

## Annexe IX : MÉTHODE PER POUR LES UNITES PEB HABITATIONS INDIVIDUELLES

### Table des matières

1	Références normatives .....	6
2	Définitions .....	7
3	Symboles, abréviations et indices .....	8
3.1	Symboles et abréviations .....	8
3.2	Indices .....	11
4	Structure de la méthode .....	16
5	Schématisation de l'unité PEB habitation individuelle .....	17
6	Niveau de consommation d'énergie primaire .....	19
7	Besoins nets en énergie pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire ...	20
7.1	Principe .....	20
7.2	Besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage des locaux par secteur énergétique .....	20
7.3	Besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire .....	22
7.4	Déperditions de chaleur mensuelles par transmission et ventilation .....	24
7.4.1	Principe .....	24
7.4.2	Règle de calcul .....	24
7.5	Gains de chaleur mensuels par ensoleillement et par production interne de chaleur .....	24
7.6	Taux d'utilisation des gains de chaleur mensuels .....	25
7.7	Coefficient de transfert thermique par transmission .....	27
7.7.1	Principe .....	27
7.7.2	Règle de calcul .....	27
7.8	Coefficient de transfert thermique par ventilation .....	29
7.8.1	Principe .....	29
7.8.2	Règle de calcul .....	29
7.8.3	Coefficient de déperdition de chaleur par in/exfiltration .....	31
7.8.4	Coefficient de déperdition de chaleur par ventilation hygiénique .....	33
7.8.5	Coefficient de déperdition de chaleur par surventilation .....	35
7.8.6	Coefficient de déperdition de chaleur par ventilation par l'ouverture manuelle des parties ouvrantes .....	35

7.9	Gains de chaleur internes mensuels .....	37
7.9.1	Principe.....	37
7.9.2	Règle de calcul.....	37
7.10	Gains solaires mensuels .....	38
7.10.1	Principe.....	38
7.10.2	Règle de calcul.....	38
7.10.3	Gains solaires par une fenêtre.....	39
7.10.4	Gains solaires par un système d'énergie solaire passive non ventilé	43
8	Indicateur du risque de surchauffe et refroidissement .....	46
8.1	Principe .....	46
8.2	Détermination de l'indicateur du risque de surchauffe .....	47
8.3	Probabilité conventionnelle que du refroidissement actif soit installé.....	49
8.4	Fraction du temps que la température dépasse les 25°C .....	49
8.5	Refroidissement .....	50
9	Besoins bruts en énergie pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire	53
9.1	Préambule .....	53
9.2	Besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage: .....	54
9.2.1	Principe.....	54
9.2.2	Rendement mensuel moyen du système.....	56
9.3	Besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire: .....	59
9.3.1	Principe.....	59
9.3.2	Rendement du système pour l'eau chaude sanitaire.....	60
10	Consommation finale d'énergie pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et le refroidissement.....	63
10.1	Préambule .....	63
10.2	Consommation finale mensuelle d'énergie pour le chauffage des locaux	64
10.2.1	Principe.....	64
10.2.2	Règle de calcul.....	64
10.2.3	Rendement de production pour le chauffage des locaux et l'humidification .....	67
10.3	Consommation finale mensuelle d'énergie pour l'eau chaude sanitaire .....	76
10.3.1	Principe.....	76
10.3.2	Règle de calcul.....	76

10.3.3	Rendement de production pour l'eau chaude sanitaire.....	77
10.4	Contribution énergétique utile mensuelle d'un système d'énergie solaire thermique.....	79
10.4.1	Chauffage des locaux et eau chaude sanitaire.....	80
10.4.2	Eau chaude sanitaire.....	82
10.5	Consommation d'énergie mensuelle équivalente pour le refroidissement.....	83
11	Consommation mensuelle d'énergie des auxiliaires.....	83
11.1	Consommation mensuelle d'énergie pour les fonctions auxiliaires.....	83
11.1.1	Principe.....	83
11.1.2	Règle de calcul pour la consommation d'énergie électrique des auxiliaires pour le chauffage des locaux.....	83
11.1.3	Règle de calcul de la consommation d'énergie des veilleuses...	85
11.2	Consommation mensuelle d'électricité des ventilateurs.....	85
11.2.1	Principe.....	85
11.2.2	Ventilateurs qui servent uniquement pour une ventilation hygiénique.....	86
11.2.3	Ventilateurs qui servent au chauffage par air (en combinaison ou non avec une ventilation hygiénique).....	88
11.3	Consommation mensuelle d'électricité pour le pré- refroidissement de l'alimentation en air.....	91
11.3.1	Consommation mensuelle d'électricité de l'échangeur sol-eau...	91
11.3.2	Consommation mensuelle d'électricité pour le refroidissement par évaporation.....	92
12	Production mensuelle d'électricité de systèmes d'énergie solaire photovoltaïque et de cogénération sur site.....	93
12.1	Systèmes d'énergie solaire photovoltaïque.....	93
12.1.1	Principe.....	93
12.1.2	Règle de calcul.....	93
12.1.3	Facteur de correction pour l'ombrage.....	94
12.2	Cogénération.....	94
12.2.1	Principe.....	94
12.2.2	Production d'électricité.....	95
13	Consommation d'énergie primaire.....	96
13.1	Préambule.....	96
13.2	La consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire.....	96
13.3	La consommation d'énergie primaire pour le chauffage des locaux	97

13.4	La consommation d'énergie primaire pour la préparation d'eau chaude sanitaire .....	97
13.5	La consommation d'énergie primaire des auxiliaires .....	98
13.6	La consommation équivalente d'énergie primaire pour le refroidissement .....	99
13.7	L'économie d'énergie primaire des systèmes d'énergie solaire photovoltaïque sur site .....	99
13.8	L'économie d'énergie primaire résultant de la production d'électricité d'une installation de cogénération sur site .....	100
Annexe A	Traitement des espaces adjacents non chauffés .....	101
Annexe B	Le débit de ventilation hygiénique .....	103
B.1	Détermination du facteur de multiplication $m_{sec\ i}$ pour le débit .....	103
B.1.1	Ventilation naturelle.....	103
B.1.2	Ventilation mécanique simple flux par insufflation.....	106
B.1.3	Ventilation mécanique simple flux par extraction.....	109
B.1.4	Ventilation mécanique double flux.....	112
B.2	Facteur de réduction pour préchauffage .....	113
B.3	Prérefroidissement de l'air de ventilation .....	117
B.3.1	Règle de calcul.....	117
B.3.2	Échangeur de chaleur sol-eau.....	118
B.3.3	Refroidissement par évaporation.....	123
Annexe C	L'ensoleillement mensuel .....	125
C.1	Introduction .....	125
C.2	Schématisation de l'ombrage .....	125
C.3	Ensoleillement mensuel d'un plan non ombragé .....	128
C.4	Ensoleillement mensuel d'un plan ombragé .....	132
C.4.1	Pour un angle d'obstruction $\alpha_h \leq 60^\circ$ .....	132
C.4.2	Pour un angle d'obstruction $\alpha_h > 60^\circ$ .....	133
Annexe D	Le rendement d'émission .....	147
D.1	Temps de fonctionnement conventionnel du système d'émission de chaleur .....	147
D.2	Température moyenne de l'eau dans le circuit d'émission .....	148
D.3	Radiateurs .....	149
D.4	Chauffage par le sol .....	150
D.5	Chauffage mural .....	152
Annexe E	Les déperditions de distribution .....	154
E.1	Rendement de distribution .....	154
E.2	Les déperditions de chaleur du réseau de distribution de chaleur ..	155

E.3	Détermination de la résistance thermique linéaire .....	156
E.3.1	Conduites et gaines rondes.....	157
E.3.2	Gainés rectangulaires.....	157
E.3.3	Conduites souterraines.....	158
Annexe F	Rapport du pouvoir calorifique inférieur sur le pouvoir calorifique supérieur de différents combustibles.....	159
Annexe G	Détermination du rendement thermique d'un récupérateur de chaleur	160
G.1	Mesurage .....	160
G.2	Calcul .....	161

## **Avant-propos**

La présente annexe PER décrit la méthode de détermination du niveau de consommation d'énergie primaire (niveau E) d'un bâtiment résidentiel. Le niveau E tient compte à la fois du bâtiment et des installations de chauffage, de ventilation, d'eau chaude sanitaire, de refroidissement ainsi que de l'utilisation d'une énergie durable. Cette combinaison de possibilités constructives, de choix au niveau des techniques d'installation et de production d'énergie durable permet à l'auteur de projet d'adopter les moyens les plus appropriés pour satisfaire aux exigences imposées.

Le ministre peut définir des spécifications complémentaires pour déterminer l'impact des atrias ou des doubles façades ventilées sur les performances énergétiques d'une unité PEB.

## **1 Références normatives**

Les annexes PER, PEN, U/R et NC de cet arrêté font référence aux normes suivantes. Seule la version de norme portant la date mentionnée est d'application, à moins que le ministre ne signale explicitement son remplacement par une autre version.

ARI Standard 560:2000	Absorption water chilling and water heating packages (ARI: Air-Conditioning and Refrigeration Institute)
ISO 15099:2003	Thermal performance of windows, doors and shading devices - Detailed calculations
NBN D 50-001:1991	Dispositifs de ventilation dans les bâtiments d'habitation
NBN EN 308:1997	Heat exchangers - Test procedures for establishing performance of air to air and flue gases heat recovery devices
NBN EN 410:2011	Glass in building - Determination of luminous and solar characteristics of glazing
NBN EN 1027:2000	Windows and doors - Watertightness - Test method
NBN EN 12309-2:2000	Gas-fired absorption and adsorption air-conditioning and/or heat pump appliances with a net heat input not exceeding 70 kW - Part 2: Rational use of energy
NBN EN 13141-1:2004	Ventilation for buildings - Performance testing of components/products for residential ventilation - Part 1: Externally and internally mounted air transfer devices.
NBN EN 13363-1:2007	Solar protection devices combined with glazing. Calculation of solar and light transmittance - Part 1: Simplified method

NBN EN 13363-2:2005	Solar protection devices combined with glazing - Calculation of solar and light transmittance - Part 2: Detailed calculation method
NBN EN 13829:2001	Thermal performance of buildings - Determination of air permeability of buildings - Fan pressurization method
NBN EN 14134:2004	Ventilation for buildings - Performance testing and installation checks of residential ventilation systems
NBN EN 14511:2011	Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps with electrically driven compressors for space heating and cooling
NBN EN 15251:2007	Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics
NBN EN 60034-1: 2010	Rotating electrical machines - Part 1: Rating and performance
NBN EN 60904-1:2007	Photovoltaic devices - Part 1: measurement of photovoltaic current-voltage characteristics.
NBN EN ISO 10211:2008	Thermal bridges in building construction - Heat flows and surface temperatures - Detailed calculations
NBN EN ISO 12241:1998	Thermal insulation for building equipment and industrial installations - Calculation rules
NBN EN ISO 13789:2008	Thermal performance of buildings - Transmission and ventilation heat transfer coefficients - Calculation method
NBN EN ISO 13790:2004	Thermal performance of buildings - Calculation of energy use for heating (supersedes EN 832)
NBN EN ISO 14683:2008	Thermal bridges in building construction - Linear thermal transmittance - Simplified methods and default values

## 2 Définitions

- **Chauffage central:** installation de chauffage où un fluide caloporteur transporte la chaleur produite à plus d'un espace de l'unité PEB.
- **Chauffage collectif:** installation destinée au chauffage de plus d'une unité PEB.
- **Chauffage local:** installation de chauffage où la chaleur est émise dans l'espace où elle est produite.

- **Coefficient de performance (COP)** : rapport entre la puissance de chauffe et la puissance absorbée d'une pompe à chaleur (coefficient of performance).
- **Cogénération** production combinée d'électricité et de chaleur.
- **Facteur de performance saisonnier** : rapport entre la chaleur fournie et l'énergie consommée par une pompe à chaleur pendant une période déterminée.
- **Perméabilité caractéristique à l'air**: débit d'air pour une différence de pression de 50 Pa.
- **Puissance électrique maximale d'un moteur électrique** (ou d'une combinaison moteur électrique - ventilateur) : c'est la puissance électrique maximale que le moteur électrique (ou la combinaison moteur électrique - ventilateur) peut absorber en régime continu, y compris le cas échéant tous les éléments auxiliaires. La puissance électrique est dès lors mesurée à hauteur de l'alimentation du réseau. Le régime continu est défini dans la norme NBN EN 60034-1 (Duty type S1).
- **Rendement à pleine charge**: rendement de production d'une installation de production de chaleur à la puissance nominale.
- **Secteur énergétique**: ensemble d'espaces du volume protégé qui doivent :
  - appartenir à la même zone de ventilation
  - être dotés du même type de système d'émission de chaleur (à moins que, dans le cas de chauffage central, l'on calcule avec le rendement d'émission le plus mauvais)
  - et être chauffés par le même appareil producteur de chaleur (ou, le cas échéant, la même combinaison d'appareils producteurs de chaleur).
- **Taux d'utilisation des gains de chaleur**: fraction des gains de chaleur procurés par l'ensoleillement et les sources internes, qui réduit les besoins nets en énergie pour le chauffage du volume protégé.
- **Zone de ventilation**: partie fermée d'une unité PEB, dotée d'un système indépendant de ventilation.

### 3 Symboles, abréviations et indices

#### 3.1 Symboles et abréviations

Sym	Signification	Unités
bol		
e		
A	aire (projetée)	m <sup>2</sup>
A	air	

B	largeur	m
B	fluide antigel (brine)	
C	compacité	m
C	capacité thermique effective	J/K
COP	coefficient de performance d'une pompe à chaleur (coefficient of performance)	-
E	consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire	MJ
E	niveau de la consommation d'énergie primaire	-
F	facteur (de réduction)	-
EAn	espace adjacent non chauffé	
C		
EER	efficacité frigorifique (energy efficiency ratio)	-
H	coefficient de transfert thermique	W/K
I	ensoleillement	MJ/m <sup>2</sup>
I	indicateur (pour la surchauffe)	Kh
P	périmètre	m
P	puissance	W
P	pression	Pa
Q	quantité de chaleur ou d'énergie	MJ
R	résistance thermique	m <sup>2</sup> .K/W
RF	facteur de réduction	-
SPF	coefficient de performance saisonnière	-
U	Tension	V
U	coefficient de transmission thermique	W/(m <sup>2</sup> .K)
V	Volume	m <sup>3</sup>
$\dot{V}$	débit d'air, débit de ventilation	m <sup>3</sup> /h
W	quantité d'électricité	kWh

W	eau	
a	coefficient, paramètre numérique, facteur d'utilisation	-
b	coefficient, paramètre numérique	-
c	facteur de correction	-
c	chaleur spécifique	J/ (kg.K)
c	coefficient	-
d	épaisseur	m
f	facteur	-
g	facteur solaire	-
h	hauteur	m
l	longueur	m
m	facteur de multiplication	-
m	mensuel	-
n	taux de ventilation	h <sup>-1</sup>
q	flux de chaleur	W/m <sup>2</sup>
q	débit volumique	m <sup>3</sup> /h
r	facteur de réduction, facteur de correction	-
t	temps, pas de temps	s
z	profondeur	m
$\alpha$	coefficient d'absorption	-
$\alpha_h$	angle d'obstacle	degrés
$\alpha_v$	angles de saillie	degrés
$\alpha_{sL}$ , $\alpha_s$		
R		
$\gamma$	rapport gains-déperditions	-
$\eta$	rendement	-

$\lambda$	rapport gains-déperditions, conductivité thermique	- , W/(m.K)
$\omega$	angle horaire	degrés
$\theta$	température	°C
$\Phi$	flux de chaleur, puissance	W
$\rho$	masse volumique	kg/m <sup>3</sup>
$\tau$	constante de temps	s
$\psi$	coefficient de transmission thermique linéaire	W/(m.K)
$\chi$	angle d'incidence	degrés
$\chi$	coefficient de transmission thermique ponctuelle	W/K

### 3.2 Indices

< signifie : dérivé de

a	année	k	nombre ordinal
abs	en absence	kitchen	cuisine
adj	réglage (<adjustment)	L	déperditions de chaleur (transmission + ventilation) (< loss)
AHU	caisson de traitement d'air (< air handling unit)	l	linéaire
al	couche d'air	leak	fuite, défaut d'étanchéité
all	tous	light	éclairage
ann	annuel	m	nombre
anni h	annihilation	m	mensuel (sur base mensuelle)
app	appareil	max	maximal
arti f	artificiel	meas	mesuré
arti f	zone d'éclairage	mech	mécanique

area	artificiel		
as	Système d'énergie solaire active (< active solar)	min	minimal
aux	(énergie) auxiliaire	mod	modulant
ave	moyen	n	nombre
b	eau dans chaudière	nat	naturel
bath	salle de bains	NVC	pouvoir calorifique inférieur
bf	sous-sol	net	net
boiler	chaudière	night	nuit
bw	mur de cave	nom	nominal
c	protection solaire	npref	non préférentiel
calc	calculé	on	sous tension
char	caractéristique	oper	en service
circ	circulation, conduite de circulation	out	hors tension
cogen	cogénération	over	surventilation
cons	consommation	overh	surchauffe (< overheating)
cons truc tion s	parois de la surface de déperdition	p	panneau
cool	refroidissement		
ctrl	contrôle	p	primaire
cw	mur-rideau	pref	préférentiel

