030}$  sont mesurées pour un écart de température de 30°C.

On corrige ces pertes selon la formule :

$$Q_{p0} = \frac{Q_{p030}}{100 \cdot R_{pn}} \cdot \left( \frac{\theta_{wh,g} - \theta_{amb}}{30} \right)^{1,25} \quad \text{Eq 249}$$

avec :

$\theta_{amb} = 20$  °C et  $\theta_{wh,g}$  : température de fonctionnement de la chaudière

**Chaudières bois expression des pertes à charge nulle Q<sub>P0</sub>**

Pour les chaudières bois, les pertes à charge nulle ne sont pas mesurées. Q<sub>P0</sub> n'est donc pas une caractéristique produit

La valeur par défaut des pertes thermiques à l'arrêt est donnée dans le projet de norme en fonction de la puissance de la chaudière:

$$Q_{P0} = P_n \cdot \frac{c_5}{100} \cdot (P_{n\_limit})^{c_6} \quad \text{Eq 250}$$

Avec :

P<sub>n</sub> puissance nominale en kW ;

P<sub>n\_limit</sub> puissance nominale en kW; limité à une valeur maximale de 400 kW. Si la puissance nominale est supérieure à 400 kW, cette valeur ( 400kW) est adoptée dans l'Équation 22

c<sub>5</sub>, c<sub>6</sub> paramètres fournis dans le Tableau 69 ci dessous.

Type de chaudière	Année de fabrication	c <sub>5</sub> %	c <sub>6</sub> -
Chaudière atmosphérique à biomasse	avant 1978	8,0	-0,27
	de 1978 à 1994	7,0	-0,3
	après 1994	8,5	-0,4
Chaudière à biomasse assistée par ventilateur	avant 1978	9,0	-0,28
	de 1978 à 1994	7,5	-0,31
	après 1994	8,5	-0,4

**Tableau 69 : Paramètres de calcul des pertes à l'arrêt pour les chaudières bois  
Radiateurs gaz, tubes radiants et panneaux radiants**

Les pertes au point de fonctionnement x (à la charge P<sub>x</sub>) s'expriment par la formule suivante :

$$Q_{Px} = f_{maj} \cdot \frac{(100 - R_{Pn})}{R_{Pn}} \cdot P_x \quad \text{Eq 251}$$

où :

f<sub>maj</sub> 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<sub>maj</sub> est donné dans le Tableau 70 pour les radiateurs en fonction de la présence ou non d'un ventilateur de combustion et du mode d'évacuation des fumées pour les radiateurs.

f<sub>maj</sub> est donné dans le Tableau 71 pour les tubes et panneaux radiants.

	Radiateur gaz	
Ventilateur côté combustion	Évacuation des fumées	f <sub>maj</sub>
Oui	Tout type	1,02

Non	Par micro ventouse	1,04
Non	Par une cheminée	1,06

**Tableau 70 : 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 71 : Coefficient de majoration des pertes pour les générateurs radiants.**

**: calcul du rendement de génération pour l'ECS**

Le calcul du rendement conventionnel annuel moyen de génération pour l'ECS est basé sur la prise en compte conventionnelle des pertes

On considère par convention qu'en mode production d'ECS, le générateur a un rendement équivalent égal à  $R_{pn}$  ( rendement à 100% de charge)

On considère que le générateur a des pertes à l'arrêt :

- pendant toutes les heures de demande d'ECS (durecs) en dehors des vacances (durvac) si le générateur n'est pas maintenu en température [ceci correspond conventionnellement à l'énergie nécessaire lors des phases de remise en température à chaque puisage]
- pendant toute l'année en dehors des vacances (durvac) si le générateur est maintenu en température

En cas de présence de veilleuse, on considère qu'elle fonctionne :

- pendant toute l'année en dehors des vacances (durvac) et en dehors des heures de demande (durecs)

on considère que la température de fonctionnement du générateur est de :

- 50°C pour les générateurs à fourniture instantanée (non reliés à des éléments de stockage)
- 70°C pour les autres générateurs

Le rendement conventionnel annuel moyen de génération d'ECS a pour expression :

- **Si le générateur n'est pas maintenu en température :**

$$R_{conv_{ecs}} = 1 / (1 / R_{pn} + (durecs - durvac) Q_{p0} / E_{f_{gen-ECS}}) + (8760 - durecs - durvac) P_{veil} / E_{f_{gen-ECS}} \quad \text{Eq 252}$$

- **Si le générateur est maintenu en température :**

$$R_{conv_{ecs}} = 1 / (1 / R_{pn} + (8760 - durvac) Q_{p0} / E_{f_{gen-ECS}}) + (8760 - durecs - durvac) P_{veil} / E_{f_{gen-ECS}} \quad \text{Eq 253}$$

**Remarque :** pour les chaudières au gaz ou au fioul, les pertes  $Q_{p0}$  prennent en compte la correction en fonction de la température de fonctionnement du générateur, cf Eq 249

$E_{f_{gen-ECS}}$  est l'énergie annuelle à fournir par le générateur pour l'ECS cf équation Eq 228

131/**Especificación de carácter no  
válida**

TR C E 2009

durecs : nombre annuel d'heures de fonctionnement de l'ECS déterminé à partir du Tableau 19

durvac : nombre annuel d'heures de vacances déterminé à partir du Tableau 9

Pveil : puissance de la veilleuse

**Générateur à usage mixte chauffage et ECS - calcul des rendements de génération annuels moyens pour le chauffage et pour l'ECS**

On applique Eq 246 pour le fonctionnement chauffage et Eq 252 ou Eq 253 pour le fonctionnement ECS.

Toutefois :

- Si en fonctionnement ECS le générateur est maintenu en température en permanence, on ne compte pas les pertes  $Q_{p0}$  en fonctionnement chauffage.
- Veilleuse : la puissance de la veilleuse est affectée au fonctionnement chauffage pendant la période de chauffe on effectue donc le calcul pour ce fonctionnement avec la puissance réelle de la veilleuse. Hors saison de chauffage, la puissance de la veilleuse est affectée au fonctionnement ECS, en considérant conventionnellement pour cette application une saison de chauffage de 6 mois, on prend en compte en fonctionnement ECS la veilleuse pour moitié de sa puissance réelle.

Ainsi pour les générateurs à combustible à usage mixte ( chauffage et ECS) :

- Si en fonctionnement ECS le générateur est maintenu en température en permanence :

$$Rconv_{chauff} = \frac{Pmfou}{Pmcons + Tauxveil * Pveil} \quad \text{Eq 254}$$

$$Rconv_{ecs} = 1 / (1/R_{Pn} + (8760 - durvac) Q_{p0} / Ef_{gen-ECS}) + (8760 - durecs - durvac) * 0.5 * Pveil / Ef_{gen-ECS} \quad \text{Eq 255}$$

- Si en fonctionnement ECS le générateur n'est pas maintenu en température en permanence :

$$Rconv_{chauff} = \frac{Pmfou}{Pmcons + Tauxnf * Q_{P_0} + Tauxveil * Pveil} \quad \text{Eq 256}$$

$$Rconv_{ecs} = 1 / (1/R_{Pn} + (durecs - durvac) Q_{p0} / Ef_{gen-ECS}) + (8760 - durecs - durvac) * 0.5 * Pveil / Ef_{gen-ECS} \quad \text{Eq 257}$$

**calcul des pertes récupérées de génération**

**pertes par les parois du générateur**

Seules les pertes par les parois des générateurs situés en volume chauffé sont considérées comme récupérables.

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 72 : pertes par les parois selon le type de brûleur**

Les pertes par les parois (en kW) valent donc :

$$Q_{par} = Q_{P0} \cdot p_{-Qp.g} \quad \text{Eq 258}$$

On considère que 48% des pertes par le parois sont récupérées (60% des pertes par les parois sont récupérables avec un taux de récupération de 80%) sur une durée  $D_{par\_recupere}$

$$D_{par\_recupere} = \min(D_{chauff}, \frac{Ef_{gen-chauff} * (1 + Tauxnf)}{0.3 * P_n}) \quad \text{Eq 259}$$

$$Q_{par\_recupere} = 0.48 \cdot Q_{par} \cdot D_{par\_recupere} \quad \text{Eq 260}$$

Avec

$D_{chauff}$  : durée de la période de chauffage [h]

$Ef_{gen-chauff}$  : énergie requise aux bornes du générateur pour le chauffage en [kWh] (cf eq Eq 222)

Tauxnf : cf Tableau 66

$P_n$  : puissance nominale du générateur [kW]

**Pertes des auxiliaires de génération**

Pour les générateurs situés en volume non chauffé, la part des pertes récupérables des auxiliaires de génération est nulle.