D	vers air extérieur et eau	preh	préchauffage
D	porte	pres	présent
day	jour	prim	primaire
dayl	lumière du jour	ps	système d'énergie solaire passive
dayl area	zone de lumière du jour	pumps	pompes
def	par défaut	pv	photovoltaïque (< photovoltaic)
dema nd	demande en énergie	r	rayonnement
dept h	profondeur	rad	radiateur
desi gn	conception	real	réel
dh	fourniture de chaleur externe (<district heating)	red, reduc	réduction
dif	diffus	ref	référence
dir	direct	refl	réflexion
dist r	distribution	req	exigé
duct	gaine	return	retour
e	extérieur, externe	rm	(par) espace
eb	température extérieure de base	RTO (OAR)	bouche d'alimentation réglable
eff	effectif	s	soleil, ensoleillement
elec	électrique	s	par le sol (< soil)
em	émission (<	se	flux de chaleur sortant de la construction

	emission)		
En	énergie	sec	secteur énergétique
PER	'volume PER'	setpoint	Point de consigne
equi v	équivalent		
exce ss	excédentaire	sh+wh	chauffage de l'air ambiant et de l'eau (< space heating + water heating)
Exh	bouche d'évacuation	shad	ombragé (< shaded)
extr	extraction	si	flux de chaleur entrant dans la construction
f	plancher (< floor)	sink	évier
F	profilé de fenêtre (< frame)	stack	gaine d'extraction
fan( s)	ventilateur(s)	stor	stockage
final	consommation finale	supply	amenée, insuflation
fitt ing	armature	switch	commutation
flow	débit	sys	système (d'installation)
fl.h	chauffage par le sol	T	transmission
g	vitrage (< glazing)	t	transparent
g	gains (de chaleur) (< gain)	test	en conditions d'essai
g	sol (<ground)	th	thermique
GCV	pouvoir calorifique supérieur (<gross calorific	thresh	valeur de seuil (< threshold)

	value)		
gen	production	tubing	tuyauterie
gros s	brut	U	espace adjacent non chauffé (< unheated)
h	rayonnement hémisphérique	unshad	non ombragé (< unshaded)
heat	chauffage (de l'espace)	util	utilisation
hr	récupération de chaleur (heat recovery)	V	ventilation
hor	horizontal	vent	ventilation
HP	pompe à chaleur (< heat pump)	vert	vertical
hors had	ombrage par l'horizon (< horizon shading)	w	fenêtre (< window)
hum	humidification	wall	façade
hyg	hygiénique		
i	interne, ordinal	wall.h	chauffage mural
i	partie opaque	water	eau chaude sanitaire
in	entrant	wC	avec protection solaire (< with curtain)
in/e xfil t	in/exfiltratio n	well	source
inst al	installé	woC	sans protection solaire (< without curtain)
int	intérieur	win	fenêtres ouvrantes
insu l	isolation (< insulation)	ws	combinaison fenêtre & volet

j        nombre ordinal    x            vide sanitaire ou cave

junc Nœuds                    z            nombre ordinal

tion constructifs

s

#### 4 Structure de la méthode

La détermination de la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire et du niveau de consommation d'énergie primaire (niveau E) s'effectue en plusieurs étapes.

Dans une première étape, on calcule les besoins énergétiques mensuels nets pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. Ce calcul fait intervenir les déperditions par transmission, les déperditions par ventilation, les gains solaires, les gains de chaleur internes et la consommation d'eau chaude sanitaire. Les risques de surchauffe font l'objet d'un contrôle séparé.

Dans une deuxième étape, les besoins énergétiques mensuels nets pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire sont convertis en besoins énergétiques mensuels bruts. Cette conversion s'effectue en divisant les besoins nets par le rendement de système, respectivement de l'installation de chauffage et de l'installation d'eau chaude sanitaire.

Dans une troisième étape, on détermine la consommation (finale) mensuelle d'énergie pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. Pour ce faire, on soustrait, le cas échéant, l'apport énergétique mensuel d'un système d'énergie solaire thermique des besoins bruts en énergie pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. La différence ainsi obtenue est divisée par le rendement de production de l'installation de production de chaleur. Par ailleurs, on calcule aussi la consommation (finale) mensuelle d'énergie pour les fonctions auxiliaires et on détermine la consommation (finale) mensuelle d'énergie équivalente pour le refroidissement. Si de l'électricité est produite dans le bâtiment à l'aide d'un système d'énergie solaire photovoltaïque ou par cogénération, on calcule la production d'électricité caractéristique mensuelle.

Dans une quatrième étape, on calcule la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire. Pour ce faire, on commence par multiplier chacune des consommations finales mensuelles d'énergie (pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et les fonctions auxiliaires) par le facteur de conversion pour l'énergie primaire de la source d'énergie correspondante pour obtenir les consommations d'énergie primaires mensuelles. En ce qui concerne l'électricité auto produite, on calcule l'économie d'énergie primaire réalisée dans les centrales électriques en effectuant la multiplication par le facteur de conversion d'application. On additionne ensuite les consommations caractéristiques mensuelles d'énergie primaire sur les 12 mois de l'année, moins l'économie caractéristique mensuelle d'énergie primaire procurée par l'électricité auto produite.

Dans une cinquième étape, on calcule, sur la base de la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire, du volume protégé et de

l'aire à travers laquelle se produisent des déperditions par transmission ( $A_{T,E}$ ), le niveau de consommation d'énergie primaire (niveau E).

A différentes étapes des calculs, on a le choix entre une 'approche simple' et un 'calcul plus détaillé'. L'approche simple repose sur des valeurs par défaut. Le calcul détaillé nécessite des données d'entrée supplémentaires et la fourniture d'informations par les entreprises.

## **5 Schématisation de l'unité PEB habitation individuelle**

Le volume protégé de l'unité PEB est subdivisé en zones de ventilation et secteurs énergétiques d'après les règles ci-dessous.

Les systèmes de ventilation sont subdivisés en 4 types différents (voir également les annexes VHR et VHN au présent arrêté):

- ventilation naturelle,
- ventilation mécanique simple flux par insufflation,
- ventilation mécanique simple flux par extraction,
- ventilation mécanique double flux.

Si des installations de ventilation indépendantes sont présentes dans différentes parties fermées de l'unité PEB, de type différent selon la subdivision ci-dessus, chacune de ces parties constitue une zone de ventilation.

Un secteur énergétique ne peut pas s'étendre sur différentes zones de ventilation. Il y a donc toujours au moins autant de secteurs énergétiques que de zones de ventilation.

Si on applique un chauffage local (par exemple chauffage à résistance électrique) dans un espace et que des éléments d'émission de chaleur d'un système de chauffage central y sont également présents, on ne tient pas compte du système de chauffage central présent dans cet espace pour la détermination de la performance énergétique: on s'intéresse uniquement aux caractéristiques du système local. Mais en présence de feux ouverts ou de poêles à bois, c'est quand même le système de chauffage central qui est pris en considération.

Si différents espaces de l'unité PEB sont chauffés de différentes façons de telle sorte que les différents systèmes tombent dans une autre catégorie du Tableau 6, il faut procéder à une subdivision en secteurs énergétiques. Mais cette subdivision n'est pas obligatoire en cas de chauffage central. Dans ce cas, on peut faire les calculs avec le rendement d'émission le plus faible du Tableau 6 dans tout le secteur énergétique et on ne peut plus opter pour la méthode de calcul détaillée selon l'annexe D de ce texte.

Enfin, le fait que plusieurs générateurs de chaleur centraux fournissent séparément de la chaleur à différentes parties de l'unité PEB entraîne en principe une nouvelle subdivision en secteurs énergétiques. Mais cette subdivision n'est pas nécessaire si les générateurs de chaleur ont exactement le même rendement de production

(Les mêmes règles de subdivision s'appliquent également quand chaque partie du bâtiment est chauffée par une combinaison de générateurs de chaleur centraux connectés en parallèle, au lieu d'un seul appareil.)

Il est permis de subdiviser l'unité PEB en un plus grand nombre de secteurs énergétiques, mais ce n'est pas obligatoire. Un plus grand nombre de secteurs énergétiques entraîne généralement davantage de travail de calcul (nécessité de données d'entrée supplémentaires), mais n'influence peu ou pas la valeur calculée de la consommation caractéristique annuelle d'énergie.

Si l'unité PEB contient des espaces qui ne sont pas équipés d'un système d'émission de chaleur, ces espaces doivent être affectés à un secteur énergétique d'un espace adjacent du même étage. Si aucun dispositif d'alimentation en air neuf n'est présent dans l'espace non chauffé considéré mais qu'il y a des dispositifs de transfert d'air montés en intérieur depuis des espaces adjacents (il s'agit par exemple d'un espace de transfert ou d'extraction, ou d'un espace de rangement), on affecte l'espace aux secteurs (à 1 des secteurs) énergétique(s) adjacent(s) d'où le local considéré est approvisionné en air fourni.

On détermine la consommation caractéristique annuelle et de référence d'énergie primaire de l'unité PEB selon la présente méthode de détermination.

Pour la détermination de la performance énergétique, on considère que les espaces adjacents situés sur une autre parcelle sont chauffés.

#### **Absence de système de chauffage**

Si l'unité PEB n'est pas chauffée, c.-à-d. si aucun espace de l'unité PEB n'est équipé d'un système d'émission de chaleur, alors par convention il faut considérer dans chaque espace, un chauffage local par convecteur électrique, avec régulation électronique.

## 6 Niveau de consommation d'énergie primaire

Le niveau de consommation d'énergie primaire de l'unité PEB est donné par le rapport entre la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire de l'unité PEB et une valeur de référence, multiplié par 100:

$$E = 100 \frac{E_{\text{char ann prim en cons}}}{E_{\text{char ann prim en cons, ref}}} \quad (-)$$

avec:

$E$	le niveau de consommation d'énergie primaire de l'unité PEB (-);
$E_{\text{char ann prim en cons}}$	la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire de l'unité PEB, calculée selon <a href="#">13.2</a> , en MJ;
$E_{\text{char ann prim en cons, ref}}$	la valeur de référence pour la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire, en MJ.

Le résultat doit être arrondi à l'unité supérieure.

La valeur de référence pour la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire est donnée par :

$$E_{\text{char ann prim en cons, ref}} = a_1 \times A_{T,E} + a_2 \times V_{\text{EPR}} + a_3 \times \dot{V}_{\text{hyg,ref}} \quad (\text{MJ})$$

où:

$a_1, a_2, a_3$	constantes établies dans le texte principal du présent arrêté;
$A_{T,E}$	l'aire totale de toutes les parois qui enveloppent l'unité PEB et à travers lesquelles des déperditions par transmission sont considérées lors de la détermination de la performance énergétique <sup>1</sup> (voir également <a href="#">5</a> ), en m <sup>2</sup> ;
$V_{\text{EPR}}$	le volume total de l'unité PEB, en m <sup>3</sup> ;
$\dot{V}_{\text{hyg,ref}}$	le débit de ventilation hygiénique de référence dans l'unité PEB, en m <sup>3</sup> /h.

On a :

---

<sup>1</sup> Par conséquent, seules les constructions qui constituent la séparation entre l'unité PEB et des espaces adjacents chauffés ne sont pas prises en considération dans les calculs pour la détermination de  $A_{T,E}$ .

$$V_{EPR} = \sum_i V_{seci} \quad (m^3)$$

et

$$\dot{V}_{hygref} = 1.5 [0.2 + 0.5 \exp(-V_{EPRR} / 500)] V_{EPR} \quad (m^3/h)$$

avec:

$V_{sec i}$  le volume du secteur énergétique  $i$ , en  $m^3$ .

Dans l'équation pour  $V_{EPR}$ , il faut faire une sommation sur tous les secteurs énergétiques  $i$  de l'unité PEB.

## 7 Besoins nets en énergie pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire

### 7.1 Principe

Les besoins nets en énergie pour le chauffage sont calculés par secteur énergétique pour tous les mois de l'année. A cette fin, on détermine chaque fois les déperditions mensuelles totales par transmission et par ventilation à une température conventionnelle, ainsi que les gains mensuels totaux par gains de chaleur internes et solaires. On établit ensuite le bilan énergétique mensuel à l'aide du taux d'utilisation des gains de chaleur.

Les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire sont calculés de manière forfaitaire en fonction de l'unité PEB. On peut également tenir compte d'une récupération de chaleur. Seuls les points de consommation suivants sont pris en considération:

- les points de puisage des cuisines;
- la ou les douche(s) et/ou la ou les baignoire(s) dans la ou les salle(s) de bain

Tous les autres points de puisage de l'unité PEB (y compris donc le ou les lavabo(s) dans les salles de bains) ne sont pas pris en considération.

### 7.2 Besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage des locaux par secteur énergétique

On détermine les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage par secteur énergétique comme suit:

- si  $\gamma_{heat,sec i,m}$  est supérieur ou égal à 2.5, on a:

$$Q_{heat,net,seci,m} = 0 \quad [MJ]$$

- si  $\gamma_{heat,sec i,m}$  est inférieur à 2.5, on a:

$$Q_{heat,net,seci,m} = Q_{L,heat,seci,m} - \eta_{util,heat,seci,m} \cdot Q_{g,heat,seci,m} \quad [MJ]$$

avec:

- $\gamma_{heat,sec}$   
 $i,m$  le rapport entre les gains de chaleur mensuels et les déperditions de chaleur mensuelles du secteur énergétique  $i$ , tel que déterminé selon 0 ;
- $Q_{heat,net}$   
 $,sec\ i,m$  les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage du secteur énergétique  $i$ , en MJ;
- $Q_{L,heat,s}$   
 $ec\ i,m$  les déperditions de chaleur mensuelles par transmission et par ventilation du secteur énergétique  $i$ , en MJ, déterminées selon [7.4](#);
- $\eta_{util,hea}$   
 $t,sec\ i,m$  le taux d'utilisation mensuel des gains de chaleur du secteur énergétique  $i$ , déterminé selon [7.6](#);
- $Q_{g,heat,s}$   
 $ec\ i,m$  les gains de chaleur mensuels par ensoleillement et production de chaleur interne dans le secteur énergétique  $i$ , en MJ, déterminés selon [7.5](#).

### 7.3 Besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire

Les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire  $i$  sont donnés par :

$$Q_{water,bath i,net,m} = r_{water,bath i,net} \times f_{bath i} \times \max[64; 64 + 0.220(V_{PER} - 192)] \times t_m \quad (MJ)$$

Les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un évier  $i$  dans une cuisine<sup>2</sup> sont donnés par :

$$Q_{water,sink i,net,m} = r_{water,sink i,net} \times f_{sink i} \times \max[16; 16 + 0.055(V_{PER} - 192)] \times t_m \quad (MJ)$$

avec :

$Q_{water,bath i,net,m}$	les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire $i$ , en MJ;
$Q_{water,sink i,net,m}$	les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un évier de cuisine $i$ , en MJ;
$r_{water,bath i,net}$	un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage de l'amenée d'eau froide vers la douche ou la baignoire $i$ par récupération thermique de l'écoulement, à déterminer selon des règles spécifiées par le ministre (-);
$r_{water,sink i,net}$	un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage de l'amenée d'eau froide vers l'évier de cuisine $i$ grâce à la récupération de chaleur de l'écoulement, à déterminer selon des règles spécifiées par le ministre (-);
$f_{bath i}$	la part de la douche ou de la baignoire $i$ dans les besoins totaux nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire de toutes les douches et de toutes les baignoires de l'unité PEB, tel que déterminé ci-dessous (-);
$f_{sink i}$	la part de l'évier de cuisine $i$ dans les besoins totaux nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire de la (de toutes les) cuisine(s) de l'unité PEB, tel que déterminé ci-dessous (-);
$V_{PER}$	le volume total de l'unité PEB, en m <sup>3</sup> , voir <a href="#">6</a> ;
$t_m$	la longueur du mois considéré en Ms, voir <a href="#">Tableau 1</a> .

---

<sup>2</sup> D'éventuels autres points de puisage d'eau chaude (par exemple pour le lave-vaisselle/lave-linge) ne sont pas pris en considération. Le cas échéant, plusieurs éviers dans 1 cuisine sont considérés séparément.

S'il ne devait y avoir aucune douche ni baignoire dans l'unité PEB<sup>3</sup>, on n'envisage pas de consommation d'eau chaude sanitaire destinée à cette fin. De même, s'il ne devait y avoir aucun évier de cuisine dans l'unité PEB3, on n'envisage pas non plus de consommation d'eau chaude sanitaire destinée à cette fin.

Les parts des différents points de puisage sont déterminées comme suit:

$$f_{\text{bath } i} = 1 / N_{\text{bath}}$$

$$f_{\text{sin k } i} = 1 / N_{\text{sin k}}$$

avec:

- $N_{\text{bath}}$  le nombre total de douches et de baignoires dans le 'volume PER',
- $N_{\text{sin k}}$  le nombre total d'éviers de cuisine dans le 'volume PER'.

**Tableau 1 : Le numéro du jour, la longueur du mois, la température extérieure moyenne et l'ensoleillement total et diffus moyen sur une surface horizontale non ombragée**

Mois	Jour caractéristique	Longueur du mois $t_m$ (Ms)	Température extérieure moyenne du mois $\theta_{e,m}$ (°C)	$I_{s,tot,hor,m}$ (MJ/m <sup>2</sup> )	$I_{s,dif,hor,m}$ (MJ/m <sup>2</sup> )
janvier	15	2.6784	3.2	71.4	51.3
février	46	2.4192	3.9	127.0	82.7
Mars	74	2.6784	5.9	245.5	155.1
Avril	105	2.5920	9.2	371.5	219.2
Mai	135	2.6784	13.3	510.0	293.5
Juin	166	2.5920	16.2	532.4	298.1
juillet	196	2.6784	17.6	517.8	305.8
Août	227	2.6784	17.6	456.4	266.7
septembre	258	2.5920	15.2	326.2	183.6
octobre	288	2.6784	11.2	194.2	118.3
novembre	319	2.5920	6.3	89.6	60.5
décembre	349	2.6784	3.5	54.7	40.2

<sup>3</sup> Par exemple dans le cas d'une extension à laquelle une exigence de performance énergétique est imposée.

## 7.4 Déperditions de chaleur mensuelles par transmission et ventilation

### 7.4.1 Principe

Les déperditions de chaleur mensuelles par transmission dans un secteur énergétique sont obtenues en multipliant le coefficient de transfert thermique par transmission par la longueur du mois considéré et par l'écart entre la température intérieure moyenne et la température extérieure mensuelle moyenne.

Le calcul des déperditions de chaleur mensuelles par ventilation s'effectue de façon similaire.

### 7.4.2 Règle de calcul

On détermine les déperditions de chaleur mensuelles par transmission et par ventilation comme suit:

$$Q_{L,heat,seci,m} = Q_{T,heat,seci,m} + Q_{V,heat,seci,m} \quad (MJ)$$

avec:

$$Q_{T,heat,seci,m} = H_{T,heat,seci} \cdot (18 - \theta_{e,m}) t_m \quad (MJ)$$

$$Q_{V,heat,seci,m} = H_{V,heat,seci} \cdot (18 - \theta_{e,m}) t_m \quad (MJ)$$

et avec:

$Q_{T,heat,sec i,m}$	les déperditions de chaleur mensuelles par transmission du secteur énergétique $i$ , en MJ;
$Q_{V,heat,sec i,m}$	les déperditions de chaleur mensuelles par ventilation du secteur énergétique $i$ , en MJ;
$H_{T,heat,sec i}$	le coefficient de transfert thermique par transmission du secteur énergétique $i$ , en W/K, déterminées selon 7.7;
$H_{V,heat,sec i}$	le coefficient de transfert thermique par ventilation du secteur énergétique $i$ , en W/K, déterminées selon 7.8;
18	la valeur de calcul imposée par la présente annexe pour la température intérieure, en °C;
$\theta_{e,m}$	la température extérieure moyenne mensuelle, en °C, voir <a href="#">tableau 1</a> ;
$t_m$	la longueur du mois considéré, en Ms, voir <a href="#">Tableau 1</a> .

## 7.5 Gains de chaleur mensuels par ensoleillement et par production interne de chaleur

On détermine les gains de chaleur mensuels par ensoleillement et par production interne de chaleur du secteur énergétique  $i$  comme suit:

$$Q_{g,heat,seci,m} = Q_{i,seci,m} + Q_{s,heat,seci,m} \quad (MJ)$$

avec :

- $Q_{i,sec i, m}$  les gains de chaleur mensuels par production interne de chaleur dans le secteur énergétique  $i$ , en MJ, déterminés selon [7.9](#);
- $Q_{s,heat,sec i, m}$  les gains de chaleur mensuels par ensoleillement dans le secteur énergétique  $i$ , in MJ, déterminés selon [7.10](#).

### 7.6 Taux d'utilisation des gains de chaleur mensuels

On détermine le taux d'utilisation des gains de chaleur mensuels par secteur énergétique comme suit :

$$\eta_{util,heat,seci,m} = \frac{a}{a+1} \quad \text{pour } \gamma_{heat,sec i,m} > 1$$

$$\eta_{util,heat,seci,m} = \frac{1 - (\gamma_{heat,seci,m})^a}{1 - (\gamma_{heat,seci,m})^{a+1}} \quad \text{pour tous les autres cas (-)}$$

avec

$$\gamma_{heat,seci,m} = Q_{g,heat,seci,m} / Q_{L,heat,seci,m} \quad (-)$$

$$a = 1 + \frac{\tau_{heat,seci}}{54000} \quad (-)$$

où :

- $\gamma_{heat,sec i,m}$  le rapport entre les gains de chaleur mensuels et les déperditions de chaleur mensuelles du secteur énergétique  $i$ ;
- $Q_{g,heat,sec i,m}$  les gains de chaleur mensuels par ensoleillement et par production interne de chaleur du secteur énergétique  $i$ , en MJ, déterminés selon [7.5](#);
- $Q_{L,heat,sec i,m}$  les déperditions de chaleur mensuelles par transmission et par ventilation du secteur énergétique  $i$ , en MJ, déterminées selon [7.4](#);
- $a$  un paramètre numérique;
- $\tau_{heat,sec i}$  la constante de temps du secteur énergétique  $i$ , en s.

On suppose que la constante de temps du secteur énergétique  $i$  égale à :

$$\tau_{heat,seci} = \frac{C_{seci}}{H_{T,heat,seci} + H_{V,heat,seci}} \quad (s)$$

avec :

- $C_{\text{sec } i}$  la capacité thermique effective du secteur énergétique  $i$ , en J/K;
- $H_{T,\text{heat},\text{sec } i}$  le coefficient de transfert thermique par transmission du secteur énergétique  $i$ , en W/K, déterminé selon [7.7](#);
- $H_{V,\text{heat},\text{sec } i}$  le coefficient de transfert thermique par ventilation, en W/K, déterminé selon [7.8](#).

On prend, pour la capacité thermique effective du secteur énergétique  $i$ , les valeurs du [Tableau 2](#).

- Le terme 'lourd' de ce Tableau s'applique aux secteurs énergétiques dont au moins 90% de la surface des éléments de construction horizontaux, inclinés et verticaux sont massifs.
- Le terme 'mi-lourd' s'applique aux secteurs énergétiques dont au moins 90% des éléments de construction horizontaux sont massifs sans être protégés par une isolation intérieure, ou aux secteurs énergétiques dont au moins 90% des éléments de construction verticaux et inclinés sont massifs.
- Le terme 'peu-lourd' s'applique aux secteurs énergétiques dont 50 à 90% des éléments de construction horizontaux sont massifs sans être protégés par une isolation intérieure, ou aux secteurs énergétiques dont 50 à 90% des éléments de construction verticaux et inclinés sont massifs.
- Le terme 'léger' s'applique à tous les autres secteurs énergétiques.

Dans le présent contexte, les éléments de construction sont considérés comme massifs si leur masse est d'au moins 100 kg/m<sup>2</sup>, déterminée en partant de l'intérieur jusqu'à une lame d'air ou une couche à conductivité thermique inférieure à 0.20 W/(m.K).

**Tableau 2: Valeur de la capacité thermique effective  $C_{\text{sec } i}$  du secteur énergétique  $i$**

Type de construction	$C_{\text{sec } i}$ (J/K)
Lourd	217 000 $V_{\text{sec } i}$
Mi-lourd	117 000 $V_{\text{sec } i}$
Peu-lourd	67 000 $V_{\text{sec } i}$
Léger	27 000 $V_{\text{sec } i}$

avec :

$V_{\text{sec } i}$  le volume du secteur énergétique  $i$ , en m<sup>3</sup>.

## 7.7 Coefficient de transfert thermique par transmission

### 7.7.1 Principe

Le coefficient de transfert thermique par transmission se développe, comme la géométrie du bâtiment, en trois dimensions. Il faut donc le calculer de manière tridimensionnelle, voir les normes NBN EN ISO 13789 et NBN EN ISO 10211. Ce genre de calcul tridimensionnel sert de référence.

Le calcul tridimensionnel de référence est remplacé, dans la présente annexe, par un calcul simplifié basé sur les principes suivants:

- 1) l'élément principal des déperditions par transmission est unidimensionnel,
- 2) la surface entourant le volume protégé est continue sauf au droit des parois mitoyennes avec des espaces adjacents chauffés,
- 3) et les parois sont planes.

Une paroi plane d'aire A se caractérise par un coefficient de transmission thermique U. Toutes les lignes de coupure et de contact de longueur l entre les parois sont affectées d'un coefficient linéaire de transmission thermique  $\psi$  et tous les points de coupure entre des lignes de coupure et de contact sont affectés d'un coefficient ponctuel de transmission thermique  $\chi$ . Les ponts thermiques linéaires et ponctuels, propres à une paroi et répartis sur toute la surface de cette paroi, sont repris dans le coefficient de transmission thermique de cette paroi.

Le coefficient de transfert thermique par transmission est déterminé pour toutes les parois entre le secteur énergétique et l'environnement extérieur (air ou eau), le secteur énergétique et le sol, et le secteur énergétique et les espaces adjacents non chauffés.

### 7.7.2 Règle de calcul

On détermine le coefficient de transfert thermique par transmission pour chaque secteur énergétique comme suit:

$$H_{T,heat,sec i} = H_{T,sec i}^{constructions} + H_{T,sec i}^{junctions} \quad (W/K)$$

Avec:

$H_{T,sec i}^{constructions}$  le coefficient de transfert thermique par transmission au travers des parois de la surface de déperdition du secteur énergétique i, en W/K;

$H_{T,sec i}^{junctions}$  le coefficient de transfert thermique par transmission au travers les noeuds constructifs du secteur énergétique i, in W/K;

On trouvera davantage d'explications sur les différentes manières de tenir compte des nœuds constructifs (linéaires comme ponctuels) dans l'annexe NC au présent arrêté.

On détermine le coefficient de transfert thermique par transmission au travers des parois de la surface de déperdition du secteur énergétique  $i$  comme suit:

$$H_{T,sec\ i}^{constructions} = H_{D,sec\ i}^{constructions} + H_{g,sec\ i}^{constructions} + H_{U,sec\ i}^{constructions} \quad (W/K)$$

où:

$H_{T,sec\ i}^{constructions}$  le coefficient de transfert thermique par transmission au travers des parois de la surface de déperdition du secteur énergétique  $i$ , en W/K;

$H_{D,sec\ i}^{constructions}$  le coefficient de transfert thermique par transmission directe entre le secteur énergétique  $i$  et l'air extérieur et entre le secteur énergétique  $i$  et l'eau, au travers des parois de la surface de déperdition, en W/K ;

$H_{g,sec\ i}^{constructions}$  le coefficient de transfert thermique par transmission au travers des parois de la surface de déperdition du secteur énergétique  $i$  vers le sol, en W/K ;

$H_{U,sec\ i}^{constructions}$  le coefficient de transfert thermique par transmission au travers des parois de la surface de déperdition du secteur énergétique  $i$  vers l'extérieur via un espace adjacent non chauffé, en W/K.

Les différents termes sont calculés selon des spécifications plus précises du DRT.

En ce qui concerne les éléments dont les propriétés thermiques ne sont pas connues ou ne peuvent pas être déterminées (par exemple couches à structure complexe dans les éléments muraux, etc.), on peut toujours supposer que la résistance thermique propre de la couche ou de l'élément est égale à zéro. Le coefficient de transmission thermique totale est alors entièrement déterminé par les résistances des surfaces de contact avec l'environnement intérieur et extérieur (compte tenu des surfaces développées), et éventuellement par les résistances thermiques des autres couches de l'élément.

Il ne faut pas tenir compte des passages de conduites (eau, gaz, électricité, égouts, etc.) et des éléments analogues présents dans les parois extérieures, pour autant que leur surface totale ne dépasse pas 0,25% de la surface totale ( $A_{T,E}$ ) de l'unité PEB concernée, à travers laquelle surviennent des déperditions par transmission (donc à l'exception des parois adjacentes à des espaces adjacents chauffés).

Dans ce cas, les éléments susmentionnés se voient attribuer la même valeur U que les parois dans lesquels ils se trouvent.

Quant aux volets, il faut supposer par convention qu'ils sont fermés 8 heures par jour<sup>4</sup>.

## 7.8 Coefficient de transfert thermique par ventilation

### 7.8.1 Principe

On détermine le coefficient de transfert thermique par ventilation en multipliant la capacité thermique sensible de 1 m<sup>3</sup> d'air par la somme des débits d'air suivants:

- le débit d'air moyen résultant de l'infiltration et de l'exfiltration;
- le débit d'air moyen résultant de la ventilation hygiénique, compte tenu d'un éventuel facteur de réduction pour le préchauffage ou de multiplication pour pré refroidissement ;
- le cas échéant, le débit d'air moyen résultant d'une surventilation en cas d'application d'une pompe à chaleur sur l'air de ventilation rejeté pour la préparation d'eau chaude sanitaire ;
- et, pour pour l'évaluation du risque de surchauffe, le débit d'air moyen résultant de la ventilation par ouverture manuelle des parties ouvrantes.

L'extraction mécanique qui évacue la vapeur d'eau pendant la cuisson d'aliments est ignorée. Il en va de même pour l'extraction mécanique présente dans les toilettes ou la salle de bains, lorsque celle-ci assure une extraction plus élevée de manière temporaire mais n'est pas nécessaire pour satisfaire aux exigences de ventilation des annexes VHR ou VHN au présent arrêté. En ce qui concerne la consommation d'énergie des ventilateurs des systèmes mécaniques, on se reportera au point [11.1.3](#).

### 7.8.2 Règle de calcul

On détermine le coefficient de transfert thermique par ventilation du secteur énergétique i comme suit:

- pour les calculs de chauffage :

$$H_{V,heat,seci} = H_{V,inf/exfilt,heat,seci} + H_{V,hyg,heat,seci} + H_{V,over,heat,seci} \quad [W/K]$$

- pour les calculs de refroidissement :

$$H_{V,cool,seci,m} = H_{V,inf/exfilt,cool,seci} + H_{V,hyg,cool,seci,m} + H_{V,over,cool,seci} \quad [W/K]$$

---

<sup>4</sup> Si les volets ne sont pas commandés depuis l'intérieur, aucune réduction ne s'applique.

- pour les calculs de l'indicateur du risque de surchauffe :

$$H_{V,overh,seci,m} = H_{V,in/exfilt,overh,seci} + H_{V,hyg,overh,seci,m} + H_{V,over,overh,seci} + H_{V,free,na} \quad [W/K]$$

avec :

$H_{V,heat,seci}$	le coefficient de déperdition de chaleur par ventilation du secteur énergétique i pour les calculs de chauffage, en W/K;
$H_{V,cool,seci,m}$	le coefficient de déperdition mensuel de chaleur par ventilation du secteur énergétique i pour les calculs de refroidissement, en W/K;
$H_{V,overh,seci,m}$	le coefficient de déperdition mensuel de chaleur par ventilation du secteur énergétique i pour les calculs de l'indicateur du risque de surchauffe, en W/K;
$H_{V,in/exfilt,heat,seci}$	le coefficient de déperdition de chaleur par in/exfiltration pour la détermination des besoins de chauffage, de refroidissement et pour l'indicateur du risque de surchauffe, déterminé selon <b>Erreur ! Source du renvoi introuvable.</b> , en W/K ;
$H_{V,in/exfilt,cool,seci}$	
$H_{V,in/exfilt,overh,seci}$	
$H_{V,hyg,heat,seci}$	le coefficient de déperdition de chaleur par ventilation hygiénique pour la détermination des besoins de chauffage, déterminé selon 7.8.4, en W/K;
$H_{V,hyg,cool,seci,m}$	le coefficient de déperdition mensuel de chaleur par ventilation hygiénique pour la détermination des besoins de refroidissement et pour l'indicateur du risque de surchauffe, déterminé selon 7.8.4, en W/K;
$H_{V,hyg,overh,seci,m}$	
$H_{V,over,heat,seci}$	le coefficient de déperdition de chaleur par surventilation pour la détermination des besoins de chauffage, de refroidissement et pour l'indicateur du risque de surchauffe, déterminé selon <b>Erreur ! Source du renvoi introuvable.</b> , en W/K;
$H_{V,over,cool,seci}$	
$H_{V,over,overh,seci}$	<b>Erreur ! Source du renvoi introuvable.</b> , en W/K;
$H_{V,free,nat,overh,seci}$	le coefficient de déperdition de chaleur par ventilation par l'ouverture manuelle des parties ouvrantes pour la détermination de l'indicateur du risque de surchauffe, déterminé selon 7.8.6, en W/K.

### 7.8.3 Coefficient de déperdition de chaleur par in/exfiltration

Les expressions pour les coefficients de déperdition de chaleur par infiltration/exfiltration pour le secteur énergétique  $i$  sont les suivantes :

- pour les calculs de chauffage :

$$H_{V,in/exfilt,heat,seci} = 0.34 \cdot \dot{V}_{in/exfilt,heat,seci} \quad [W/K]$$

- pour les calculs de refroidissement :

$$H_{V,in/exfilt,cool,seci} = 0.34 \cdot \dot{V}_{in/exfilt,cool,seci} \quad [W/K]$$

- pour l'indicateur du risque de surchauffe :

$$H_{V,in/exfilt,overh,seci} = 0.34 \cdot \dot{V}_{in/exfilt,overh,seci} \quad [W/K]$$

avec :

$\dot{V}_{in/exfilt,heat,seci}$  le débit d'in/exfiltration à travers l'enveloppe non étanche du bâtiment dans le secteur énergétique  $i$ , respectivement pour les calculs de chauffage, pour  
 $\dot{V}_{in/exfilt,cool,seci}$  les calculs de refroidissement et pour l'indicateur  
 $\dot{V}_{in/exfilt,overh,seci}$  du risque de surchauffe, tel que déterminé ci-après, en  $m^3/h$ .

#### Débit d'infiltration et d'exfiltration

Le débit moyen d'in/exfiltration à appliquer dans le secteur énergétique  $i$ , en  $m^3/h$ , est donné de manière conventionnelle par:

- pour les calculs de chauffage :

$$\dot{V}_{in/exfilt,heat,seci} = 0.04 \times \dot{v}_{50,heat} \times A_{T,E,seci} \quad [m^3/h]$$

- pour les calculs de refroidissement :

$$\dot{V}_{in/exfilt,cool,seci} = 0.04 \times \dot{v}_{50,cool} \times A_{T,E,seci} \quad [m^3/h]$$

- pour l'indicateur du risque de surchauffe :

$$\text{si } H_{V,free,nat,overh,seci} = 0: \quad \dot{V}_{in/exfilt,overh,seci} = 0.04 \cdot \dot{v}_{50,overh} \cdot A_{T,E,seci}$$

$$\text{si } H_{V,free,nat,overh,seci} > 0: \quad \dot{V}_{in/exfilt,overh,seci} = 0$$

avec

:

$\dot{V}_{50,heat}$  le débit de fuite à 50 Pa par unité de surface, respectivement pour les calculs de chauffage, les calculs de refroidissement et pour l'indicateur du risque de surchauffe, tel que déterminé ci-après, en  $m^3/(h.m^2)$ ;

$\dot{V}_{50,cool}$

$\dot{V}_{50,over}$

$A_{T,E,s}$  l'aire totale de toutes les parois qui enveloppent le secteur énergétique  $i$  et à travers lesquelles des déperditions par transmission sont considérées lors de la détermination de la performance énergétique<sup>5</sup> (voir également 5 et 7.7), en  $m^2$ .