Pour les générateurs situés en volume chauffé, on considère que les pertes récupérées des auxiliaires de génération représentent 48% de la consommation des auxiliaires de génération (60% des pertes récupérables sont transmis aux locaux avec un taux de récupération de 80%)

**134/!Especificación de carácter no válida**

Th C E 2009

$$Q_{\text{cir.g\_recupere}} = 0,48 Q_{\text{cir.g}} \quad \text{Eq 261}$$

Avec

$Q_{\text{cir.g}}$  : consommation des auxiliaires de génération cf Eq 263

**Total des pertes récupérées de la génération (kWh)**

$$Q_{\text{gen\_rec}} = Q_{\text{cir.g\_recupere}} + Q_{\text{par\_recupere}} \quad \text{Eq 262}$$

Elles sont calculées annuellement, exprimées en kWh, elles se déduisent de l'énergie à fournir pour le chauffage

***calcul de la 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 ( en kWh) est considérée proportionnelle à l'énergie à fournir pour le chauffage

$$Q_{\text{cir.g}} = (E_{\text{f}_{\text{gen-chauff}}} / P_n) * P_{\text{cir.g}} / 1000 \quad \text{Eq 263}$$

Avec

$E_{\text{f}_{\text{gen-chauff}}}$  : énergie requise aux bornes du générateur pour le chauffage en [kWh] (cf eq Eq 222)

$P_n$  : puissance nominale du générateur [kW]

$P_{\text{cir.g}}$  : Puissance du circulateur en [W]

***valeurs par défaut***

**chaudières gaz et fioul**

Le Tableau 73 ci-dessous donne les valeurs par défaut du rendement à 100% de charge ( $R_{Pn}$ ), du rendement à 30% de charge ( $R_{Pint}$ ) et les pertes à l'arrêt ( $Q_{P0}$  en % de la puissance nominale  $P_n$ ) pour des chaudières gaz et fioul en fonction de leur ancienneté et en fonction de leur type

	Ancienneté	Type	$R_{Pn}$	$R_{Pint}$ en %	$Q_{P0}$ en % puissance nominale $P_n$
Chaudières gaz	Avant 1980	Classique	83 %	80%	4%
			85%	83%	2%
			87%	83%	1.5%
	1991 - 2000	Standard	88%	85%	1.2%
			BT	89.5%	89.5%
	Après 2000 *	Standard	88%	85%	1%
			BT	89.5%	89.5%
	1981 - 1985	condensation	93%	98%	1%
			1985 - 1990		
1991 - 2000					
Après 2000 *					
Chaudières fioul	Avant 1970	Classique	77%	67%	4%
	1970 - 1975		80%	75%	3%
	1975 - 1980		81%	81%	2%

**135/!Especificación de carácter no válida**

Tb C E 2009

	1981 -1990		83%	83%	1%
	1991 - 2000	Standard	87%	86%	1%
		BT à partir de 1996	89.5%	89.5%	1%
	Après 2000*	Standard	87%	86%	1%
		BT à partir de 1996	89.5%	89.5%	1%
	1996 - 2000	condensation	92.5	98%	1%
	Après 2000*				

**Tableau 73 : chaudières gaz et fioul – valeurs par défaut  $R_{Pn}$ ,  $R_{Pint}$  et  $Q_{p0}$**

\* les valeurs de la base ATITA peuvent être utilisées

Remarques :

$R_{Pn}$  est donné pour une température de 70°C , (l'équation 19 s'applique telle qu'elle)

$R_{Pint}$  est donné pour une température de 50°C , (l'équation 20 s'applique en considérant  $a = 50^\circ\text{C}$  et  $a =$  )

$Q_{p0}$  sont données pour écart de température de 30°C (l'équation 19 s'applique telle qu'elle)

**chaudières bois, générateurs d'air chaud, radiateurs gaz, tubes et panneaux radiants**

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 :

$$R_{Pn} = A + B \cdot \text{Log } P_n \quad \text{Eq 264}$$

$$R_{Pint} = C + D \cdot \text{Log } P_n \quad \text{Eq 265}$$

$$Q_{p0} = P_n \cdot (E + F \cdot \text{Log } P_n)/100 \quad \text{Eq 266}$$

$$P_{cir.g} = G + H \cdot P_n \quad \text{Eq 267}$$

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 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			

## 136/!Especificación de carácter no válida

Tb C E 2009

<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 74 : paramètres pour valeurs par défaut rendements  $R_{Pnr}$   $R_{Pint}$**

Les cases en grisé correspondent à des produits pour lesquels ces valeurs ne sont pas nécessaires.

	E	F
<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 demontée en température &lt;45 mn</b>	1,7	0
<b>Autres accumulateurs gaz</b>	1,5	0

**Tableau 75 : paramètres pour valeurs par défaut des Pertes à charge nulle**

	G (W)	H (W/kW)
<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>Accumulateurs gaz</b>	0	0

**Tableau 76 : paramètres pour valeurs par défaut puissances d'auxiliaires de génération**

Dans le cas des chaudières au gaz ou au fioul, les équations Eq 264 à Eq 267 sont valables pour une puissance nominale inférieure ou égale à 400 kW. On conservera les valeurs pour  $P_n = 400$  kW si  $P_n > 400$  kW.

137/**Especificación de carácter no  
válida**

TR 05 2009

Pour les générateurs d'air chaud, ces équations sont valables pour une 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 une puissance nominale inférieure ou égale à 70 kW. On conservera les valeurs pour  $P_n = 70$  kW si  $P_n > 70$  kW.

#### 1.1.4 LES GENERATEURS ELECTRIQUES

##### ***générateurs à effet joule direct pour le chauffage***

Pour les appareils de chauffage par effet joule direct, c'est-à-dire sans fluide intermédiaire, ce qui est le cas des convecteurs, des planchers chauffants, des plafonds chauffants (etc.), le rendement annuel moyen de génération pour le chauffage est égal à 1.

##### ***générateurs thermodynamiques pour le chauffage et le refroidissement***

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.

##### **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 :

$$C_{CH} = \text{Besoins}_{CHAUD} / \text{COP}_{\text{corrigé}} \quad \text{Eq 268}$$

$$C_{\text{aux\_CH}} = \text{Besoins}_{CHAUD} / \text{COP}_{\text{aux}} \quad \text{Eq 269}$$

$$C_{\text{aux\_gene\_CH}} = P_{\text{aux\_gene\_CH}} * C_{\text{marche\_CH}} \quad \text{Eq 270}$$

$$C_{\text{att\_CH}} = P_{\text{résiduelle\_CH}} * C_{\text{attente\_CH}} \quad \text{Eq 271}$$

Avec :

$C_{CH}$  : consommation horaire de la génération de chaleur en énergie finale [kWh]

$C_{\text{AUX\_CH}}$  : consommation horaire des auxiliaires du coté 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 coté 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,

139/!Especificación de carácter no  
válida

TR C E 2009

$C_{\text{attente\_CH}}$  : est égal à 1 si les Besoins<sub>CHAUD</sub> = 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 :

$$COP_{\text{corrigé}} = COP_{\text{nom}} * C_{\text{COP}} \quad \text{Eq 272}$$

Avec :

$COP_{\text{nom}}$  : 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.

$C_{\text{COP}}$  : coefficient de correction conventionnel.

Le coefficient  $COP_{\text{nom}}$  prend une des valeurs suivantes :

- valeur déclarée par le fabricant  $COP_{\text{nomdec}}$   $Cop_{\text{nom}} = 0,9 COP_{\text{nomdec}}$
- valeur certifiée  $COP_{\text{nom}}$  certifié peut être utilisé.