Si une mesure de l'étanchéité à l'air de l'ensemble de l'unité PEB (ou le cas échéant d'une partie plus grande du volume protégé) est réalisée, le débit de fuite à 50 Pa par unité de surface,  $\dot{V}_{50,heat}$  et  $\dot{V}_{50,cool}$ , en  $m^3/(h.m^2)$ , est de :

$$\dot{V}_{50,heat} = \dot{V}_{50,cool} = \dot{V}_{50,over} = \frac{\dot{V}_{50}}{A_{test}} \quad [m^3 / (h.m^2)]$$

avec:

$A_{test}$  l'aire totale (sur base des dimensions extérieures) des parois qui enveloppent le volume mesuré lors de l'essai d'étanchéité à l'air, à l'exception des parois contigües à des espaces adjacents chauffés, en  $m^2$ ;

$\dot{V}_{50}$  le débit de fuite à 50 Pa de l'enveloppe extérieure, en  $m^3/h$ , déduit de l'essai d'étanchéité à l'air mesuré conformément à la méthode A de la norme NBN EN 13829 et aux spécifications complémentaires définies par le ministre.

Sinon, les valeurs par défaut suivantes sont d'application, en  $m^3/(h.m^2)$  :

- pour les calculs de chauffage:  
 $\dot{V}_{50,heat} = 12$
- pour les calculs de refroidissement:

---

<sup>5</sup> Par conséquent, seules les constructions qui constituent la séparation entre le secteur énergétique et des espaces contigus chauffés, ne sont pas pris en compte dans le calcul de  $A_{T,E,sec i}$ .

$$\dot{V}_{50,cool} = 0$$

- pour l'indicateur du risque de surchauffe :

$$\dot{V}_{50,overh} = 0$$

#### 7.8.4 Coefficient de déperdition de chaleur par ventilation hygiénique

Les expressions pour les coefficients de déperdition de chaleur par ventilation hygiénique pour le secteur énergétique  $i$  sont les suivantes :

- pour les calculs de chauffage :

$$H_{V,hygheat,seci} = 0.34 \cdot r_{preh,heat,seci} \cdot \dot{V}_{hygheat,seci} \quad [W/K]$$

- pour les calculs de refroidissement :

$$H_{V,hygcool,seci,m} = 0.34 \cdot r_{preh,cool,seci} \cdot r_{precool,seci,m} \cdot \dot{V}_{hygcool,seci} \quad [W/K]$$

- pour l'indicateur du risque de surchauffe :

$$H_{V,hygoverh,seci,m} = 0.34 \cdot r_{preh,overh,seci} \cdot r_{precool,seci,m} \cdot \dot{V}_{hygoverh,seci} \quad [W/K]$$

avec :

$r_{preh,heat,seci}$  la valeur du facteur de réduction pour l'effet du préchauffage sur les besoins nets en énergie, respectivement pour les calculs de chauffage, pour les calculs de refroidissement et pour l'indicateur du risque de surchauffe, calculé selon l'Annexe B de la présente annexe (-) ;

$r_{preh,cool,seci}$

$r_{preh,overh,seci}$

$\dot{V}_{hygheat,seci}$  le débit de ventilation hygiénique dans le secteur énergétique  $i$ , respectivement pour les calculs de chauffage, pour les calculs de refroidissement et pour l'indicateur du risque de surchauffe, tel que déterminé ci-après, en  $m^3/h$ .

$\dot{V}_{hygoverh,seci}$

$r_{precool,seci}$  un facteur de multiplication mensuel pour l'effet de pré-refroidissement de l'air de ventilation pour les calculs de refroidissement et pour l'indicateur du risque de surchauffe, calculée selon l'Annexe B de la

présente annexe(-);

### Débit de ventilation hygiénique

On détermine le débit de ventilation hygiénique du secteur énergétique i comme suit :

$$\dot{V}_{\text{hyg,heat,sec } i} = \left[ 0.2 + 0.5 \cdot e^{\left( \frac{-V_{\text{EPR}}}{500} \right)} \right] \cdot f_{\text{reduc,vent,heat,sec } i} \cdot m_{\text{heat,sec } i} \cdot V_{\text{sec } i} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$\dot{V}_{\text{hyg,cool,sec } i} = \left[ 0.2 + 0.5 \cdot e^{\left( \frac{-V_{\text{EPR}}}{500} \right)} \right] \cdot f_{\text{reduc,vent,cool,sec } i} \cdot m_{\text{cool,sec } i} \cdot V_{\text{sec } i} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$\dot{V}_{\text{hyg,overh,sec } i} = \left[ 0.2 + 0.5 \cdot e^{\left( \frac{-V_{\text{EPR}}}{500} \right)} \right] \cdot f_{\text{reduc,vent,overh,sec } i} \cdot m_{\text{overh,sec } i} \cdot V_{\text{sec } i} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

avec:

$V_{\text{EPR}}$  le volume total de l'unité PEB, en  $\text{m}^3$ , voir 6 ;

$f_{\text{reduc,vent,heat,sec } i}$  un facteur de réduction pour la ventilation dans le secteur énergétique i, respectivement pour les calculs de chauffage, pour les calculs de refroidissement et pour l'indicateur du risque de surchauffe, comme déterminé ci dessous(-);

$f_{\text{reduc,vent,cool,sec } i}$

$f_{\text{reduc,vent,overh,sec } i}$

$m_{\text{heat,sec } i}$  un multiplicateur qui est fonction du système de ventilation dans le secteur énergétique i et de la qualité d'exécution de ce dernier, respectivement pour les calculs de chauffage, pour les calculs de refroidissement et pour l'indicateur du risque de surchauffe comme déterminé ci-dessous ;

$m_{\text{cool,sec } i}$

$m_{\text{overh,sec } i}$

$V_{\text{sec } i}$  le volume du secteur énergétique i, en  $\text{m}^3$ .

La valeur par défaut de  $f_{\text{reduc,vent,heat,sec } i}$ ,  $f_{\text{reduc,vent,cool,sec } i}$  et  $f_{\text{reduc,vent,overh,sec } i}$  est 1. Des valeurs plus favorables sont à déterminer selon des règles spécifiées par le ministre ou, à défaut, sur base d'une demande d'équivalence.

La valeur du facteur multiplicateur  $m_{\text{heat,sec } i}$ ,  $m_{\text{cool,sec } i}$  et  $m_{\text{overh,sec } i}$  peut varier entre 1,0 et 1,5. La valeur par défaut  $m_{\text{heat,sec } i}$  est de 1,5. La valeur par défaut pour  $m_{\text{cool,sec } i}$  et  $m_{\text{overh,sec } i}$  est de 1. Pour déterminer des valeurs plus favorables, on se référera à l'Annexe B de ce texte.

### 7.8.5 Coefficient de déperdition de chaleur par surventilation

Pour un système de ventilation mécanique où l'air est extrait mécaniquement, l'air rejeté peut être utilisé par une pompe à chaleur comme source de chaleur pour la préparation d'eau chaude sanitaire.

Dans ce cas, on parle de surventilation lorsque la quantité d'air repris nécessaire pour le bon fonctionnement de la pompe à chaleur à un moment donné se situe au-dessus du débit de ventilation hygiénique à ce moment.

L'expression pour les coefficients de déperdition de chaleur par surventilation pour le secteur énergétique  $i$  est la suivante :

$$H_{V,over,heat,seci} = H_{V,over,cool,seci} = H_{V,over,overh,seci} = 0.34 \cdot \dot{V}_{over,seci} \quad [W/K]$$

avec

:

$\dot{V}_{over,seci}$  le débit d'air supplémentaire déterminé tel que ci-après, résultant d'une surventilation dans le secteur énergétique  $i$ , dans le cas des systèmes à extraction mécanique où une pompe à chaleur utilise l'air rejeté comme source de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire, en  $m^3/h$ .

Etant donné qu'il n'existe actuellement pas de méthodologie qui permette d'évaluer de façon cohérente tous les appareils de production de chaleur pour l'eau chaude sanitaire, on tient compte de valeurs fixes pour le rendement de production au chapitre 10.3. Pour cette raison, l'effet de la surventilation n'est pas encore pris en compte. On considère donc:

$$\dot{V}_{over,seci} = 0$$

### 7.8.6 Coefficient de déperdition de chaleur par ventilation par l'ouverture manuelle des parties ouvrantes

L'expression pour le coefficient de perte de chaleur par ventilation par l'ouverture manuelle des parties ouvrante est la suivante :

$$H_{V,free,nat,overh,seci} = 0.34 \cdot \dot{V}_{free,nat,overh,seci} \quad [W/K]$$

avec:

$\dot{V}_{free,nat,ov}$  le débit de ventilation mensuel corrigé pour tenir compte de la durée et de la température, utilisé pour la détermination de l'indicateur du risque de surchauffe dans le cas de la ventilation par l'ouverture manuelle des parties ouvrantes, en  $m^3/h$ .

### Débit de ventilation corrigé pour l'ouverture manuelle des parties ouvrantes

$$\dot{V}_{free,nat,overh,seci} = 45.3 \cdot A_{wo,seci} \quad [W/K]$$

avec:

$A_{wo,sec}$ <sub>i</sub> l'aire nette totale de toutes les parties ouvrantes du secteur énergétique i, qui font partie des éléments de l'enveloppe et qui sont en contact direct avec l'environnement extérieur, en m<sup>2</sup>;

où:

$$A_{wo,seci} = \sum_j r_{win,overh,j} \cdot A_{wo,j} \quad [m^2]$$

avec:

$A_{wo,j}$  l'aire nette des ouvrants considérés de la fenêtre j, tel que déterminé ci-dessous, en m<sup>2</sup> ;

$r_{win,overh,j}$  un facteur prenant en compte le risque d'effraction, tel que déterminé ci-dessous.

Il faut faire la somme sur toutes les fenêtres j du secteur énergétique i. Les portes, les fenêtres coulissantes et les portes coulissantes ne sont jamais prises en compte pour le calcul de cette aire.

Aire nette des ouvrants  $A_{wo,j}$  de la fenêtre j

Seules les aires du vitrage  $A_{go}$ , du panneau de remplissage  $A_{po}$  et de la grille de ventilation  $A_{ro}$  des parties ouvrantes de la fenêtre sont prises en considération pour le calcul de l'aire nette des ouvrants  $A_{wo,j}$  (ces aires sont mesurées et calculées telles que les aires  $A_g$ ,  $A_p$  et  $A_r$  définies au §8 du DRT) :

$$A_{wo,j} = \sum_k (A_{go,k} + A_{po,k} + A_{ro,k}) \quad [m^2]$$

avec:

c:

$A_{go,k}$  l'aire du vitrage de la partie ouvrante k, en m<sup>2</sup>;

$A_{po,k}$  l'aire du panneau opaque de la partie ouvrante k, en m<sup>2</sup>;

$A_{ro,k}$  l'aire de la grille de ventilation de la partie ouvrante k, en m<sup>2</sup>.

Il faut faire la somme sur toutes les parties ouvrantes k de la fenêtre j.

Risque d'effraction

Le facteur prenant en compte le risque d'effraction  $r_{win,overh,j}$  est déterminé comme suit :

Type d'ouverture	Risque réel d'effraction	Faible risque d'effraction	Pas de risque d'effraction
Élément oscillant uniquement	0	1/3	1/3
Élément oscillo-battant	0	1/3	1
Élément battant uniquement	0	0	1

Si les éléments ouvrants d'une même fenêtre ont des types d'ouverture différents selon les catégories ci-dessus, on considère le cas le plus défavorable (valeur  $r_{win,overh,j}$  la plus basse) pour l'ensemble des éléments de la fenêtre.

## 7.9 Gains de chaleur internes mensuels

### 7.9.1 Principe

Les gains de chaleur internes sont égaux à toute la chaleur produite dans un secteur énergétique par des sources internes, à l'exception du système de chauffage des locaux: par exemple l'émission de chaleur des personnes, l'éclairage et les appareils. Dans le cadre de la réglementation, on établit leur valeur de manière forfaitaire. Dans les espaces adjacents non chauffés, les gains de chaleur internes sont par hypothèse égaux à zéro.

### 7.9.2 Règle de calcul

On détermine les gains de chaleur internes dans un secteur énergétique  $i$  pendant un mois donné comme suit:

$$Q_{i,seci,m} = (1.41 \cdot V_{EPR} + 78) \frac{V_{seci}}{V_{EPR}} \cdot t_m \quad \text{si } V_{EPR} \leq 192 \text{ m}^3 \quad [\text{MJ}]$$

$$Q_{i,seci,m} = (0.67 \cdot V_{EPR} + 220) \frac{V_{seci}}{V_{EPR}} \cdot t_m \quad \text{si } V_{EPR} > 192 \text{ m}^3 \quad [\text{MJ}]$$

avec  
:

$V_{EPR}$  le volume total de l'unité PEB, en  $\text{m}^3$ , voir 6

$V_{sec i}$  le volume du secteur énergétique  $i$ , en  $\text{m}^3$ ;

$t_m$  la longueur du mois considéré, en Ms, voir Tableau 1

## 7.10 Gains solaires mensuels

### 7.10.1 Principe

Les gains solaires relatifs à un mois donné se composent de la somme de 3 termes:

- les gains solaires par les fenêtres;
- les gains solaires par les systèmes d'énergie solaire passive non ventilés;
- les gains solaires provenant d'espaces adjacents non chauffés.

Les systèmes d'énergie solaire passive ventilés avec de l'air extérieur ou intérieur doivent être déterminés selon des règles spécifiées par le ministre ou, à défaut, sur base d'une demande d'équivalence et se baser sur l'annexe F de la norme NBN EN 13790.

### 7.10.2 Règle de calcul

On détermine les gains solaires dans un secteur énergétique  $i$  pendant un mois donné comme suit:

$$Q_{s,heat,seci,m} = \sum_{j=1}^m Q_{s,heat,w,m,j} + \sum_{k=1}^n Q_{s,heat,ps,m,k} + \sum_{l=1}^p Q_{s,heat,seci,U,m,l}$$

(MJ)

avec:

- $Q_{s,heat,w,m,j}$  les gains solaires par une fenêtre  $j$  pendant le mois considéré, en MJ, déterminés selon [7.10.3](#);
- $Q_{s,heat,ps,m,k}$  les gains solaires par un système d'énergie solaire passive non ventilé  $k$  pendant le mois considéré, en MJ, déterminés selon [7.10.4](#);
- $Q_{s,heat,sec i,U,m,l}$  la part des gains solaires, pendant le mois considéré, de l'espace non chauffé adjacent  $l$  qui profite indirectement au secteur énergétique  $i$ , en MJ, déterminée selon les annexes A et C de ce texte.

A cette fin, il faut effectuer une sommation sur toutes les fenêtres  $m$ , tous les systèmes d'énergie solaire passive non ventilés  $n$  et tous les espaces adjacents non chauffés  $p$  du secteur énergétique  $i$ . La façon de traiter les espaces adjacents non chauffés se trouve à l'annexe A de ce texte.

L'indice 'heat' (c.-à-d. la valeur utilisée pour la détermination des besoins nets en énergie pour le chauffage) est remplacé par l'indice 'overh' pour la détermination de l'indicateur du risque de surchauffe, et par l'indice 'cool' pour la détermination des besoins nets en énergie pour le refroidissement.

### 7.10.3 Gains solaires par une fenêtre

#### 7.10.3.1 Définitions

Une fenêtre est une paroi (partiellement) transparente/translucide. Le châssis, les panneaux de remplissage éventuels et les grilles éventuelles constituent la partie opaque. Les portes pourvues d'un vitrage sont traitées comme des fenêtres. L'importance des gains solaires par une fenêtre dépend de l'écran formé par des éléments de l'environnement étrangers au bâtiment ou liés au bâtiment, par des protections solaires fixes et par des protections solaires mobiles. L'écran formé par des éléments de l'environnement est pris en compte dans le calcul de l'ensoleillement incident; l'écran formé par une protection solaire l'est par adaptation du facteur solaire  $g$ .

#### 7.10.3.2 Règle de calcul

On détermine les gains solaires par la fenêtre  $j$  comme suit:

$$Q_{s,heat,w,m,j} = 0,95 \cdot g_{m,j} \cdot A_{g,j} \cdot I_{s,m,j,shad} \quad [MJ]$$

avec:

0.95 le facteur de réduction lié à la salissure;

$g_{m,j}$  le facteur solaire mensuel de la fenêtre  $j$ , déterminé selon 7.10.3.3 (-) ;

$A_{g,j}$  la surface vitrée de la fenêtre  $j$  en  $m^2$ ;

$I_{s,m,j,s}$  l'ensoleillement de la fenêtre  $j$  pour le mois considéré, compte tenu de l'ombrage d'obstacles fixes, en  $MJ/m^2$ , déterminé selon l'Annexe C de ce texte.

Si la valeur  $U$  de la fenêtre  $j$  est déterminée avec la méthode simplifiée, il faut toujours prendre :

si  $U_g \leq U_f$  :  $A_{g,j} = 0.7 A_{w,d,j}$

si  $U_g > U_f$  :  $A_{g,j} = 0.8 A_{w,d,j}$

avec:

$A_{w,d,j}$  l'aire de l'ouverture de jour de la fenêtre  $j$ .

#### 7.10.3.3 Facteur solaire mensuel $g_{m,j}$ d'une fenêtre

##### 7.10.3.3.1 Principe

Le facteur solaire mensuel d'une fenêtre ( $g_{m,j}$ ) est déterminé par le facteur solaire de la partie transparente/translucide de cette fenêtre et par la nature de la protection solaire. A cet égard, il convient d'établir une distinction entre protection solaire intérieure, protection solaire extérieure et protection solaire intégrée. Une protection solaire intérieure se trouve du côté intérieur de la fenêtre, une protection solaire extérieure se trouve du côté extérieur, et une protection solaire intégrée se trouve entre les vitres qui constituent

ensemble la partie transparente/translucide. Les protections solaires peuvent se situer dans le plan et en-dehors du plan de la fenêtre. Les volets, volets roulants, stores et persiennes sont des exemples de protections solaires situées dans le plan de la fenêtre. Les marquises, stores à projection et bannes solaires sont des exemples de protections solaires hors du plan de la fenêtre. Une protection solaire composée exclusivement d'écrans architectoniques est traitée comme un élément de l'environnement lié au bâtiment. Par ailleurs, les protections solaires peuvent être fixes, à commande manuelle ou automatique (distinction importante pour la détermination du facteur d'utilisation  $a_{c,m,j}$ ). La position d'une protection solaire fixe est immuable; les protections solaires à commande manuelle ou automatique ont au moins deux positions. Une commande automatique exige un activateur piloté de manière automatique (par exemple un moteur) et au moins 1 capteur d'ensoleillement par orientation de façade ou un détecteur d'absence qui referme la protection solaire en cas d'absence. En présence d'une protection solaire intégrée où l'espace intérieur est ventilé avec de l'air intérieur ou extérieur, le facteur solaire doit faire l'objet d'une demande d'équivalence.

#### 7.10.3.3.2 Règle de calcul

On détermine le facteur solaire moyen d'une fenêtre comme suit:

$$g = 0.9 \cdot (a_{c,m} F_c + (1 - a_{c,m})) \cdot g_{g,\perp} \quad [-]$$

avec:

0.9 une valeur fixe pour la correction de l'angle d'incidence;

$F_c$  le facteur de réduction pour protection solaire, déterminé selon 7.10.3.4;

$a_{c,m}$  le facteur d'utilisation mensuel de la protection solaire, déterminé selon **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**;

$g_{g,\perp}$  le facteur solaire du vitrage pour une incidence normale, déterminé selon la norme NBN EN 410.

Si une fenêtre est équipée de plusieurs systèmes de protection solaire mobile (par exemple protection intérieure et extérieure), il faut prendre en considération le système qui possède la plus haute valeur  $F_c$  pour les calculs de chauffage, et le système possédant la valeur  $F_c$  la plus basse pour l'évaluation de l'indicateur du risque de surchauffe et des besoins net en énergie pour le refroidissement des espaces.

### 7.10.3.4 Facteur de réduction $F_c$ pour protection solaire

#### 7.10.3.4.1 Protection solaire dans le plan de la fenêtre

Le facteur de réduction pour une protection solaire située dans le plan de la fenêtre est donné par le rapport entre le facteur solaire pour une incidence normale de la combinaison de la partie transparente/translucide et de la protection solaire, et le facteur solaire pour une incidence normale de la seule partie transparente/translucide:

avec: 
$$F_c = \frac{g_{g+C,\perp}}{g_{g,\perp}} \quad (-)$$

avec:

$g_{g+C,\perp}$  le facteur solaire pour une incidence normale de la combinaison de la partie transparente/translucide et de protection solaire, déterminé selon la norme NBN EN 13363-1, NBN EN 13363-2 ou ISO 15099. NBN EN 13363-1 peut uniquement être appliquée si toutes les conditions spécifiées dans la norme sont respectées;

$g_{g,\perp}$  le facteur solaire pour une incidence normale pour la partie transparente/translucide de la fenêtre, déterminé selon la norme NBN EN 410.

Si  $g_{g+C,\perp}$  n'est pas indiqué, il faut utiliser les valeurs par défaut du Tableau 3. Ces valeurs sont indépendantes du facteur solaire de la partie transparente/translucide et restent constantes tout au long de l'année.

**Tableau 3: Valeurs par défaut pour le facteur de réduction  $F_c$  pour protection solaire dans le plan de la fenêtre**

Systeme de protection solaire	$F_c$
Protection solaire extérieure	0.50
Protection solaire intégrée non ventilée	0.60
Protection solaire intérieure	0.90
Tous les autres cas	1.00

#### 7.10.3.4.2 Protection solaire non située dans le plan de la fenêtre

Seules les protections solaires ayant un facteur de transmission solaire (moyenné sur la surface)  $\tau_{e,dir,h}$  (angle d'incidence perpendiculaire, transmission hémisphérique) inférieur à 30% sont prises en considération. Les protections solaires qui ne satisfont pas à ce critère sont négligées dans la détermination du niveau E.

Le facteur de réduction moyen mensuel  $F_c$  pour une protection solaire non située dans le plan de la fenêtre est donné par le rapport entre l'ensoleillement mensuel sur la fenêtre ombragée par la protection solaire et l'ensoleillement mensuel de la fenêtre non ombragée:

$$F_c = \frac{I_{s,m,j,shad,wC}}{I_{s,m,j,shad,wO}} \quad (-)$$

avec:

$I_{s,m,j,shad,wC}$  l'ensoleillement sur la fenêtre j pour le mois considéré, compte tenu de l'ombrage assuré tant par les obstacles fixes que par la protection solaire, en MJ/m<sup>2</sup>, déterminé selon l'annexe C de ce texte. Ceci exige de déterminer l'angle de surplomb  $\alpha_v$ . La protection solaire est traitée ici comme si elle était opaque.

$I_{s,m,j,shad,wO}$  l'ensoleillement sur la fenêtre j pour le mois considéré, compte tenu uniquement de l'ombrage d'obstacles fixes, en MJ/m<sup>2</sup>, déterminé selon l'Annexe C.

#### 7.10.3.5 Facteur d'utilisation mensuel $a_{c,m}$

Le facteur d'utilisation mensuel  $a_{c,m}$  doit être déterminé par fenêtre, en fonction du type de commande (manuelle ou automatique) et en fonction de l'orientation  $\varphi_j$  et de l'inclinaison  $\theta_j$  de la surface vitrée j.

Avec une protection solaire fixe,  $a_{c,m}$  est toujours égal à 1.

En cas de protection solaire mobile, on tire  $a_{c,m}$  du Tableau 4. Les tableaux C1 et C2 sont repris à l'annexe C. La valeur varie selon qu'il s'agit de la détermination des besoins nets en énergie pour le chauffage ou pour le refroidissement, ou l'indicateur du risque de surchauffe.

**Tableau 4: Le facteur d'utilisation moyen  $a_c$ , en fonction du type de calcul**

Commande	Chauffage	Refroidissement	Surchauffe
Manuelle	0,0	0,2	Tableaux C1
Automatiq	0,0	MAX(0 ;Tableaux	Tableaux C2

ue		C2 diminué de 0,1)	
----	--	-----------------------	--

#### 7.10.4 Gains solaires par un système d'énergie solaire passive non ventilé

##### 7.10.4.1 Définitions

Un système d'énergie solaire passive non ventilé est une construction composée d'une partie extérieure transparente/translucide et d'une partie intérieure opaque, et où aucune circulation d'air extérieur ou intérieur n'a lieu dans la(les) lame(s) d'air (éventuellement) présent(s). Les murs (massifs) avec sur-vitrage, combinés ou non avec une isolation transparente/translucide supplémentaire, en sont des exemples.

##### 7.10.4.2 Règle de calcul

On détermine les gains solaires d'un système d'énergie solaire passive non ventilé k pendant le mois considéré comme suit :

$$Q_{s,heat,ps,m,k} = g_{eff,t,m,k} A_{ps,g,k} I_{s,m,k,shad} \quad (MJ)$$

avec :

- $g_{eff,t,m,k}$  le facteur solaire effectif du système k, tel que déterminé ci-après (-);
- $A_{ps,g,k}$  l'aire transparente/translucide du système d'énergie solaire passive k, en m<sup>2</sup>;
- $I_{s,m,k,shad}$  l'ensoleillement sur le système k pour le mois considéré, compte tenu de l'ombrage d'obstacles fixes, en MJ/m<sup>2</sup>, déterminé selon l'annexe C de ce texte.

On détermine  $g_{eff,t,m,k}$  comme suit:

- concernant les systèmes constructifs extérieurs ayant une transmission non négligeable de l'énergie solaire, la valeur effective est proportionnelle à l'absorption de la partie opaque:

$$g_{eff,t,m,k} = \alpha (g_{t,h} - c_{m,k} \cdot g_{t,\perp}) \frac{U}{U_{te}}$$

- concernant les systèmes constructifs extérieurs ayant une transmission négligeable de l'énergie solaire (par exemple les constructions dans lesquelles un absorbeur est intégré), on adapte la valeur déterminée sur la base de mesures afin de tenir compte de la résistance thermique de la lame d'air (non ventilé) entre le système constructif et la partie opaque:

$$g_{eff,t,m,k} = (R_{se} + R_t) (g_{t,h} - c_{m,k} \cdot g_{t,\perp}) U$$

avec:

$$U = 1/(R_{se} + R_t + R_{al} + R_i + R_{si})$$

$$U_{te} = 1/(R_{se} + R_t + R_{al})$$

et avec:

- $\alpha$  le coefficient d'absorption de la partie opaque;
- $g_{t,h}$  le facteur solaire du système constructif pour un rayonnement solaire hémisphérique diffus;
- $c_{m,k}$  un coefficient repris au Tableau 5;
- $g_{t,\perp}$  le facteur solaire du système constructif sous un angle d'incidence normal;
- $U$  le coefficient de transmission thermique de l'élément de construction, de l'intérieur vers l'extérieur, en  $W/m^2.K$ ;
- $U_{te}$  le coefficient de transmission thermique externe de l'élément de construction, depuis la surface qui délimite le système constructif jusqu'à l'environnement extérieur, en  $W/m^2.K$ ;
- $R_{se}$  la résistance thermique superficielle externe, en  $m^2.K/W$ ;
- $R_t$  la résistance thermique du système constructif, en  $m^2.K/W$ ;
- $R_{si}$  la résistance thermique superficielle interne, en  $m^2.K/W$ ;
- $R_{al}$  la résistance thermique de la couche d'air (non ventilée) entre la partie opaque et le système constructif, en  $m^2.K/W$ ;
- $R_i$  la résistance thermique de la partie opaque derrière le système constructif, en  $m^2.K/W$ .

**Tableau 5: Coefficients  $c_{m,k}$  pour le calcul du facteur solaire effectif d'une isolation transparente/translucide sur la base des valeurs mesurées pour l'incidence perpendiculaire et hémisphérique (pour les murs verticaux)**

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
S	-0,105	-0,067	-0,023	0,042	0,073	0,089	0,094	0,062	0,005	-0,054	-0,093	-0,105
S O / S E	-0,034	-0,027	-0,010	0,002	0,022	0,037	0,036	0,013	-0,015	-0,025	-0,034	-0,026
O / E	0,054	0,033	0,016	-0,012	-0,005	-0,002	-0,012	-0,007	-0,001	0,024	0,049	0,052

N O / N E	0,002	0,008	0,016	0,030	0,018	0,013	0,013	0,024	0,033	0,014	0,004	0,000
N	0,000	0,000	0,000	0,011	0,021	0,031	0,042	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000

## 8 Indicateur du risque de surchauffe et refroidissement

### 8.1 Principe

Dans le cadre de la présente annexe, on utilise une méthode très simplifiée qui évalue la surchauffe par secteur énergétique et pas par espace.

L'évaluation se fait en 3 étapes.

Dans une 1<sup>ère</sup> étape, pour chaque secteur énergétique, on évalue de façon conventionnelle le risque de surchauffe. Les gains de chaleur normalisés excédentaires sont pris comme indicateur du risque de surchauffe.

Une valeur de l'indicateur du risque de surchauffe inférieure à la limite maximale autorisée ne donne aucune garantie qu'aucun problème de surchauffe ne surviendra. Un réel risque de surchauffe existe pour des valeurs proches de la valeur maximale. Si des problèmes de surchauffe se produisent, il y a de grandes chances pour qu'une installation de refroidissement actif soit installée, avec la consommation d'énergie associée. Pour tenir compte de manière équilibrée de l'effet de cette consommation sur la performance énergétique du bâtiment lors de la conception et de la construction, on introduit le concept de refroidissement fictif. De cette manière, on anticipe de manière conventionnelle l'utilisation éventuelle d'une installation de refroidissement.

Dans une 2<sup>ème</sup> étape, on définit, en fonction de l'indicateur du risque de surchauffe, une sorte de probabilité conventionnelle qu'une installation de refroidissement actif soit effectivement placée. Deux cas peuvent se présenter:

- si une installation de refroidissement actif est placée dès la construction, on tient toujours entièrement compte des besoins de refroidissement. La probabilité qu'une installation de refroidissement soit placée est alors de 1, quelle que soit la valeur de l'indicateur du risque de surchauffe.
- si on ne place pas de refroidissement actif lors de la construction, on considère un palier pour l'indicateur du risque de surchauffe. Sous ce palier, le risque de surchauffe est considéré comme tellement faible que la probabilité que du refroidissement actif soit installé par après est prise comme étant égale à 0. Entre le palier et la valeur maximale autorisée, on considère conventionnellement une augmentation linéaire de la probabilité entre 0 et 1.

Au cas où la probabilité conventionnelle n'est pas nulle, on calcule, dans une troisième étape, le besoin net en énergie pour le refroidissement sur base des gains de chaleur excédentaires par rapport à la valeur de consigne pour le refroidissement. On prend conventionnellement 23°C comme valeur de consigne. Lorsqu'une installation de refroidissement actif garanti un confort d'été, on considère que les occupants utiliseront moins les éventuelles protections solaires ou les possibilités de ventilation (nocturne)

intensive. Ces installations sont donc considérées différemment que lors de l'évaluation du risque de surchauffe.

## 8.2 Détermination de l'indicateur du risque de surchauffe

Le calcul de l'indicateur du risque de surchauffe pour l'ensemble de l'unité PEB se fait exactement de la même manière que celui pour un secteur énergétique. Dans les formules ci-après, il suffit de remplacer partout l'indice "sec i" par "EPR".

On détermine, par secteur énergétique  $i$ , l'indicateur du risque de surchauffe comme étant égal aux gains de chaleur annuels normalisés excédentaires par rapport à la température de consigne du chauffage pour le secteur énergétique  $i$ . Cette valeur étant égale à la somme des valeurs mensuelles :

$$I_{\text{overh,seci}} = Q_{\text{excessnom,seci,a}} = \sum_{m=1}^{12} Q_{\text{excessnom,seci,m}} \quad (\text{Kh})$$

Avec :

$$Q_{\text{excessnom,seci,m}} = \frac{(1 - \eta_{\text{util,overh,seci,m}}) \cdot Q_{\text{g,overh,seci,m}}}{H_{\text{T,overh,seci}} + H_{\text{V,overh,seci,m}}} \cdot \frac{1000}{3.6} \quad (\text{Kh})$$

et avec :

$$Q_{\text{g,overh,seci,m}} = Q_{\text{i,seci,m}} + Q_{\text{s,overh,seci,m}} \quad (\text{MJ})$$

$$\eta_{\text{util,overh,seci,m}} = a_m / (a_m + 1) \quad \text{pour } \gamma_{\text{overh,seci,m}} = 1 \quad (-)$$

$$\eta_{\text{util,overh,seci,m}} = \frac{1 - (\gamma_{\text{overh,seci,m}})^{a_m}}{1 - (\gamma_{\text{overh,seci,m}})^{a_m + 1}} \quad \text{pour les autres cas } (-)$$

avec :

$$\gamma_{\text{overh,seci,m}} = Q_{\text{g,overh,seci,m}} / Q_{\text{L,overh,seci,m}} \quad (-)$$

$$a_m = 1 + \frac{\tau_{\text{overh,seci,m}}}{54000} \quad (-)$$

$$Q_{\text{L,overh,seci,m}} = Q_{\text{T,overh,seci,m}} + Q_{\text{V,overh,seci,m}} \quad (\text{MJ})$$

$$Q_{\text{T,overh,seci,m}} = H_{\text{T,overh,seci}} \cdot (23 - (\theta_{\text{e,m}} + \Delta\theta_{\text{e,m}})) \cdot t_m \quad (\text{MJ})$$

$$Q_{\text{V,overh,seci,m}} = H_{\text{V,overh,seci,m}} \cdot (23 - (\theta_{\text{e,m}} + \Delta\theta_{\text{e,m}})) \cdot t_m \quad (\text{MJ})$$

$$\tau_{\text{overh,seci,m}} = \frac{C_{\text{seci}}}{H_{\text{T,overh,seci}} + H_{\text{V,overh,seci,m}}} \quad (\text{s})$$

avec :

$\eta_{\text{util,overh}}$ , le taux d'utilisation des gains de chaleur mensuels du secteur énergétique  $i$ , pour l'indicateur du risque de

$\sec_{i,m}$	surchauffe (-);
$Q_{g,overh,sec}$ $i,m$	les gains de chaleur mensuels par ensoleillement et production de chaleur interne dans le secteur énergétique $i$ pour l'indicateur du risque de surchauffe, en MJ;
$Q_{i,sec}$ $i,m$	les gains de chaleur mensuel par production de chaleur interne dans le secteur énergétique $i$ , en MJ, déterminé selon 7.9.2;
$Q_{s,overh,sec}$ $i,m$	les gains de chaleur mensuel par ensoleillement dans le secteur énergétique $i$ pour l'indicateur du risque de surchauffe, en MJ, déterminé selon 7.10;
$\gamma_{overh,sec}$ $i,m$	le rapport entre les gains de chaleur mensuels et les déperditions de chaleur mensuelles dans le secteur énergétique $i$ pour l'indicateur du risque de surchauffe (-);
$Q_{L,overh,sec}$ $i,m$	les déperditions de chaleur mensuelles du secteur énergétique $i$ par transmission et par ventilation pour l'indicateur du risque de surchauffe, en MJ;
$a_m$	un paramètre numérique;
$Q_{T,overh,sec}$ $i,m$	les déperditions de chaleur mensuelles par transmission du secteur énergétique $i$ pour l'indicateur du risque de surchauffe, en MJ;
$Q_{V,overh,sec}$ $i,m$	les déperditions de chaleur mensuelles par ventilation du secteur énergétique $i$ pour l'indicateur du risque de surchauffe, en MJ;
$\theta_{e,m}$	la température extérieure moyenne mensuelle, en °C, voir Tableau 1;
$\Delta\theta_{e,m}$	une hausse de la température extérieure moyenne mensuelle pour le calcul du besoin net en énergie pour l'indicateur du risque de surchauffe, égale par hypothèse à 1°C;
$H_{T,overh,sec}$ $i$	le coefficient de transfert thermique du secteur énergétique $i$ par transmission pour l'indicateur du risque de surchauffe, en W/K, tel que déterminé ci-dessous;
$H_{V,overh,sec}$ $i,m$	le coefficient de transfert thermique mensuel du secteur énergétique $i$ par ventilation pour l'indicateur du risque de surchauffe, en W/K, déterminé selon 7.8.2;
$\tau_{overh,sec}$ $i,m$	la constante de temps mensuel du secteur énergétique $i$ pour l'indicateur du risque de surchauffe, en s;

$C_{sec\ i}$  la capacité thermique effective du secteur énergétique  $i$ , en J/K, déterminée selon 7.6;

$t_m$  la longueur du mois considéré, en Ms, voir Tableau 1.