## 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 :

$$C_{FR} = \text{Besoins}_{\text{FROID}} / \text{EER}_{\text{corrigé}} \quad \text{Eq 273}$$

$$C_{\text{aux\_FR}} = \text{Besoins}_{\text{FROID}} / \text{EER}_{\text{aux}} \quad \text{Eq 274}$$

$$C_{\text{aux\_gene\_FR}} = P_{\text{aux\_gene\_FR}} * C_{\text{marche\_FR}} \quad \text{Eq 275}$$

$$C_{\text{att\_FR}} = P_{\text{résiduelle\_FR}} * C_{\text{attente\_FR}} \quad \text{Eq 276}$$

Avec :

$C_{FR}$  : consommation horaire du générateur de froid en énergie finale [kWh],

$C_{\text{AUX\_FR}}$  : consommation horaire des auxiliaires du coté extérieur du générateur de froid en énergie finale [kWh],

$C_{\text{aux\_gene\_FR}}$  : consommation horaire des auxiliaires internes de la machine non comptés dans le  $\text{EER}_{\text{nom}}$  en énergie finale [kWh],

$C_{\text{Att\_FR}}$  : 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,

$P_{\text{aux\_gene\_FR}}$  : puissance électrique des auxiliaires internes de la machine non comptés dans le  $\text{EER}_{\text{nom}}$  [kW],

$P_{\text{résiduelle\_FR}}$  : puissance électrique résiduelle de la génération de froid en attente [kW],

$C_{\text{marche\_FR}}$  : est égal à 1 si les  $\text{Besoins}_{\text{FROID}} > 0$  et si fonctionnement en mode froid,  
Est égal à 0 sinon,

$C_{\text{attente\_FR}}$  : 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.

# 141/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

Ainsi :

$$EER_{\text{corrigé}} = EER_{\text{nom}} * C_{\text{EER}} \quad \text{Eq 277}$$

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.

$C_{\text{EER}}$  : 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.

**Coefficient de correction conventionnels CEER et CCOP**

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, Cregul,
- l'effet d'une loi d'eau, Cloi\_eau,
- l'effet de la température de l'air extérieur ou de l'eau coté extérieur sur la performance, Cair\_ext\_eau.

$$C_{EER} = C_{regul\_FR} * Cloi\_eau\_FR * Cair\_ext\_eau\_FR \tag{Eq 278}$$

$$C_{COP} = C_{regul\_CH} * Cloi\_eau\_CH * Cair\_ext\_eau\_CH \tag{Eq 279}$$

- 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 :

Type de régulation	Type d'émetteur	
	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

**Tableau 77 : Coefficient de correction pour la régulation Cregul\_FR et Cregul\_CH**

- Effet d'une loi d'eau

Une loi d'eau a pour effet d'augmenter la performance des systèmes :

Loi d'eau	1,05
Pas de loi d'eau (valeur par défaut)	1

**Tableau 78 : Coefficient de correction pour une loi d'eau Cloi\_eau\_FR et Cloi\_eau\_CH**

- Effet de la température de l'air extérieur ou de l'eau

Les coefficients Cair\_ext\_eau\_FR et Cair\_ext\_eau\_CH 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 79 ci-dessous sont généralisés aux machines à compression quelle que soit l'énergie consommée.

Mode	Côté extérieur	Côté intérieur	Impact air ext, eau ext	Possibilité de loi d'eau
<b>Chaud</b>	Air extérieur Air rejeté Air rejeté	Air recyclé Air recyclé Air	Cair_ext_eau_CH* * 1 1.1	Non Non Non
	Air extérieur Air rejeté	Eau VCV Eau VCV	Cair_ext_eau_CH* *	Oui Oui
	Air extérieur Air rejeté	Eau plancher Eau plancher	Cair_ext_eau_CH* *	Oui Oui
	Eau Boucle d'eau	Air recyclé Air recyclé	1 1.05	Non Non
	Eau Eau glycolée Capteurs	Eau VCV Eau VCVr	1 1.1	Oui Oui
	Eau glycolée Capteurs enterrés	Eau plancher Eau plancher	1 1.1	Oui Oui
	Sol Sol	Eau VCV Eau plancher	1.1 1.1	Oui oui
	Sol	sol	1.1	Non
<b>Froid</b>	Air extérieur Air rejeté Air rejeté	Air recyclé Air recyclé Air	1.1 1 0.9	Non Non Non
	Air extérieur	Eau VCV	1.1	Oui
	Air extérieur	Eau plancher	1.1	Oui
	Eau Boucle d'eau	Air recyclé Air recyclé	1 1.05	Non Non
	Eau Eau glycolée Capteurs	Eau VCV Eau VCVr	1 1	Oui Oui
	Eau glycolée Capteurs enterrés	Eau plancher Eau plancher	1 1	Oui Oui
	Sol	Air recyclé	1.1	Non

**Tableau 79 : coefficients de correction conventionnels pour les machines à compression**

\*\* : La valeur de Cair\_ext\_eau\_CH est donné au § 0 qui suit

**Machines à absorption**

Mode	Côté extérieur	Côté intérieur	Impact air ext, eau	Possibilité de loi d'eau
<b>chaud</b>	Air extérieur	Eau VCV	Cair_ext_eau_CH*	Oui
	Air extérieur	Eau plancher	Cair_ext_eau_CH*	Oui
	eau Eau glycolée (capteurs enterrés)	Eau VCV Eau VCV	1 1.1	Oui Oui
	Air extérieur Eau glycolée (capteurs enterrés)	Eau plancher Eau plancher	1 1	Oui Oui
<b>Froid</b>	Air extérieur	Eau VCV	1.1	Oui
	Air extérieur	Eau plancher	1.1	non
	eau Eau glycolée (capteurs enterrés)	Eau VCV Eau VCV	1 1	Oui Oui
	Air extérieur Eau glycolée (capteurs enterrés)	Eau plancher Eau plancher	1 1	Oui Oui

**Tableau 80 : coefficients de correction conventionnels pour les machines à absorption**

\*\* : La valeur de Cair\_ext\_eau\_CH est donné au § 0 qui suit

Nota : dans le Tableau 79 et Tableau 80 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 <sub>COP</sub>	C <sub>EER</sub>
Machines à compression	Cregul_CH = 0,85 Cloi_eau_CH = 1 Cair_ext_eau_CH = 1	Cregul_FR = 0,85 Cloi_eau_FR = 1 Cair_ext_eau_FR = 0,9
Machines à absorption gaz	Cregul_CH = 0,85 Cloi_eau_CH = 1 Cair_ext_eau_CH = 1	Cregul_FR = 0,85 Cloi_eau_FR = 1 Cair_ext_eau_FR = 1

**Tableau 81 : valeurs par défaut des coefficients de correction**

**Détermination du coefficient  $C_{air\_ext\_eau\_CH}$  pour les machines sur air extérieur en mode chaud ( cf Tableau 79 et Tableau 80 ci-dessus)**

De même que pour les autres machines, le  $COP_{corrigé}$  est une valeur annuelle moyenne.

Comme la performance des machines sur air extérieur dépend de la température de l'air extérieur et afin d'aboutir à une valeur moyenne annuelle du  $COP_{corrigé}$ , le coefficient  $C_{air\_ext\_eau\_CH}$  est alors donné en valeur annuelle moyenne. Pour sa détermination, on procède en deux étapes :

1 - Calcul de la performance en fonction de la température extérieure :  $COP_{\theta_e}$

2 - Calcul du coefficient  $C_{air\_ext\_eau\_CH}$  en valeur moyenne annuelle

**Calcul de la performance en fonction de la température extérieure :  $COP_{\theta_e}$**

Le  $COP_{\theta_e}$  est calculé comme suit :

$$COP_{+3} = 0,96 \cdot \left[ \frac{(COP_{+7} - COP_{-7,degiv})}{14} \cdot (3 - 7) + COP_{+7} \right] \quad \text{Eq 280}$$

Au-delà de 7°C :

$$COP_{\theta_e} = \frac{(COP_{+7} - COP_{-7,ss degiv})}{14} \cdot (\theta_e - 7) + COP_{+7} \quad \text{Eq 281}$$

de 3°C à 7°C :

$$COP_{\theta_e} = \frac{(COP_{+7} - COP_3)}{4} \cdot (\theta_e - 7) + COP_{+7} \quad \text{Eq 282}$$

en dessous de 3°C :

$$COP_{\theta_e} = \frac{(COP_{+3} - COP_{-7,degiv})}{10} \cdot (\theta_e + 7) + COP_{-7,degiv} \quad \text{Eq 283}$$

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 :

$$COP_{-7,ssdegiv} = COP_{-7,degiv} \cdot 0,93 \quad \text{Eq 284}$$

Si les performances à -7 °C sont inconnues, on peut appliquer les valeurs par défaut suivantes :

$$COP_{-7,ssdegiv} = 0,80 \cdot COP_{+7} \quad \text{Eq 285}$$

$$COP_{-7,degiv} = 0,93 \cdot COP_{-7,ssdegiv} \quad \text{Eq 286}$$

**Calcul du coefficient Cair\_ext\_eau\_CH en valeur moyenne anuelle**

$$Cair\_ext\_eau\_CH = \frac{\sum_{\theta_e} COP_{\theta_e} * coeff_{\theta_e}}{COP_{nom}} \quad \text{Eq 287}$$

Les coefficients de pondération  $coeff_{\theta_e}$  sont donnés dans le Tableau 82 qui suit, on considère pour  $\theta_e$  la valeur de milieu de plage :

Plages de variation de $\theta_e$	[-5 - 2.5[	[-2.5 0[	[0 2.5[	[2.5 5[	[5 7.5[	[7.5 10[	[10 12.5[	[12.5 15[
Zone H1	0.03	0.05	0.20	0.26	0.24	0.13	0.07	0.02
Zone H2	0.00	0.05	0.06	0.17	0.29	0.27	0.13	0.03
Zone H3	0.00	0.00	0.00	0.06	0.20	0.41	0.26	0.07

**Tableau 82 : valeurs conventionnelles du coefficient de pondération  $coeff_{\theta_e}$**

## **Effet des auxiliaires**

### **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.

### **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,

## 148/!Especificación de carácter no válida

TR C E 2009

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.