$H_{T,overh,sec\ i}$  est déterminé selon 7.7.2. Toutefois si l'influence des noeuds constructifs est calculé de manière forfaitaire (selon l'option C de l'annexe NC au présent arrêté), ce supplément forfaitaire n'est pas pris en considération dans le calcul de l'indicateur du risque de surchauffe.

### 8.3 Probabilité conventionnelle que du refroidissement actif soit installé

Lors de la détermination de la performance énergétique, on applique par convention la valeur suivante pour la probabilité que du refroidissement actif soit placé (voir 8.1 pour plus d'explications):

1. si du refroidissement actif est installé dans le secteur énergétique  $i$ , on a:

$$p_{cool,sec\ i} = 1 \quad (-)$$

2. si aucun refroidissement actif n'est installé dans le secteur énergétique  $i$ , on a:

$$p_{cool,sec\ i} = \max \left\{ 0, \min \left( \frac{I_{overh,sec\ i} - I_{overh,thresh}}{I_{overh,max} - I_{overh,thresh}}, 1 \right) \right\} \quad (-)$$

avec:

$I_{overh,thresh}$  la valeur de seuil au-dessus de laquelle il faut tenir compte, pour la détermination de la performance énergétique, d'un risque d'installation de refroidissement actif ultérieure. Cette valeur est par hypothèse égale à 1.000 Kh;

$I_{overh,max}$  la valeur maximale autorisée pour l'indicateur du risque de surchauffe, cette valeur est par hypothèse égale à 6.500 Kh.

### 8.4 Fraction du temps que la température dépasse les 25°C

La fraction du temps que la température dépasse les 25°C est déterminée suivant:

$$f_{cool,EPR} = \max \left\{ 0, \min \left( 0.05 \cdot \frac{I_{overh,EPR}}{I_{overh,max}}, 1 \right) \right\} \quad [-]$$

avec:

$I_{\text{overh,EPR}}$  la valeur pour l'indicateur du risque de surchauffe, telle que déterminée selon 8.2, en Kh ;

$I_{\text{overh,max}}$  la valeur maximale autorisée pour l'indicateur du risque de surchauffe, cette valeur est par hypothèse égale à 6.500 Kh.

### 8.5 Refroidissement

Les besoins nets en énergie pour le refroidissement par mois et par secteur énergétique  $i$  sont déterminés comme le produit de la probabilité conventionnelle que l'on installe un refroidissement actif et des gains de chaleur excédentaires par rapport à la température de consigne pour le refroidissement:

$$Q_{\text{cool,net,seci,m}} = p_{\text{cool,seci}} \cdot Q_{\text{cool,net,princ,seci,m}} \quad [\text{MJ}]$$

avec:

$p_{\text{cool,sec i}}$  la probabilité conventionnelle d'installation d'un refroidissement actif, déterminé selon 8.3 (-);

$Q_{\text{cool,net,princ,sec i,m}}$  les besoins nets en énergie fondamentaux pour le refroidissement, en MJ, tels que déterminés ci-dessous.

On détermine les besoins nets en énergie fondamentaux pour le refroidissement,  $Q_{\text{cool,net,princ,sec i,m}}$  comme suit:

- si  $\lambda_{\text{cool,sec i,m}}$  est supérieur ou égal à 2.5, on a:

$$Q_{\text{cool,net,princ,seci,m}} = 0 \quad [\text{MJ}]$$

- si  $\lambda_{\text{cool,sec i,m}}$  est inférieur à 2.5, on a:

$$Q_{\text{cool,net,princ,seci,m}} = Q_{\text{g,coolseci,m}} - \eta_{\text{util,coolseci,m}} \cdot Q_{\text{L,coolseci,m}} \quad [\text{MJ}]$$

avec:

$$Q_{\text{g,cool,seci,m}} = Q_{\text{i,seci,m}} + Q_{\text{s,cool,seci,m}} \quad [\text{MJ}]$$

$$\eta_{\text{util,cool,seci,m}} = a_m / (1 + a_m) \text{ pour } \lambda_{\text{cool,sec i,m}} = 1 \quad [-]$$

$$\eta_{\text{util,cool,seci,m}} = \frac{1 - (\lambda_{\text{cool,seci,m}})^{a_m}}{1 - (\lambda_{\text{cool,seci,m}})^{a_m + 1}} \text{ pour les autres cas} \quad [-]$$

et :

$$\lambda_{\text{cool,seci,m}} = Q_{\text{L,cool,seci,m}} / Q_{\text{g,cool,seci,m}} \quad [-]$$

$$a_m = 1 + \frac{\tau_{\text{cool,seci,m}}}{54000} \quad [-]$$

$$Q_{\text{L,cool,seci,m}} = Q_{\text{T,cool,seci,m}} + Q_{\text{V,cool,seci,m}} \quad [\text{MJ}]$$

$$Q_{\text{T,cool,seci,m}} = H_{\text{T,cool,seci}} \cdot [23 - (\theta_{\text{e,m}} + \Delta\theta_{\text{e,m}})] t_m \quad [\text{MJ}]$$

$$Q_{\text{V,cool,seci,m}} = H_{\text{V,cool,seci,m}} \cdot [23 - (\theta_{\text{e,m}} + \Delta\theta_{\text{e,m}})] t_m \quad [\text{MJ}]$$

$$\tau_{\text{cool,seci,m}} = \frac{C_{\text{seci}}}{H_{\text{T,cool,seci}} + H_{\text{V,cool,seci,m}}} \quad [\text{s}]$$

$\eta_{\text{util,cool,seci,m}}$  le taux d'utilisation des gains de chaleur mensuels d'un secteur énergétique  $i$ , pour la détermination du besoin de refroidissement (-);

$Q_{\text{g,cool,seci,m}}$  les gains de chaleur mensuels par ensoleillement et par production de chaleur interne dans le secteur énergétique  $i$  pour la détermination du besoin de refroidissement, en MJ;

$Q_{\text{i,seci,m}}$  les gains de chaleur mensuels par production de chaleur interne dans le secteur énergétique  $i$ , en MJ, déterminé selon 7.9.2;

$Q_{\text{s,cool,seci,m}}$  les gains de chaleur mensuels par ensoleillement dans le secteur énergétique  $i$  pour la détermination du besoin de refroidissement, en MJ, déterminé selon 7.10;

$\lambda_{\text{cool,seci,m}}$  le rapport entre les déperditions de chaleur mensuelles et les gains de chaleur mensuels dans le secteur énergétique  $i$  pour la détermination du besoin de refroidissement (-);

$Q_{\text{L,cool,seci,m}}$  les déperditions de chaleur mensuelles du secteur énergétique  $i$  par transmission et par ventilation pour la détermination du besoin de refroidissement, en MJ;

$a_m$	un paramètre numérique;
$Q_{T,cool,sec}$ $i,m$	les déperditions de chaleur mensuelles du secteur énergétique $i$ par transmission pour la détermination du besoin de refroidissement, en MJ;
$Q_{V,cool,sec}$ $i,m$	les déperditions de chaleur mensuelles du secteur énergétique $i$ par ventilation pour la détermination du besoin de refroidissement, en MJ;
$\theta_{e,m}$	la température extérieure moyenne mensuelle, en °C, voir Tableau 1;
$\Delta\theta_{e,m}$	une hausse de la température extérieure moyenne mensuelle pour le calcul du besoin net en énergie pour le refroidissement, égale par hypothèse à 1°C;
$H_{T,cool,sec}$ $i$	le coefficient de transfert thermique du secteur énergétique $i$ par transmission pour la détermination du besoin de refroidissement, en W/K; Cette valeur est par hypothèse égale à $H_{T,overh,sec}$ $i$ tel que déterminé dans 8.2;
$H_{V,cool,sec}$ $i,m$	le coefficient de transfert thermique mensuel du secteur énergétique $i$ par ventilation pour la détermination du besoin de refroidissement, en W/K, déterminée selon 7.8.2;
$\tau_{cool,sec}$ $i,m$	la constante de temps mensuel du secteur énergétique $i$ pour la détermination du besoin de refroidissement, en s;
$C_{sec}$ $i$	la capacité thermique effective du secteur énergétique $i$ , en J/K, déterminée selon 7.6;
23	la température intérieure imposée par la présente annexe pour la détermination du besoin de refroidissement, en °C;
$t_m$	la longueur du mois considéré, en Ms, voir Tableau 1.

#### REMARQUE

Pour le climat belge, le besoin de refroidissement dépend fortement des conditions atmosphériques du moment. Le besoin de refroidissement d'une année météorologique moyenne n'est pas égal au besoin de refroidissement moyen sur différentes années car les années chaudes pèsent relativement plus lourd. Les calculs tiennent compte de ce phénomène, en prenant des températures et un ensoleillement quelque peu supérieurs à la moyenne au long de l'année.

## 9 Besoins bruts en énergie pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire

### 9.1 Préambule

L'évaluation des besoins bruts en énergie pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire tient compte du système de stockage de chaleur, de distribution de chaleur, d'émission de chaleur et de régulation pour le chauffage des locaux et l'eau chaude sanitaire. Les besoins bruts en énergie représentent l'énergie transmise par les installations de production de chaleur au système de distribution de chaleur (ou de stockage de chaleur) consacré au chauffage des locaux et au système de distribution d'eau chaude sanitaire.

Une installation de chauffage se compose de:

- Une production de chaleur. En cas de chauffage local, la production de chaleur s'effectue dans les émetteurs de chaleur proprement dits.
- Eventuellement un stockage de chaleur;
- Une distribution de chaleur. Un chauffage local n'a pas de système de distribution de chaleur;
- Des émetteurs de chaleur, tels que radiateurs, convecteurs, conduites dans le sol, conduites dans le plafond, conduites dans les murs ou grilles en cas de chauffage central; poêles, radiateurs ou convecteurs en cas de chauffage local;
- La régulation de chacun de ces composants.

Les besoins bruts en énergie pour le chauffage comprennent les besoins nets en énergie pour le chauffage et toutes les déperditions qui surviennent lors du stockage, de la distribution et de l'émission de chaleur ainsi que lors de la régulation de chacun de ces systèmes. Ces déperditions sont calculées via le rendement du système.

Si, dans un secteur énergétique, plusieurs valeurs d'un rendement partiel donné devaient être d'application (par exemple dans Tableau 6), il faut calculer avec la valeur la plus négative pour l'ensemble du secteur énergétique. (Le cas échéant, le secteur énergétique peut évidemment être subdivisé en plusieurs secteurs énergétiques plus petits.)

Une installation d'eau chaude sanitaire se compose de:

- Une production de chaleur; on distingue ici 2 types: les installations à production instantanée de l'eau chaude sanitaire et les installations à accumulation. Dans les deux cas, l'appareil producteur de chaleur destinée au chauffage des locaux peut fournir la chaleur, ou bien le chauffage et l'eau chaude sanitaire ont chacun leur propre appareil producteur de chaleur;
- Une distribution de chaleur.

Les besoins bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire comprennent les besoins nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire et toutes les déperditions qui surviennent lors de la distribution. Ces déperditions sont calculées via le rendement du système. Au cas où plus d'une installation de production de chaleur assure la production d'eau chaude sanitaire, chacune est associée aux points de puisage qu'elle dessert.

## 9.2 Besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage:

### 9.2.1 Principe

On obtient les besoins bruts mensuels en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique  $i$  en divisant les besoins nets mensuels en énergie pour le chauffage par le rendement mensuel moyen du système de chauffage. Ce rendement mensuel moyen du système représente le rapport entre la chaleur utile que le système d'émission de chaleur émet chaque mois au profit du secteur énergétique et la chaleur que l'installation de production de chaleur correspondante transmet chaque mois au système de distribution de chaleur (et éventuellement au stockage de chaleur). L'écart entre les deux est déterminé, entre autres, par les flux de déperdition suivants:

1. Les déperditions de stockage et de distribution non récupérées;
2. Un flux de déperdition supplémentaire à travers les parois extérieures à l'arrière, au-dessous ou au-dessus du corps de chauffe;
3. Un flux de déperdition supplémentaire résultant de la stratification de la température, à cause de laquelle la température au niveau de référence est plus basse qu'au niveau du plafond.
4. Un flux de déperdition supplémentaire dû au fait que le calcul d'une température intérieure un peu basse mais constante de 18°C intègre un abaissement nocturne de la température et des températures diurnes différenciées, et que la régulation n'est pas en mesure de réaliser simplement la différenciation souhaitée;
5. Un flux de déperdition supplémentaire du fait que les utilisateurs du bâtiment considèrent la valeur de consigne moins le différentiel comme la température souhaitée.

Les besoins bruts mensuels en énergie pour le chauffage sont calculés comme suit:

$$Q_{\text{heat,gross,seci,m}} = \frac{Q_{\text{heat,net,seci,m}}}{\eta_{\text{sys,heat,seci,m}}} \quad (\text{MJ})$$

avec:

$Q_{\text{heat,gross,sec i,m}}$  les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage des locaux d'un secteur énergétique  $i$ , en MJ;

$Q_{\text{heat,net,sec } i,m}$

les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage des locaux d'un secteur énergétique  $i$ , en MJ, déterminés selon 7.2 ;

$\eta_{\text{sys,heat,sec } i,m}$

le rendement mensuel moyen du système pour le chauffage d'un secteur énergétique  $i$ , déterminé selon 9.2.2 (-).

## 9.2.2 Rendement mensuel moyen du système

### 9.2.2.1 Principe

Le rendement mensuel moyen du système défini ci-dessus se compose, à son tour, du produit du rendement mensuel moyen de l'émission, de la distribution et du stockage:

$$\eta_{\text{sys,heat,seci,m}} = \eta_{\text{em,heat,seci,m}} \eta_{\text{distr,heat,seci,m}} \eta_{\text{stor,heat,seci,m}} \quad (-)$$

avec:

$\eta_{\text{em,heat,sec i,m}}$  le rendement mensuel moyen d'émission d'un secteur énergétique  $i$ , déterminé selon 9.2.2.2;

$\eta_{\text{distr,heat,sec i,m}}$  le rendement mensuel moyen de distribution d'un secteur énergétique  $i$ , déterminé selon 9.2.2.3;

$\eta_{\text{stor,heat,sec i,m}}$  le rendement mensuel moyen de stockage d'un secteur énergétique  $i$ , déterminé selon 9.2.2.4.

Le rendement mensuel moyen d'émission représente le rapport entre la chaleur utile que les corps de chauffe émettent chaque mois au profit du secteur énergétique et la chaleur totale qu'ils émettent chaque mois. Il comprend aussi bien les déperditions de chaleur inutiles de ces éléments que les déperditions dues à une régulation imparfaite.

Le rendement moyen mensuel de distribution représente le rapport entre la chaleur que les corps de chauffe émettent chaque mois au profit du secteur énergétique et la chaleur que la/les installation(s) de production de chaleur et/ou la/les ballon(s) de stockage transmettent chaque mois au système de distribution de chaleur.

En cas de stockage d'énergie thermique dans un réservoir tampon, le rendement moyen mensuel de stockage représente le rapport entre la chaleur fournie chaque mois au système de distribution et la chaleur que la/les installation(s) de production de chaleur transmet(tent) chaque mois au(x) ballon(s) de stockage.

La méthode de détermination du rendement de système mensuel moyen d'un système dit " Combilus " est déterminée par le Ministre. Par combilus on entend une conduite de circulation commune (à plusieurs volumes PER) qui fournit de la chaleur pour le chauffage et pour l'eau chaude sanitaire.

### 9.2.2.2 Rendement d'émission

Pour simplifier l'approche, on prend les valeurs du Tableau 6. Pour un calcul détaillé, on se reportera à l'annexe D de ce texte.

Si, dans le cas d'un chauffage central, il y a plus de 1 système d'émission dans le secteur énergétique, on tient compte du système ayant le plus mauvais rendement d'émission du Tableau 6. Dans ce cas, il n'est plus possible d'utiliser l'annexe D de ce texte.

Si, dans un secteur énergétique, il devait y avoir plusieurs types de chauffage local, il faut obligatoirement affiner la subdivision en

secteurs énergétiques, afin qu'il ne subsiste plus que 1 seul type dans chaque secteur : voir également 5.

**Tableau 6: Valeurs de calcul pour le rendement d'émission**

<b><u>Chauffage central</u></b>		
régulation de la température intérieure	régulation de la température de départ de l'eau du circuit ou de l'air	
	valeur de consigne constante	valeur de consigne variable
commande de la température par local	0.87 (1)	0.89 (1)
Autres	0.85 (1)	0.87 (1)
<b><u>Chauffage local</u></b>		
poêle au bois	0.82	
poêle au charbon	0.82	
poêle au mazout	0.87	
poêle au gaz	0.87	
radiateur ou convecteur électrique, sans régulation électronique (par exemple avec bilame)	0.90	
radiateur ou convecteur électrique, avec régulation électronique	0.96	
chauffage électrique à accumulation, sans capteur externe (par exemple réglage manuel)	0.85	
chauffage électrique à accumulation, avec capteur externe	0.92	
chauffage électrique à résistance incorporé dans le plancher, le mur ou le plafond	0.87	
<b><u>Chauffage collectif</u></b>		
Si plusieurs unités d'habitation disposent d'une installation de production de chaleur commune, les valeurs ci-dessus (relatives au chauffage central) doivent être diminuées comme suit:		
<input type="checkbox"/> si un décompte individuel des coûts de chauffage est établi par unité d'habitation sur la base d'une mesure individuelle de la consommation réelle: on multiplie la valeur d'application ci-dessus par le facteur 0.95		

- si l'on n'effectue pas ce genre de décompte individualisé réel des coûts de chauffage: on multiplie la valeur d'application ci-dessus par le facteur 0.85

(1) Si 1 ou plusieurs éléments d'émission de chaleur du secteur énergétique sont (partiellement) installés devant un vitrage, le rendement est diminué de 0.08.

Dans les systèmes de chauffage central, il faut établir une distinction selon la régulation de la température de départ dans le système de distribution<sup>6</sup>:

- soit la valeur de consigne est constante;
- soit la valeur de consigne change automatiquement, par exemple avec la température extérieure.

Une régulation rentre dans la catégorie 'commande de la température par local' si l'émission de chaleur est régulée dans tous les locaux du secteur énergétique considéré de telle sorte que l'apport de chaleur se coupe automatiquement dès que la valeur de consigne de la température intérieure est atteinte. Cela peut se faire par exemple au moyen de vannes thermostatiques sur tous les éléments d'émission et/ou par une régulation thermostatique dans chaque pièce. Les vannes d'arrêt simples montées sur les radiateurs ne rentrent pas dans la catégorie 'pilotée par la température'.

### 9.2.2.3 Rendement de distribution

On prend comme approche simple du rendement mensuel de distribution les valeurs constantes du Tableau 7. Pour un calcul détaillé, on consultera l'annexe E de ce texte.

**Tableau 7: Rendement de distribution**

Installation de chauffage	$\eta_{\text{distr,heat,sec i,m}}$
<u>Chauffage local</u>	1.00
<u>Chauffage central à eau chaude ou à air chaud, chauffage collectif</u>	
- Toutes les conduites ou les gaines à l'intérieur de la couche d'isolation du volume protégé	1.00

<sup>6</sup> Exemple: une valeur de consigne variable peut être réalisée à l'aide d'une régulation glissante de la température de la chaudière, ou à l'aide d'une vanne à trois voies immédiatement après la chaudière pour autant qu'elle soit équipée d'une régulation automatique à point de consigne variable.

- Une partie des conduites ou des gaines à l'extérieur de la couche d'isolation du volume protégé	0.95
---	------

#### 9.2.2.4 Rendement du stockage

On prend comme approche simplifiée du rendement mensuel de stockage les valeurs constantes du Tableau 8.

**Tableau 8: Rendement de stockage**

Stockage de chaleur pour le chauffage dans un (ou plusieurs) réservoir(s) tampon (s)	$\eta_{stor,heat,sec i,m}$
Absent	1.00
Présent	
- à l'intérieur du volume protégé	1.00
- à l'extérieur du volume protégé	0.97

### 9.3 Besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire:

#### 9.3.1 Principe

Les besoins bruts mensuels en énergie pour l'eau chaude sanitaire sont obtenus en divisant le besoin net en énergie par le rendement mensuel moyen correspondant du système:

$$Q_{water,bath i,gross,m} = r_{water,bath i,gross} \times \frac{Q_{water,bath i,net,m}}{\eta_{sys,bath i,m}} \quad (MJ)$$

$$Q_{water,sin ki,gross,m} = r_{water,sin ki,gross} \times \frac{Q_{water,sin ki,net,m}}{\eta_{sys,sin ki,m}} \quad (MJ)$$

avec:

$Q_{water,bath i,net,m}$  les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire  $i$ , en MJ, déterminés selon 7.3;

$Q_{water,sin ki,net,m}$  les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un évier de cuisine  $i$ , en MJ, déterminés selon 7.3;

$\eta_{sys,bath i,m}$  le rendement mensuel moyen du système pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire  $i$ , déterminé selon 9.3.2.2 (-);

$\eta_{\text{sys,sink } i, \text{m}}$	le rendement mensuel moyen du système pour l'eau chaude sanitaire d'un évier de cuisine $i$ , déterminé selon 9.3.2.2(-);
$r_{\text{water,bath } i, \text{gross}}$	un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage de l'amenée d'eau froide vers le(s) appareil(s) producteur(s) de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou à une baignoire $i$ , par récupération de la chaleur de l'évacuation, à déterminer selon des règles agréées préalablement par le ministre (-);
$r_{\text{water,sink } i, \text{gross}}$	un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage de l'amenée d'eau froide vers le(s) appareil(s) producteur(s) de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine $i$ , par récupération de la chaleur de l'évacuation, à déterminer selon des règles agréées préalablement par le ministre (-);

Les facteurs de réduction  $r_{\text{water,gross}}$  ne peuvent pas être appliqués dans le cas où l'eau chaude sanitaire destinée à la douche, la baignoire ou l'évier de cuisine est soutirée à une conduite de circulation. Dans ce cas, il faut faire appel au principe d'équivalence.

### 9.3.2 Rendement du système pour l'eau chaude sanitaire

#### 9.3.2.1 Principe

Le rendement du système pour l'eau chaude sanitaire dépend du mode de distribution de l'eau chaude et du mode de puisage. A chaque prélèvement, de l'eau chaude refoule l'eau qui a refroidi entre-temps dans les conduites de puisage. De même, après cette évacuation initiale, l'eau chaude se refroidit lors de son passage dans les conduites de puisage. Les installations à conduite de circulation présentent une déperdition de chaleur proportionnelle à la longueur de la conduite. La conduite de circulation peut concerner aussi bien une unité PEB (par ex. une habitation unifamiliale ou un home de personnes âgées) que plusieurs unités PEB (par exemple les différentes unités d'habitation d'un immeuble à appartements à production centrale collective d'eau chaude sanitaire).

La méthode de détermination du rendement d'un système dit " Combilus " est déterminée par le Ministre.

#### 9.3.2.2 Règle de calcul

On détermine comme suit le rendement du système dans les salles de bains et les cuisines:

- sans conduite de circulation:

$$\eta_{\text{sys,bath } i, \text{m}} = \eta_{\text{tubing,bath } i}$$

$$\eta_{\text{sys,sin } k i, \text{m}} = \eta_{\text{tubing,sin } k i}$$

- avec conduite de circulation:

$$\eta_{\text{sys,bath } i, m} = \eta_{\text{tubing,bath } i} \eta_{\text{water,circ } k, m}$$

$$\eta_{\text{sys,sin } k i, m} = \eta_{\text{tubing,sin } k i} \eta_{\text{water,circ } k, m}$$

avec:

$\eta_{\text{tubing,bath } i}$  la contribution au rendement du système des conduites d'eau sanitaire vers une douche ou une baignoire  $i$ , telle que déterminée ci-dessous (-);

$\eta_{\text{tubing,sin } k i}$  la contribution au rendement du système des conduites d'eau sanitaire vers un évier de cuisine  $i$ , telle que déterminée ci-dessous (-);

$\eta_{\text{water,circ } k, m}$  la contribution au rendement du système des déperditions mensuelles de la conduite de circulation  $k$ , telle que déterminée ci-dessous (-).

On détermine comme suit la contribution des conduites d'eau sanitaire:

- valeurs par défaut:

$$\eta_{\text{tubing,bath } i} = 0.72 \qquad \eta_{\text{tubing,sin } k i} = 0.24$$

- ou, compte tenu de la longueur des conduites:

$$\eta_{\text{tubing,bath } i} = \frac{25}{25 + l_{\text{tubing,bath } i} / r_{\text{water,bath } i, \text{net}}}$$

$$\eta_{\text{tubing,sin } k i} = \frac{9.5}{9.5 + l_{\text{tubing,sin } k i} / r_{\text{water,sin } k i, \text{net}}}$$

avec:

$l_{\text{tubing,bath } i}$  la longueur des conduites vers une douche ou une baignoire  $i$ , en m. S'il n'y a pas de conduite de circulation: on prend la longueur égale à la somme des plus courtes distances à l'horizontale et à la verticale entre le point de raccordement de l'appareil producteur de chaleur concerné pour l'eau chaude sanitaire et le milieu du plancher de la salle de bains considérée. En alternative, on peut également prendre la longueur réelle de la conduite.

S'il y a une conduite de circulation: on prend la longueur égale à la somme des plus courtes distances à l'horizontale et à la verticale entre le point d'embranchement concerné de la conduite de circulation et le milieu du plancher de la salle de bains considérée. En alternative, on peut également prendre la longueur réelle de la conduite;

$r_{\text{water,bath } i, \text{net}}$  un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage de l'amenée d'eau froide vers la douche ou la baignoire  $i$  par récupération de la chaleur de l'évacuation, à

déterminer selon des règles agréées préalablement par le ministre (-);

$l_{\text{tubing, sink } i}$  la longueur des conduites vers un évier de cuisine  $i$ , en m. S'il n'y a pas de conduite de circulation: on prend la longueur égale à la somme des plus courtes distances à l'horizontale et à la verticale entre l'appareil producteur de chaleur concerné pour l'eau chaude sanitaire et le milieu du plancher de la cuisine considérée. En alternative, on peut également prendre la longueur réelle de la conduite.  
S'il y a une conduite de circulation: on prend la longueur égale à la somme des plus courtes distances à l'horizontale et à la verticale entre le point d'embranchement concerné de la conduite de circulation et le milieu du plancher de la cuisine considérée. En alternative, on peut également prendre la longueur réelle de la conduite;

$r_{\text{water, sink } i, \text{net}}$  un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage de l'amenée d'eau froide vers l'évier de cuisine  $i$  par récupération de la chaleur de l'évacuation, à déterminer selon des règles agréées préalablement par le ministre (-);

On détermine comme suit la contribution de la conduite de circulation  $k$ :

$$\eta_{\text{water, circ } k, m} = \frac{Q_{\text{water out, circ } k, m}}{Q_{\text{water out, circ } k, m} + t_m \sum_j \frac{l_{\text{circ } k, j} (60 - \theta_{\text{amb, m, j}})}{R_{1, j}}} \quad (-)$$

avec:

$$Q_{\text{water out, circ } k, m} = \sum_i \left( w_{\text{bath } i, \text{circ } k} \frac{Q_{\text{water, bath } i, \text{net, m}}}{\eta_{\text{tubing, bath } i}} + w_{\text{sink } i, \text{circ } k} \frac{Q_{\text{water, sink } i, \text{net, m}}}{\eta_{\text{tubing, sink } i}} \right) \quad (\text{MJ})$$

et:

$t_m$  la longueur du mois considéré, en Ms, voir Tableau 1;  
 $l_{\text{circ } k, j}$  la longueur du segment  $j$  de la conduite de circulation  $k$ , en m;  
 $\theta_{\text{amb, m, j}}$  la température ambiante moyenne mensuelle du segment de conduite  $j$ , en °C:  
- si le segment de conduite se trouve à l'intérieur du volume protégé, alors:  $\theta_{\text{amb, m, j}} = 18$ ;  
- si le segment de conduite se trouve dans un espace adjacent non chauffé, alors:  $\theta_{\text{amb, m, j}} = 11 + 0.4 \theta_{e, m}$ ;  
- si le segment de conduite se trouve à l'extérieur, alors:

$$\theta_{amb,m,j} = \theta_{e,m};$$

où:

$\theta_{e,m}$  la température extérieure moyenne mensuelle, en °C, selon le Tableau 1;

$R_{l,j}$	la résistance thermique linéaire du segment de conduite $j$ , en mK/W, déterminée selon l'annexe E.3 de ce texte;
$W_{bath\ i,circ\ k}$	un facteur qui prend en compte le fait que la douche ou la baignoire $i$ est ou non desservie par une conduite de circulation $k$ : si oui, on a $W_{bath\ i,circ\ k} = 1$ ; si non, on a $W_{bath\ i,circ\ k} = 0$ ;
$Q_{water,bath\ i,net,m}$	les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire $i$ , déterminés selon 7.3, en MJ;
$W_{sink\ i,circ\ k}$	un facteur qui prend en compte le fait que l'évier de cuisine est ou non desservi par la conduite de circulation: si oui, on a $W_{sink\ i,circ\ k} = 1$ ; si non, on a $W_{sink\ i,circ\ k} = 0$ ;
$Q_{water,sink\ i,net,m}$	les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un évier de cuisine $i$ , déterminés selon 7.3, en MJ.

Il faut effectuer une sommation sur tous les segments  $j$  de la conduite de circulation  $k$  et l'ensemble des douches, baignoires et éviers de cuisine  $i$ .

## **10 Consommation finale d'énergie pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et le refroidissement**

### **10.1 Préambule**

Les appareils de production de chaleur entrent en compte dans l'évaluation de la consommation finale d'énergie. Cela se fait généralement par le biais du rendement de production et, pour les pompes à chaleur, par le biais du facteur de performance saisonnier (FPS). Le cas échéant, on tient compte en même temps de la contribution utile des systèmes d'énergie solaire thermique. Une procédure spécifique s'applique au refroidissement.

Lors de l'extension d'un bâtiment, les cas suivants peuvent se présenter :

- Si l'extension est chauffée par un nouvel appareil de production de chaleur qui fonctionne indépendamment des appareils existants, on applique la procédure ci-dessous dans son entièreté.
- Si on place de nouveaux appareils de production de chaleur qui fonctionnent en combinaison avec les appareils existants, il faut appliquer la procédure ci-dessous sans prendre les appareils existants en considération.

- Si on ne place pas d'appareils supplémentaires, mais que l'on fait uniquement usage d'appareils existants, on peut au choix :
  - appliquer la procédure ci-dessous aux appareils existants pour autant que toutes les informations nécessaires soient disponibles de manière univoque
  - calculer avec les valeurs suivantes par défaut (on suppose alors qu'il s'agit d'appareils de production différents pour le chauffage des locaux et l'eau chaude sanitaire) :
    - source d'énergie : gazole
    - $\eta_{\text{gen,heat}} = 0.77$  (par rapport au PCS)
    - $\eta_{\text{gen,water}} = 0.45$  (par rapport au PCS)

## 10.2 Consommation finale mensuelle d'énergie pour le chauffage des locaux

### 10.2.1 Principe

L'énergie nécessaire pour chauffer un secteur énergétique peut être fournie par 1 seul appareil de production ou par une combinaison d'appareils connectés en parallèle. Afin de traiter ce dernier cas, on introduit le formalisme d'un appareil connecté préférentiel et non préférentiel. Dans le cas (le plus courant) où il n'y a pas d'appareil parallèle, cela correspond à une part préférentielle de 100%. Les expressions ci-après donnent alors comme résultat une consommation nulle pour l'appareil non préférentiel.

### 10.2.2 Règle de calcul

La consommation finale d'énergie pour le chauffage par mois et par secteur énergétique, sans compter l'énergie des auxiliaires, est donnée par:

$$Q_{\text{heat,final,sec i,m,pref}} = \frac{f_{\text{heat,m,pref}} \times (1 - f_{\text{as,heat,sec i,m}}) \times Q_{\text{heat,gross,sec i,m}}}{\eta_{\text{gen,heat,pref}}}$$

(MJ)

$$Q_{\text{heat,final,sec i,m,npref}} = \frac{(1 - f_{\text{heat,m,pref}}) \times (1 - f_{\text{as,heat,sec i,m}}) \times Q_{\text{heat,gross,sec i,m}}}{\eta_{\text{gen,heat,npref}}}$$

(MJ)

où:

$f_{\text{heat,m,pref}}$  la fraction mensuelle de la quantité totale de chaleur fournie par le(s) producteur(s) de chaleur préférentiel(s), tel que déterminé ci-dessous ;

$f_{\text{as,heat,sec i,m}}$  la part des besoins thermiques totaux pour le chauffage d'un secteur énergétique  $i$ , couverte par le système d'énergie solaire thermique, déterminée selon 10.4 (-);

$Q_{heat,gross,seci,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique $i$ , déterminés selon 9.2.1, en MJ;
$\eta_{gen,heat,pref}$	le rendement de production mensuel du/des producteur(s) de chaleur préférentiel(s), déterminé selon 10.2.3 (-);
$\eta_{gen,heat,npref}$	le rendement de production mensuel du/des producteur(s) de chaleur non préférentiel(s), déterminé selon 10.2.3 (-);

En ce qui concerne le regroupement et la répartition de producteurs de chaleur préférentiels et non préférentiels, on applique les mêmes règles que celles spécifiées au 7.1, 7.2.1 et 7.3.1 de l'annexe PEN au présent arrêté.