### **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.

### **Méthode de caractérisation**

#### **Coté machine**

Les auxiliaires non affectés au déplacement des mediums 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  $C_{aux\_gene\_CH}$ .

#### **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.

#### **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 :

#### **Erreur ! Signet non défini.**

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 machine à compression gaz.

$Pt = Pp + P_{tour}$

$Pp$  : 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  $EER_{aux}$  :

$$EER_{aux} = Pf / Pt$$

La consommation est alors égale à :

## 150/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2008

$$C_{aux\_FR} = \Sigma \text{Besoins}_{\text{FROID}} / EER_{aux} \quad \text{Eq 288}$$

En admettant que la puissance électrique du système de refroidissement soit liée à la puissance à évacuer, on pose :

$$P_t = \alpha P_r$$

$$P_t = \alpha (P_f + P_c * \eta)$$

L'efficacité devient alors :

$$EER_{aux} = P_f / (\alpha (P_f + P_c * \eta))$$

Eq 289

$$EER_{aux} = EER_{\text{corrigé}} / (\alpha (EER_{\text{corrigé}} + \eta))$$

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

$$EER_{aux} = EER_{\text{corrigé}} / (\alpha (EER_{\text{corrigé}} + \eta))$$

Eq 290

En mode chaud

$$COP_{aux} = COP_{\text{corrigé}} / (\alpha (COP_{\text{corrigé}} - \eta))$$

Eq 291

### 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.

### les générateurs stockeurs

On considère ici les générateurs qui assurent la production et le stockage en même temps . Il sont généralement destinés à la production d'ECS

On traite ici :

- Les accumulateurs gaz
- Les chauffe eau électriques à accumulation

#### 1.1.5 LES ACCUMULATEURS GAZ

Ce générateur est destiné à la production et au stockage de l'ECS

on calcule :

- un rendement 'globale' conventionnel annuel moyen de génération d'ECS . Ce rendement global prend en compte l'efficacité du générateur et les pertes de stockage
- La consommation d'énergie des auxiliaires de génération
- Les pertes récupérées du générateur et des auxiliaires de génération

#### **Caractéristiques des accumulateurs**

Les caractéristiques des accumulateurs sont les suivantes :

	<b>Unité ou possibilités</b>	<b>Norme de référence</b>
Débit calorifique nominal P <sub>n</sub>	kW	EN89
Volume de stockage V <sub>s</sub>	l	EN89
Rendement sur PCI R <sub>Pn</sub>	%	EN89
Puissance d'entretien C <sub>e</sub>	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 83 : Caractéristiques des accumulateurs gaz**

#### **Calcul du rendement conventionnel annuel moyen global de génération pour l'ECS**

Le calcul du rendement conventionnel annuel moyen 'global' de génération pour l'ECS est basé sur la prise en compte conventionnelle des pertes de génération et des pertes de stockage

#### **Efficacité du générateur**

On utilise la même démarche que pour les générateurs à combustion, le rendement de génération conventionnel annuel moyen pour l'ECS est calculé selon les mêmes formules ( par Eq 252 et Eq 253 précédemment décrites) dans lesquelles on prend en compte en plus les pertes de stockage.

#### **pertes de stockage**

152/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

On calcule les pertes de stockage  $Q_{g,w}$  (en kW) à partir des pertes d'entretien  $C_e$  :

$$Q_{g,w} = 10^{-3} \cdot C_e \quad \text{Eq 292}$$

La puissance d'entretien  $C_e$  est donnée dans le tableau qui suit :

	<b>puissance d'entretien en W : <math>C_e</math></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 84 : puissance d'entretien des accumulateurs gaz**

**expression du rendement conventionnel annuel moyen' global' de génération pour l'ECS**

Le rendement conventionnel annuel moyen de génération d'ECS a pour expression :

- **Si le générateur n'est pas maintenu en température :**

$$R_{conv_{ECS}} = 1 / (1/R_{Pn} + (\text{durecs} - \text{durvac}) Q_{p0} + Q_{g,w} (8760 - \text{durvac}) / (E_{f_{gen-ECS}} + (8760 - \text{Durecs} - \text{Durvac}) P_{veil} / E_{f_{gen-ECS}})) \quad \text{Eq 293}$$

- **Si le générateur est maintenu en température :**

$$R_{conv_{ECS}} = 1 / (1/R_{Pn} + (8760 - \text{durvac}) Q_{p0} + Q_{g,w} (8760 - \text{durvac}) / (E_{f_{gen-ECS}} + (8760 - \text{Durecs} - \text{durvac}) P_{veil} / E_{f_{gen-ECS}})) \quad \text{Eq 294}$$

$R_{Pn}$  : rendement à 100% de charge

$E_{f_{gen-ECS}}$  est l'énergie annuelle à fournir par le générateur pour l'ECS

durecs : nombre annuel d'heures de fonctionnement de l'ECS

durvac : nombre annuel d'heures de vacances

$P_{veil}$  : puissance de la veilleuse (kW)

**calcul des pertes récupérées**

**pertes par les parois du générateur**

Comme pour les générateurs à combustion, seules les pertes par les parois des générateurs situés en volume chauffé sont considérées comme récupérables . On utilise Eq 258 pour le calcul des pertes par les parois

On considère que 48% des pertes par le parois sont récupérées (60% des pertes par les parois sont récupérables avec un taux de récupération de 80%) sur une durée

$D_{par\_recupere\_GS}$

$$D_{par\_recupere\_GS} = \min(8760 - \text{durvac}; \frac{E_{f_{gen-ECS}}}{P_n}) \quad \text{Eq 295}$$

## 153/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

$$Q_{\text{par\_recupere\_GS}} = 0.48 \cdot Q_{\text{par}} \cdot D_{\text{par\_recupere\_GS}} \quad \text{Eq 296}$$

### **perdes de stockage**

Les pertes de stockage sont calculées selon Eq 292 en utilisant les valeurs de  $C_e$  du Tableau 84

Pour les générateurs stockeurs situés en volume chauffé, on considère que 48% des pertes de stockage sont récupérées (60% des pertes de stockage sont récupérables avec un taux de récupération de 80%) sur une durée  $D_{g,w\_recupere\_GS} = 8760$ -durvac

$$Q_{g,w\_rec\_GS} = 0.48 \cdot Q_{g,w} \cdot D_{g,w\_recupere\_GS} \quad \text{Eq 297}$$

### **perdes des auxiliaires de génération**

Les pertes récupérées des auxiliaires de génération sont calculées de la même manière que les générateurs à combustion :

$$Q_{\text{cir.g\_recupere\_GS}} = 0,48 Q_{\text{cir.g\_GS}} \quad \text{Eq 298}$$

Avec

$Q_{\text{cir.g\_GS}}$  : consommation des auxiliaires de génération pour les générateurs stockeurs Eq 300 ci-dessous)

### **Total des pertes récupérées de la génération**

Le total des pertes récupérés pour les générateurs stockeurs est la somme de la part récupérée des auxiliaires , des pertes par les parois et des pertes de stockage

$$Q_{g\_rec\_GS} = Q_{\text{cir.g\_recupere\_GS}} + Q_{\text{par\_recupere\_GS}} + Q_{g,w\_recupere\_GS} \quad \text{Eq 299}$$

Elles sont calculées annuellement et se déduisent de l'énergie à fournir pour le chauffage

### **calcul de la consommation des auxiliaires de génération**

La consommation des auxiliaires de génération pour les générateurs stockeurs est considérée proportionnelle à l'énergie à fournir pour l'ECS

$$Q_{\text{cir.g\_GS}} = (E_{f_{gen-ECS}}/P_n) * P_{\text{cir.g}}/1000 \quad \text{Eq 300}$$

Avec

$E_{f_{gen-ECS}}$  : énergie à fournir par le générateur pour l'ECS ( kWh)

$P_n$  : puissance nominale du générateur kW

$P_{\text{cir.g}}$  : Puissance du circulateur en W

### **Valeurs par défaut**

Le Tableau 85 qui suit donne les valeurs par défaut du rendement à 100% de charge et de la puissance de la veilleuse pour le accumulateurs gaz en fonction de leur ancienneté

Ancienneté	Type	R <sub>pn</sub> (rendement à 100% de charge) En %	Pveil (Puissance de la veilleuse) W
Avant 1989	Classique	81%	200
1990 - 2000		84%	150
Après 2000		84%	150
1996-2000	A condensation	98%	150
Après 2000			

**Tableau 85 : valeurs par défaut de R<sub>pn</sub> et de Pveil pour les accumulateurs Gaz**

### 1.1.6 CHAUFFE EAU ELECTRIQUE A ACCUMULATION

Ce générateur est destiné à la production et au stockage de l'ECS

Le rendement conventionnel annuel moyen de génération vaut 1

on calcule pour ce générateur stockeur :

- les pertes de stockage
- Les pertes récupérées

#### **Calcul des pertes de stockage**

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 86 : Valeurs par défaut des pertes Q<sub>p,r</sub> en kWh/jour**

La constante de refroidissement est calculée par la formule suivante :

$$Cr = 1000 (Q_{pr} / (45 V)) \quad \text{Eq 301}$$

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.

le calcul des pertes Q<sub>Pr</sub> se calcule ainsi :

$$Q_{pr} = (Cr * V * 45) / 1000 \quad \text{Eq 302}$$

#### **Calcul des pertes récupérées**

155/**Especificación de carácter no  
válida**

TR C E 2008

On considère que 48% des pertes de stockage sont récupérées (60% des pertes par de stockage sont récupérables avec un taux de récupération de 80%)

### les éléments de stockage

On traite ici les ballons de stockage d'eau chaude sanitaire

Cette partie permet de calculer :

les pertes de stockage,

Les pertes de stockage récupérées

Les pertes des ballons d'un volume inférieur à 10 l sont négligées.

#### 1.1.7 CARACTERISTIQUES DES BALLONS DE STOCKAGE ( BALLONS DE PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE PAR ACCUMULATION )

Les ballons d'ECS dissociés de la production ne sont pas caractérisés. Les valeurs de Cr 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 87 : Valeurs par défaut des constantes de refroidissement, Cr**

#### 1.1.8 PERTES BRUTES DE STOCKAGE

Les pertes d'un ballon s'expriment (en W) par :

$$Q_{g,w} = V_s \cdot C_r \cdot (\theta_{ecs} - \theta_{amb}) / 24. \quad \text{Eq 303}$$

avec :

$V_s$  = volume de stockage (l)

$C_r$  = 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)

#### 1.1.9 PERTES RECUPEREE

On considère que 48% des pertes brutes de stockage sont récupérées ( 60% des pertes brutes sont récupérables avec un taux de récupération de 80%)

$$Q_{g,w\_recupere} = 0.48 \cdot Q_{g,w} \quad \text{Eq 304}$$

En W

$Q_{g,w,r}$  résulte de Eq 303

Ces pertes récupérées sont calculées annuellement , elles se déduisent de l'énergie totale annuelle à fournir pour le chauffage

## génération de chaleur et de refroidissement par transfert de chaleur et de froid

### 1.1.10 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.

#### 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.

#### Calcul des pertes

Les pertes liées à la station d'échange sont calculées par la formule suivante :

$$Q_{ss} = H_{ss} \cdot (\theta_{ss} - \theta_{amb}) \quad \text{Eq 305}$$

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 §iError! No se encuentra el origen de la referencia.).

$$H_{ss} = B_{ss} \cdot (P_{Ess}/1000)^{(1/3)} \quad \text{Eq 306}$$

où :

$B_{ss}$  est un coefficient qui dépend du type de réseau et de l'isolation des composants.  $B_{ss}$  est donné au Tableau 89,

$P_{Ess}$  est la puissance d'échange de la chaufferie dans les conditions nominales, en kW.

$$\theta_{ss} = D_{ss} \cdot \theta_{prs} + (1 - D_{ss}) \theta_{wh,ss} \quad \text{Eq 307}$$

où :

$D_{ss}$  est un coefficient qui dépend du type de réseau.  $D_{ss}$  est donné au Tableau 88 : Température primaire et coefficient  $D_{ss}$  en fonction du type d'échangeur,

$\theta_{prs}$  est la température au primaire de l'échangeur qui est donnée au Tableau 88 : Température primaire et coefficient  $D_{ss}$  en fonction du type d'échangeur,

$\theta_{wh,ss}$  est la température de l'eau au secondaire de l'échangeur qui est calculée comme si on avait un générateur

Type de réseau	Température primaire $\theta_{prs}$ °C	$D_{ss}$
Eau chaude basse température	105	0,6

158/!Especificación de carácter no  
válida

Th C E 2008

Eau chaude haute température	150	0,4
Vapeur basse pression	110	0,5
Vapeur haute pression	180	0,4

**Tableau 88 : Température primaire et coefficient  $D_{ss}$  en fonction du type d'échangeur**

		Classe d'isolation des composants de la sous station selon le EN ISO 12828			
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 89 : Coefficient  $B_{ss}$  en fonction du type d'isolation et de la catégorie d'isolation**

***Consommation des auxiliaires***

Les consommations sont prises conventionnellement nulles.

**1.1.11 RESEAU DE FROID**

Les pertes liées à la station d'échange sont négligées.

Les consommations des auxiliaires sont prises conventionnellement nulles.

## 160/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

### **génération et stockage de chaleur par les systèmes 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.

#### **1.1.12 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.

#### **1.1.13 STRUCTURE DE CALCUL**

Les calculs passent par les étapes suivantes :

**161/!Especificación de carácter no válida**

T.E.C. 2008

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.

**1.1.14 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

162/!Especificación de carácter no  
válida

TR 05 2008

$\eta_0$	rendement optique d'un capteur solaire	-
$\eta_p$	efficacité de la boucle de captage	-

**Tableau 90**

### 1.1.15 CARACTERISATION DES PRODUITS

#### **Capteurs solaires**

La caractéristiques est la superficie A (m<sup>2</sup>), le rendement optique  $\eta_0$ , les coefficients de pertes a1 (W/(m<sup>2</sup>.K)) et a2 (W/m<sup>2</sup>.K<sup>2</sup>) selon la norme NF EN 12975-2.

A est la superficie d'entrée ou la superficie hors tout, en cohérence avec les autres paramètres.

Dans ce qui suit on négligera le coefficient de pertes du second ordre a<sub>2</sub> et on n'utilisera que les valeurs  $\eta_0$  et a<sub>1</sub>. Si l'on ne connaît que B et K on assimilera  $\eta_0$  à B et a<sub>1</sub> à K.

Si on ne connaît pas les caractéristiques thermiques du capteur, on adopte les valeurs par défaut pénalisantes suivantes :

$$\eta_0 = 0,6,$$

$$a_1 = 10 \quad \text{W/(m}^2\text{K)} \quad (\text{capteur vitré})$$
$$a_1 = 30 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad (\text{capteur non vitré}),$$

ces valeurs étant rapportées à la superficie hors tout.

#### **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 superficie de capteurs A (m<sup>2</sup>) et le volume de stockage nominal V<sub>n</sub> (litres).

Les caractéristiques thermiques sont :

la superficie de captage équivalente AB $\eta_p$ , la masse en eau M (kg), le coefficient de pertes de captage K/B (W/(m<sup>2</sup>.K)) et le coefficient de pertes de stockage D<sub>n</sub> (W/K) selon les résultats d'essais pris en compte dans l'Avis technique,

ou la superficie de captage équivalente A<sub>c</sub>\* (m<sup>2</sup>), la capacité de stockage CS (MJ/K), le coefficient de pertes de captage U<sub>c</sub>\* (W/(m<sup>2</sup>.K)) et le coefficient de pertes de stockage U<sub>s</sub> (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 :

$$A_c^* = AB\eta_p ; C_s = M.c_p \quad (\text{avec } c_p = 0,00418 \text{ MJ/kg.K}) ; U_c^* = K/B ; U_s = D_n$$

Si on ne connaît pas les caractéristiques thermiques du chauffe-eau, mais seulement la superficie de capteurs A (m<sup>2</sup>) et le volume de stockage nominal V<sub>n</sub> (litres), on adopte les valeurs forfaitaires pénalisantes suivantes :

$$A_c^* = 0,4 A \quad [\text{m}^2]$$

$$U_c^* = 17 + 8/A \quad [\text{W/(m}^2\text{.K)}]$$

### **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 :

$$UA = C_r \cdot V_n / 24 \quad [W/K]$$

**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 87 : Valeurs par défaut des constantes de refroidissement,  $C_r$**

).

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 :

$$f_{aux} = x \cdot V_{ap} / V_n \quad [-]$$

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).

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.

### **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.

### 1.1.16 EXPRESSION DE LA COUVERTURE SOLAIRE

#### Formule générale

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 0.  
 $a, b, c, d, e$  et  $f$  sont des coefficients dépendant du type de stockage comme indiqué dans le tableau suivant :

Coefficient	Stockage à eau	Plancher solaire
<b>A</b>	<b>1,029</b>	<b>0.863</b>
<b>B</b>	<b>-0,065</b>	<b>-0.147</b>
<b>C</b>	<b>-0,245</b>	<b>-0.263</b>
<b>D</b>	<b>0,0018</b>	<b>0.008</b>
<b>E</b>	<b>0,0215</b>	<b>0.029</b>
<b>F</b>	<b>0</b>	<b>0.025</b>

**Tableau 91**

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 :

$$X = A_c^* \cdot U_c^* \cdot \Delta T \cdot t_{mois} \cdot c_{OS} / Q \quad [-]$$

$$Y = A_c^* \cdot I_{SC} \cdot t_{mois} / Q \quad [-]$$

Dans les autres cas :

$$X = A \cdot U_c \cdot \eta_p \cdot \Delta T \cdot t_{mois} \cdot c_{OS} / Q \quad [-]$$

$$Y = A \cdot \eta_0 \cdot \eta_p \cdot I_{SC} \cdot t_{mois} / Q \quad [-]$$

Dans les formules qui précèdent,  $t_{mois}$  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 §0.

Les paramètres A,  $\eta_0$ ,  $A^*$  et  $U_c^*$  sont des caractéristiques des produits définis au §1.1.15.

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.

Le calcul du taux de couverture solaire tient compte des pertes de génération du système solaire.

<sup>2</sup> formule empruntée à la méthode f-chart

### ***cas d'un système combiné (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 0 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.

$$P_{arch} = Q_{ch} / (Q_{ch} + Q_{ecs}) \quad [-]$$

$$P_{arecs} = Q_{ecs} / (Q_{ch} + Q_{ecs}) \quad [-]$$

### ***Expression des paramètres***

#### **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. §0).

#### **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 §0), 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. § 0).

### 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.

### 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 §iError! No se encuentra el origen de la referencia. et §iError! No se encuentra el origen de la referencia.).

$Q_{ch}$  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.

### 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 :

$$V_S = C_S / \rho_w \cdot c_p \quad [\text{litres}]$$

où  $\rho_w$  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 :

**168/!Especificación de carácter no válida**

Tb C E 2009

$$c_{OS} = (55 \cdot A / A_p)^{0,03} [-]$$

A et  $A_p$  étant respectivement la superficie de capteurs et la superficie du plancher solaire.

**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 92 : 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  $c_w = 0,94$ .

**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 :

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

**169/!Especificación de carácter no válida**

Tb C E 2009

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 93 : Valeurs mensuelles de l'ensoleillement corrigé sur des capteurs vitrés inclinés à 45 °et orientés vers le sud (W/m<sup>2</sup>)**

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 ° (sud = 0°) et que la hauteur moyenne des obstacles sur l'horizon soit inférieure à 20°.

Pour toutes les autres configurations, on ne tient pas compte du système solaire dans les calculs du coefficient C.

**1.1.17 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.

**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 :

$$Q_{dwsa} = 0,05 F_{ecs} \cdot Q_{ecs} \quad [Wh]$$

**Installation d'eau chaude solaire collective à appoint centralisé**

On prend :  $Q_{dwsa} = 0,02 F_{ecs} \cdot Q_{ecs}$  si la tuyauterie est isolée, [Wh]

$Q_{dwsa} = 0,05 F_{ecs} \cdot Q_{ecs}$  si la tuyauterie n'est pas isolée. [Wh]

**Installation d'eau chaude solaire collective à 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

$$Q_{dwsa} = 0,25 F_{ecs} \cdot Q_{ecs} \quad \text{si la tuyauterie est isolée, [Wh]}$$

$Q_{dwsa} = 0,4 F_{ecs} \cdot Q_{ecs}$  si la tuyauterie n'est pas isolée. [Wh]

### 1.1.18 PERTES DE STOCKAGE DE L'APPOINT

#### **Appoint centralisé (installation collective d'eau chaude sanitaire)**

Les pertes de stockage sont calculées comme au §iError! No se encuentra el origen de la referencia..

Appoint individuel (installation d'eau chaude sanitaire)

Si l'appoint est séparé, les pertes de stockage sont calculées comme au §iError! No se encuentra el origen de la referencia. 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 :

si  $F_{ecs} < 0,75$  :  $c_a = 1$  [-]

si  $F_{ecs} \geq 0,75$  :  $c_a = 4 (1 - F_{ecs})$  [-]

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  $f_{aux}$  (cf.0).

On note que le calcul du coefficient minorateur n'intervient pas dans le calcul de la récupération de chaleur pour le chauffage.

#### **Pertes récupérables 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.

#### **Consommation de l'appoint**

$C_{app\_ECS} = (Q_{ecs} + Q_{dwsa}) \cdot (1 - F_{ECS}) + Q_{gw\_app} \cdot C_{nbjocc}$

$Q_{gw\_app}$  étant les pertes du stockage d'appoint §0.

$C_{nbjocc}$  est le ratio du nombre mensuel de jours occupés au nombre total de jours du mois.

### 1.1.19 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  $P_{ax}$  est la puissance consommée par le circulateur ou les pompes, exprimée en W, la consommation des auxiliaires de l'installation solaire a pour valeur :

$C_{ax} = P_{ax} \cdot D_{fonc}$  [Wh]

La durée de fonctionnement  $D_{fonc}$  est donnée par la formule suivante :

$D_{fonc} = D_{ens} \cdot \min [ 1 ; ( Q_{ch} + Q_{ecs} ) / ( I_{sc} \cdot A \cdot 0,4 \cdot t_{mois} ) ]$  [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 %).**

**171/!Especificación de carácter no válida**

Tb C E 2009

	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 94 : 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  $m^2$ .

Si  $A = 0 m^2$  alors  $P_{ax} = 0 W$ . Cette valeur est utilisée pour le calcul des consommations des auxiliaires dans le cas de la référence.

**1.1.20 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 95 : références normatives**

### installation solaire photovoltaïque

#### 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.

#### 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.

#### méthode 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>.

#### 1.1.21 ENERGIE INCIDENTE $H_i$

**173/!Especificación de carácter no válida**

Tb C E 2009

La détermination de l'énergie incidente annuelle (mensuelle) dans le plan des modules est donnée par la formule :

$$H_i = H_{hor,zone} \cdot FT$$

Avec :

$H_{hor,zone}$  : 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  $H_{hor,zone}$ , 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 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 :

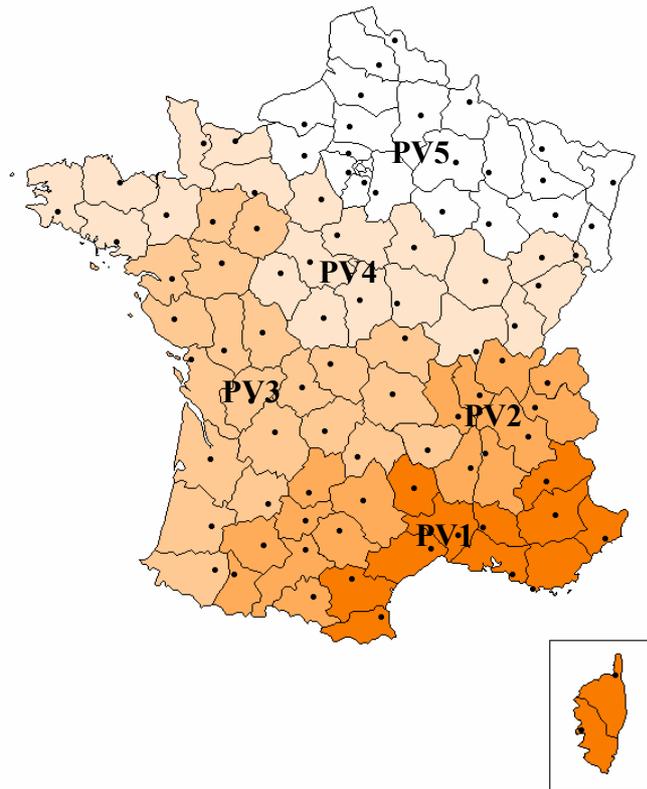
$$FT = H_{i,inclinaison, orientation} / H_{i,horizontal,sud}$$

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 96 : Valeurs de  $H_{hor,zone}$**

174/!Especificación de carácter no válida

Th 05/03/2009



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 97 : Valeurs de FT**

**1.1.22 PUISSANCE CRETE P0**

La valeur de la puissance crête  $P_0$  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  $P_0$  est obtenue sous des Conditions de Test "Standard" (STC) :  $T_{ref} = 25 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ ,  $G_{ref} = 1000 \text{ W/m}^2$  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  $P_0$  indiquée sur le procès verbal,

On ne dispose pas d'un tel procès verbal.  $P_0$  est calculé en multipliant la valeur de  $R_s$  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	$R_s$ [Wc/m <sup>2</sup> ]
Mono cristallin	125
Multi cristallin	115
Silicium Amorphe	55
Couches Minces	35

**Tableau 98 : Valeurs par défaut de la puissance crête par m<sup>2</sup>**

$$P_0 = R_s \times S$$

### 1.1.23 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 99 : Valeurs de  $R_p$**

### 1.1.24 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>Tableau 1</i>	<i>selon</i> 1350.0	1500.0	1050.0
FT <i>Tableau 2</i>	<i>selon</i> 1.10	0.77	1.01
Hi [kWh/m <sup>2</sup> /an] <i>Equation 2</i>	<i>selon</i> 1485.0	1155.0	1060.5

177/!Especificación de carácter no  
válida

TH-C-E-2009

Rp <i>Tableau 4</i>	<i>selon</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] <i>Equation 1</i>	<i>selon</i>	1143.5	9240.0	17498.3
A <sub>pv</sub> [m <sup>2</sup> ] <i>Equation 6</i>	<i>selon</i>	8.80	86.96	400.00

**Tableau 100**

**178/!Especificación de carácter no  
válida**

T E C N O L O G Í A

**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 62124	Photovoltaic stand-alone systems – Design qualification and type approval
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 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
<b>IEC 61646 Ed. 1.0</b>	<b>Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval</b>
IEC 61345 Ed. 1.0	UV test for photovoltaic (PV) modules
<b>IEC 61215 Ed. 1.0</b>	<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

**Tableau 101 : normes de l'industrie photovoltaïque**

## Méthode TH-E

### Introduction

La méthode Th-Eex 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 « ??? ».

### Méthode 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).

#### 1.1.25 CALCUL SUR LA JOURNÉE CHAUDE DE RÉFÉRENCE

##### *Transmittances thermiques*

La transmittance des parois est identique à celle prise en compte dans la méthode Th-CEex.

##### *Détermination de la température opérative hors effet séquentiel*

Le calcul est identique à celui de la méthode Th-CEex.

#### 1.1.26 CORRECTION POUR L'EFFET SÉQUENTIEL

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 :

$$H = H_{th} + H_{es} + H_{ei} \quad \text{comme calculé en Th-CEex}$$

#### 1.1.27 CALCUL DE T<sub>IC</sub>

Dans le résidentiel, Tic est la valeur maximale des températures 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 6.

# 180/!Especificación de carácter no válida

Tb C E 2008

## Données climatiques

### 1.1.28 TEMPERATURE ET HYGROMETRIE

#### 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		Eseq	Tqm	Eq	wm	Jour chaud de base (dépassé 5 jours/été)	
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	

**181/!Especificación de carácter no válida**

Th-C-E-2009

	Intérieur	3	26	8	10
--	-----------	---	----	---	----

**Tableau 102 : 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.

**Correction d'altitude**

Elle est identique à celle prise en compte dans la méthode Th-C.

**Valeurs horaires 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 103 : Valeurs de C(h)**

**1.1.29 RAYONNEMENT SOLAIRE ET RAYONNEMENT FROID VERS LA VOUTE CELESTE**

**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.

		Zones H1a, H1b, H2a, H2b sauf les départements 16 et 17			zones H1c, H2c, H2d, H3 et les départements 16 et 17		
heures		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

182/!Especificación de carácter no  
válida

Th C E 2009

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 104 : Rayonnements solaires et froids conventionnels**

La valeur conventionnelle de l'albédo est de 0,2.

### **Rayonnements sur les parois non protégées**

Le calcul est conduit comme dans §0.

#### **1.1.30 VITESSE DU VENT**

La valeur conventionnelle utilisée est 1m/s.

#### **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.

#### **Calcul des débits de renouvellement d'air**

##### **1.1.31 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.

Calcul du débit d'air dû à l'ouverture des fenêtres et des ouvrants spécifiques

Pour une heure donnée, le débit est calculé comme suit :

$$q_{vouvete}(h) = 1800 A_{ouvete}(h) R_{ouvete}(h-1) ((C_{ntte} + 0,0035 H_{ttf} \text{ abs}(\theta_{ei} - \theta_{i}))^{0.5})$$

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.

$C_{ntte}$  : coefficient de prise en compte de l'aspect traversant (TE) non traversant (NTE) pour l'été.

Traversant	0.01
Non traversant	0.001

**Tableau 105 : Valeur de Ctnte**

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.

Httf : 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, Httf 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.

$\theta_{ei}$  : température de l'air extérieur,

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

**1.1.32 CALCUL DE LA SURFACE LIBRE EN OUVERTURE MANUELLE**

Aouvete est la surface libre d'ouverture disponible pour les baies (fenêtres ou ouvrant spécifiques).

$$A_{ouvete}(h) = \sum b_{Cpr}(b, h) R_{ouvmax} A_{baie}$$

Pour chaque baie, ou groupe de baies :

Abaie est la surface de la baie comptée en tableau,

Rouvmax = valeur conventionnelle de ratio ouverture maximale / surface en tableau,

Cpr(b,h) est un coefficient prenant en compte la plage horaire et l'exposition au bruit.

**Résidentiel et Hébergement hors Etablissements sanitaires**

On applique les valeurs suivantes :

$$R_{ouvmax} = 0.7$$

Cpr(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 106 : Valeurs des coefficients Cpr(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.

**Autres bâtiments**

185/!Especificación de carácter no  
válida

Th C E 2008

Rouvmax = 0.3

Cpr(b,h) est défini dans le tableau suivant :

	inoccupation	occupation
BR1	0	1
BR 2-3	0	1

**Tableau 107 : Valeurs des coefficients Cpr(b,h) en non résidentiel**

186/!Especificación de carácter no  
válida

Th-C-E-2008

Les valeurs conventionnelles de Cntte 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 108 : Valeurs conventionnelles de Cntte**

**1.1.33 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

**1.1.34 SURVENTILATION POUR LE CONFORT D'ETE**

Le débit effectif  $q_{vsurvete}$  est calculé comme suit :

$$q_{vsurvete}(h) = R_{survete}(h) q_{vsurvetedis}$$

$R_{survete}$  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  $\theta_{i_{min}} = 20$  °C et  $\theta_{i_{max}} = 24$  °C.

Pour  $\theta_i < \theta_{i_{min}}$ ,  $R_{survete} = 0$ .

Pour  $\theta > \theta_{i_{max}}$ ,  $R_{survete} = 1$ .

La détermination de  $R_{survete}$  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.

$q_{vsurvetedis}$  ( $m^3/h$ ) 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.

Ce débit est appliqué conventionnellement de 22h00 à 8h00 en heure légale.

### **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

### **Conventions de calcul et valeurs par défaut**

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.

#### **1.1.35 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.

#### **1.1.36 CARACTERISATION DU SITE**

##### ***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

##### ***Masques lointains***

L'angle  $ang_{mi}$  sous lequel le masque est vu est égal à 20°.

#### **1.1.37 CARACTERISATION DU GROUPE**

##### ***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.

##### ***Valeurs par défaut pour les masques***

On considère par défaut qu'il n'y a pas de masques proches.

##### ***Orientations et inclinaisons pour les baies***

L'orientation et l'inclinaison des baies sont identiques à celles de la méthode Th-C.

### ***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.

### ***Ventilation par ouverture des fenêtres***

H<sub>ttf</sub> est toujours calculé suivant le paragraphe 21.5.2.

### ***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

### 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.

### SYSTEMES A DEBIT VARIABLE

#### 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			
Incliner et moteur à 2 vitesses	0,7	1	1
Registre avec ventilateur à action	0,8	1	1
autres	1	1	1

190/**Especificación de carácter no  
válida**

TR C E 2008

On applique la même règle au soufflage et à la reprise.

## 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  $C_{dep} = 1$ .

### VMC auto réglable

$$P_{ventmoy} = ( (Dugd \ P_{vent}[1.1 \ Q_{vpointe}] + (168-Dugd) \ P_{vent}[1.1 \ Q_{vbase}] ) ) / 168$$

Avec: Dugd : durée d'utilisation en grand débit cuisine en h par semaine (Th-C paragraphe 8.2.3.1 tableau 17)

$Q_v$  pointe : somme des grands débits

$Q_v$  base : somme des débits de base

### VMC hygro réglable

$$P_{ventmoy} = ( (Dugd/Ratfois) \ P_{vent}[1.1 \ Q_{vmax}] + (168-(Dugd/Ratfois)) \ P_{vent}[1.1 \ Q_{vrep}] ) ) / 168$$

Avec

Dugd: durée d'utilisation en grand débit cuisine (Th-C paragraphe 8.2.3.1 tableau 17)

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.

$Q_{vmax}$  : débit max pour le dimensionnement du ventilateur selon l'avis Technique

$Q_{vrep}$  : défini en Avis Technique Cd non inclus

## MAISONS INDIVIDUELLES

### VMC auto réglable

$$P_{ventmoy} = ((Dugd \ P_{vent} \ C_{fres} \ Q_{vpointe}] + (168-Dugd) \ P_{vent} \ C_{fres} \ Q_{vbase}]))/168$$

Avec :

$Q_v$  pointe : grand débit

$Q_v$  base: débit de base

### VMC hygro réglable

$$P_{ventmoy} = ((Dugd \ P_{vent} \ C_{fres} \ Q_{vmax}] + (168-Dugd) \ P_{vent}[C_{fres} \ Q_{vrep}]))/168$$

Avec

$Q_v$  max : débit max défini en Avis Technique

$Q_{vrep}$  : défini en Avis Technique Cd non inclus

## Annexe B Calcul des systèmes d'émission composite

### 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

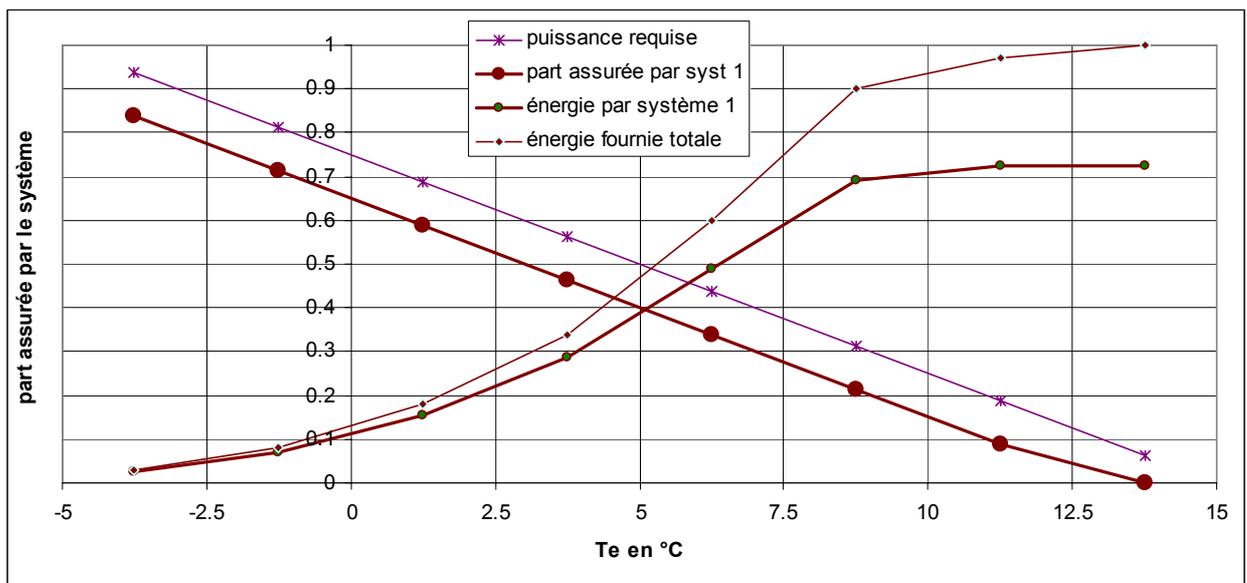
La part assurée par le système 1 est obtenue par application des coefficients de pondération suivants :

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 :

### 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
---	-----	-----	-----	-----

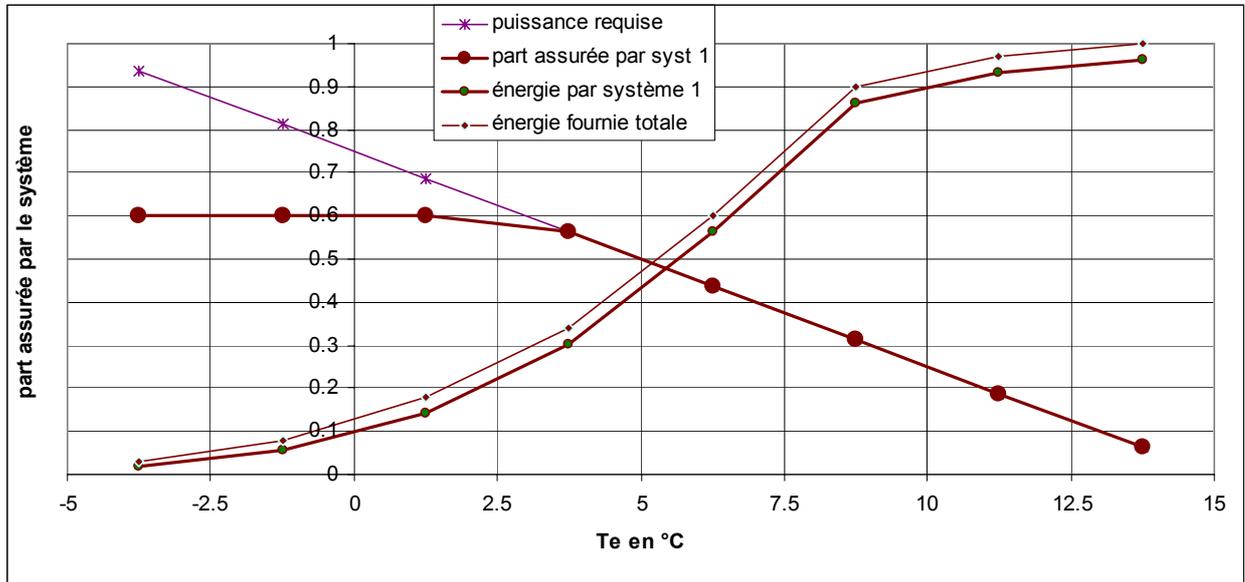
## 193/!Especificación de carácter no válida

Th C E 2009

Part d'énergie apporté par le système 1	0,72	0,72	0,69	0,57
---	------	------	------	------

### 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

### SYSTEME ALTERNE

On applique simplement les coefficients de pondération cumulées en fonction de la température extérieure pour laquelle le système 1 est arrêté.

limites de classe 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
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.

### VALEURS PAR DEFAUT

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

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

$R_{at_{em1}}$  = ratio d'énergie fourni par le système 1

	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	0,5 à 0,6	

194/!Especificación de carácter no  
válida

Th C E 2008

				0,7		
Rat <sub>em1</sub>	0,72	0,69	1	0,96	0,92	0,6