On détermine la fraction mensuelle de la quantité totale de chaleur fournie par le générateur préférentiel comme suit :

- S'il n'y a qu'un seul type de générateur de chaleur,  $f_{heat,m,pref} = 1$ ;
- Si le générateur de chaleur préférentiel est une chaudière à eau chaude, un générateur d'air chaud, un chauffage électrique par résistance ou une pompe à chaleur, on reprendra les valeurs pour  $f_{heat,m,pref}$  dans le Tableau 9. Pour déterminer la répartition de la puissance totale, on appliquera les mêmes règles que celles exposées au point 7.3.1 de l'annexe PEN de cet arrêté;
- Si le générateur de chaleur préférentiel est une installation de cogénération, on reprendra les valeurs pour  $f_{heat,m,pref}$  au Tableau 10.

**Tableau 9: Valeurs de la fraction mensuelle fonction de la part du système de production de chaleur préférentiel dans la puissance installée totale -cas où le système de production préférentiel n'est pas une cogénération**

Part du producteur préférentiel dans la puissance installée totale	J	F	M	A	M-S	O	N	D
<b>Chaudière à eau chaude, générateur d'air chaud ou chauffage électrique par résistance en tant que producteur préférentiel</b>								
< 0.2	0	0	0	0	0	0	0	0
0.2 - 0.3	0.44	0.46	0.55	0.72	1	0.89	0.54	0.42
0.3 - 0.4	0.68	0.74	0.88	1	1	1	0.87	0.67

> 0.4	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Pompe à chaleur en tant que producteur préférentiel</b>								
< 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1 - 0.2	0.42	0.44	0.53	0.70	1	0.86	0.52	0.40
0.2 - 0.3	0.69	0.73	0.86	1	1	1	0.86	0.66
0.3 - 0.4	0.81	0.86	1	1	1	1	1	0.78
0.4 - 0.6	0.85	0.90	1	1	1	1	1	0.81
0.6 - 0.8	0.86	0.91	1	1	1	1	1	0.82
> 0.8	1	1	1	1	1	1	1	1

**Tableau 10: Valeurs de la fraction mensuelle**  
- cas où le système de production préférentiel est une cogénération

<p><b>Cas: <math>V_{stor,cogen} &lt; V_{stor,30 min}</math>:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>0 \leq x_m &lt; 0.3</math></li> <li>- <math>0.3 \leq x_m &lt; 0.9</math></li> <li>- <math>0.9 \leq x_m &lt; 1.3</math></li> <li>- <math>1.3 \leq x_m &lt; 8.9</math></li> <li>- <math>8.9 \leq x_m</math></li> </ul>	<p style="text-align: center;"><math>0</math></p> <p style="text-align: center;"><math>\frac{2}{3} \cdot x_m - 0.2</math></p> <p style="text-align: center;"><math>0.43 \cdot x_m + 0.013</math></p> <p style="text-align: center;"><math>\frac{1.05 \cdot x_m - 0.245}{(x_m + 0.1)^2}</math></p> <p style="text-align: center;"><math>\frac{1}{x_m}</math></p>
<p><b>Cas: <math>V_{stor,cogen} \geq V_{stor,30 min}</math>:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>0 \leq x_m &lt; 0.05</math></li> <li>- <math>0.05 \leq x_m &lt; 0.35</math></li> <li>- <math>0.35 \leq x_m &lt; 0.9</math></li> </ul>	<p style="text-align: center;"><math>0</math></p> <p style="text-align: center;"><math>1.66 \cdot x_m - 0.083</math></p> <p style="text-align: center;"><math>0.36 \cdot x_m + 0.376</math></p>

- $0.9 \leq x_m < 8.9$	$\frac{1.05 \cdot x_m - 0.245}{(x_m + 0.1)^2}$
- $8.9 \leq x_m$	$\frac{1}{x_m}$

Les symboles présents dans le tableau sont définis comme suit:

$x_m$	une variable auxiliaire, tel que déterminé à l'annexe A.5 de l'annexe PEN au présent arrêté(-);
$V_{stor,cogen}$	le volume d'eau du ballon, servant au stockage de chaleur fournie par l'installation de cogénération, en m <sup>3</sup> ;
$V_{stor,30 min}$	le volume d'eau minimal du ballon afin de couvrir pendant 30 minutes la production de l'installation de cogénération sur site à pleine puissance, en m <sup>3</sup> , tel que déterminé à l'annexe A.6 de l'annexe PEN au présent arrêté, en m <sup>3</sup> .

### 10.2.3 Rendement de production pour le chauffage des locaux et l'humidification

#### 10.2.3.1 Principe

Le rendement de production pour le chauffage est défini comme le rapport entre la fourniture de chaleur par l'installation de production de chaleur au système de distribution de chaleur et l'énergie nécessaire pour générer cette chaleur. La consommation d'énergie électrique des auxiliaires pour les chaudières à eau chaude et les générateurs d'air chaud est calculée au 11.1.2. La consommation d'une veilleuse est, le cas échéant, calculée au 11.1.3.

La détermination du rendement de production, telle que décrite dans ce chapitre, est également d'application à la production de chaleur destinée à l'humidification, voir paragraphe 7.4.1 de l'annexe PEN de cet arrêté.

#### 10.2.3.2 Rendement de production de corps de chauffe qui ne sont pas des pompes à chaleur électriques

On trouve le rendement de production dans le Tableau 11.

**Tableau 11: Rendement de production pour le chauffage (à l'exception des pompes à chaleur électriques)**

Appareil de production de chaleur	Rendement de production $\eta_{gen,heat}$
<u>Chauffage central</u>	
- chaudière à eau chaude à	$f_{NCV/GCV} [\eta_{30\%} + 0.003 (\theta_{30\%} -$

- chaudière à eau chaude non à ..... (1) (2)	$f_{\text{NCV/GCV}} \eta_{30\%}$
- générateur d'air chaud (1)	$f_{\text{NCV/GCV}} \eta_{30\%}$
- cogénération sur site	$\epsilon_{\text{cogen, th}}$
- fourniture de chaleur externe	$\eta_{\text{equiv, heat, dh}}$
- chauffage électrique par résistance	1.00
<b><u>Chauffage local (3)</u></b>	
- poêle au charbon	$f_{\text{NCV/GCV}} 0.77$
- poêle au bois	$f_{\text{NCV/GCV}} 0.77$
- poêle au mazout	$f_{\text{NCV/GCV}} 0.80$
- poêle au gaz	$f_{\text{NCV/GCV}} 0.83$
- chauffage électrique par résistance	1.00
<b>Cas spéciaux</b>	équivalence (4)

(1) Si l'appareil est installé en dehors du volume protégé, il faut diminuer le rendement obtenu de 0.02.

(2) Si la chaudière est équipée d'une régulation qui maintient la chaudière chaude en permanence, et donc aussi pendant les périodes sans demande de chaleur <sup>7</sup> (c.-à-d.: entre 2 périodes de fonctionnement du brûleur, la chaudière ne peut pas se refroidir de manière illimitée, pour atteindre finalement la température ambiante), il faut diminuer le rendement obtenu de 0.05.

(3) Si le fabricant peut présenter, pour le rendement de production d'un corps de chauffe local, une valeur qui a été déterminée suivant des règles agréées au préalable par le ministre, on peut utiliser cette valeur au lieu de la valeur par défaut ci-dessus.

(4) Les dérogations par rapport aux catégories ci-dessus doivent être traitées par demande d'équivalence, s'il n'existe pas de règles agréées au préalable par le ministre.

Les symboles du tableau ont été définis comme suit:

$f_{\text{NCV/GCV}}$  est un facteur de multiplication égal au rapport du pouvoir calorifique inférieur sur le pouvoir calorifique supérieur du combustible utilisé, repris à l'Annexe F de ce texte;

$\eta_{30\%}$  le rendement à charge partielle pour une charge de 30%. Dans le cas de producteurs d'air chaud pour lesquels le

<sup>7</sup> Peu importe que la température de la chaudière reste constante ou qu'elle puisse quand même baisser de manière limitée jusqu'à un niveau de température moins élevé (mais pas tout à fait jusqu'à la température ambiante).

rendement à 30% de charge ne peut pas être mesuré, on peut appliquer la valeur à 100% de charge;

- $\theta_{30\%}$  la température d'entrée de la chaudière à laquelle le rendement à charge partielle de 30% a été déterminé, en °C;
- $\theta_{ave,boiler}$  la température moyenne saisonnière de l'eau de la chaudière à appliquer, tel que déterminé ci-dessous, en °C;
- $\varepsilon_{cogen,th}$  le rendement de conversion thermique pour une cogénération sur site, tel que déterminé à l'annexe A.2 de l'annexe PEN au présent arrêté ;
- $\eta_{heat,dh}$  le rendement pour une fourniture de chaleur externe, à déterminer selon des règles agréées préalablement par le ministre ou, à défaut, sur base d'une demande d'équivalence.

Dans le cas de chaudières à condensation, on détermine la température moyenne saisonnière de l'eau de la chaudière par:

$$\theta_{ave,boiler} = 6.4 + 0.63 \times \theta_{return,design}$$

où:

- $\theta_{ave,boiler}$  la température moyenne saisonnière de l'eau de la chaudière à utiliser, en °C;
- $\theta_{return,design}$  la température de retour de conception du système d'émission de chaleur, en °C.

La valeur par défaut pour la température de retour de conception est de 45°C pour les systèmes de chauffage de surface (chauffage par le sol, par le mur ou par le plafond) et de 70°C pour tous les autres systèmes d'émission de chaleur. Si dans 1 secteur énergétique les deux types de système sont présents, c'est le système ayant la température de retour de conception la plus élevée qui est pris en considération<sup>8</sup>. On peut introduire des valeurs meilleures conformément à des règles agréées au préalable par le ministre ou, à défaut, sur base d'une demande d'équivalence.

La méthode de détermination du rendement de production d'un système dit " Combilus " est déterminée par le Ministre.

### **10.2.3.3 Pompes à chaleur électriques**

En présence de pompes à chaleur électriques, le rendement de production est assimilé au facteur de performance saisonnière moyen (FPS). Le facteur de performance saisonnière moyen exprime le rapport entre la chaleur que la pompe à chaleur fournit au cours de la saison de chauffe et l'énergie nécessaire à cette fin. Le facteur de performance

---

<sup>8</sup> Il est toujours possible de diviser un secteur énergétique en différents secteurs énergétiques plus petits et pour chacun d'entre eux prendre en considération leur système d'émission de chaleur.

saisonnaire moyenne dépend de la température moyenne de l'évaporateur et de la température moyenne du condenseur pendant la période considérée, et de l'énergie nécessaire pour prélever la chaleur à la source et dégivrer l'évaporateur pendant cette période. Le facteur de performance saisonnière moyen diffère selon la source d'où la pompe à chaleur prélève la chaleur:

- Sol. La pompe à chaleur pompe un fluide caloporteur (généralement une solution antigel, par exemple un mélange eau-glycol) à travers un échangeur de chaleur enterré vertical ou horizontal. La chaleur prélevée dans le sol par ce fluide caloporteur est cédée à l'évaporateur. Dans une solution alternative, le fluide réfrigérant de la pompe à chaleur peut circuler directement dans des conduites enterrées et s'y évaporer;
- Nappe phréatique. L'eau de la nappe phréatique est pompée, cède sa chaleur à l'évaporateur et est réinjectée dans le sol;
- Air extérieur. L'air extérieur est amené jusqu'à l'évaporateur à l'aide d'un ventilateur et y cède sa chaleur;
- Air repris. L'air repris du système de ventilation est amené sur l'évaporateur et y cède sa chaleur.

Le ministre peut définir des spécifications complémentaires pour  $COP_{test}$  et pour la détermination du FPS.

#### REMARQUE

Dans le présent texte, on entend par pompes à chaleur des machines actives qui prélèvent de la chaleur à une source à basse température et qui émettent cette chaleur à une température plus élevée pour le chauffage des locaux, pour l'humidification ou pour la production d'eau chaude sanitaire. Une telle augmentation de température de la chaleur s'effectue forcément avec l'apport d'une (quantité moindre d') énergie valorisable.

Avec certains systèmes de ventilation, il est aussi possible de transférer la chaleur de l'air repris à l'air neuf (plus froid) à l'aide d'échangeurs de chaleur passifs. Le transfert de chaleur s'effectue dans ce cas de manière tout à fait naturelle de la température haute vers la température basse sans apport d'énergie supplémentaire (à part une petite quantité d'énergie auxiliaire supplémentaire, par exemple une petite consommation supplémentaire pour les ventilateurs afin de surmonter la perte de charge supplémentaire de l'échangeur de chaleur. Les appareils de ce genre se présentent sous différentes variantes (par exemple échangeurs de chaleur à plaques à flux croisé ou à contre-courant, roues thermiques, échangeurs de chaleur à faisceau tubulaire, systèmes régénérateurs, etc.) et sont désignés ici sous le terme général d'appareil de récupération de chaleur. L'évaluation énergétique des appareils de récupération de chaleur s'effectue lors du traitement des déperditions de ventilation dans [7.4](#).

Quand on utilise des pompes à chaleur pour l'air de ventilation, elles sont souvent combinées avec des appareils de récupération de chaleur. C'est normalement plus intéressant du point de vue énergétique. Pour éviter les doubles comptages, le coefficient de performance de la pompe à chaleur utilisé dans ce chapitre ne peut se rapporter qu'à la pompe à chaleur proprement dite sans intégrer l'effet de l'appareil de récupération de chaleur, puisque ce dernier est explicitement repris dans le calcul du chapitre concernant la ventilation. La combinaison de l'évaluation de la pompe à chaleur au sens strict dans le présent chapitre et de l'appareil de

récupération de chaleur dans le chapitre ventilation donne une évaluation correcte du système combiné dans son ensemble lors de la détermination de la consommation d'énergie caractéristique.

On suppose le rendement de production des pompes à chaleur égal au facteur de performance saisonnière moyen, FPS:

$$\eta_{\text{gen,heat}} = \text{FPS}$$

avec:

$$\text{FPS} = f_{\theta,\text{heat}} f_{\Delta\theta} f_{\text{pumps}} f_{\text{AHU}} \text{COP}_{\text{test}} \quad (-)$$

où:

- $f_{\theta,\text{heat}}$  un facteur de correction pour l'écart entre la température de départ de conception vers le système d'émission de chaleur (ou le cas échéant le stockage de chaleur) et la température de sortie du condenseur dans l'essai selon la norme NBN EN 14511, en cas de transport de chaleur par l'eau;
- $f_{\Delta\theta}$  un facteur de correction pour l'écart dans la variation de température, d'une part, du système d'émission de chaleur dans des conditions de conception (ou le cas échéant le stockage de chaleur) et, d'autre part, de l'eau à travers le condenseur dans des conditions d'essai selon la norme NBN EN 14511, en cas de transport de chaleur par l'eau;
- $f_{\text{pumps}}$  un facteur de correction pour la consommation d'énergie d'une pompe sur le circuit vers l'évaporateur;
- $f_{\text{AHU}}$  un facteur de correction pour la différence entre le débit d'air de conception et le débit d'air lors de l'essai selon la norme NBN EN 14511.  $f_{\text{AHU}}$  intervient uniquement pour les pompes à chaleur couplées à l'air de ventilation;
- $\text{COP}_{\text{test}}$  le coefficient de performance (coefficient of performance) de la pompe à chaleur selon la norme NBN EN 14511 dans les conditions d'essai décrites dans le tableau 12 ci-dessous :

**Tableau 12 : Conditions d'essai pour la détermination du  $\text{COP}_{\text{test}}$**

Source de chaleur	Emission de chaleur	Conditions de test
<b>sur base du tableau 3 de la NBN EN 14511-2</b>		
air extérieur, éventuellement en combinaison avec de l'air rejeté	air recyclé, éventuellement en combinaison avec de l'air extérieur	A2/A20
air extérieur, éventuellement en combinaison avec de l'air rejeté	uniquement de l'air extérieur, sans utilisation d'un appareil de récupération de chaleur	A2/A2

uniquement de l'air extérieur	uniquement de l'air extérieur, en utilisant un appareil de récupération de chaleur	A2/A20
uniquement de l'air rejeté, sans utilisation d'un appareil de récupération de chaleur	air recyclé, éventuellement en combinaison avec de l'air extérieur	A20/A20
uniquement de l'air rejeté, sans utilisation d'un appareil de récupération de chaleur	uniquement de l'air extérieur, sans utilisation d'un appareil de récupération de chaleur	A20/A2
uniquement de l'air rejeté, en utilisant un appareil de récupération de chaleur	air recyclé, éventuellement en combinaison avec de l'air extérieur	A2/A20
<b>sur base du tableau 5 de la NBN EN 14511-2</b>		
sol par l'intermédiaire d'un circuit hydraulique	air recyclé, éventuellement en combinaison avec de l'air extérieur	B0/A20
sol par l'intermédiaire d'un circuit hydraulique	uniquement de l'air extérieur, sans utilisation d'un appareil de récupération de chaleur	B0/A2
sol par l'intermédiaire d'un circuit hydraulique	uniquement de l'air extérieur, en utilisant un appareil de récupération de chaleur	B0/A20
sol par l'intermédiaire d'eau souterraine	air recyclé, éventuellement en combinaison avec de l'air extérieur	W10/A20
sol par l'intermédiaire d'eau souterraine	uniquement de l'air extérieur, sans utilisation d'un appareil de récupération de chaleur	W10/A2

sol par l'intermédiaire d'eau souterraine	uniquement de l'air extérieur, en utilisant un appareil de récupération de chaleur	W10/A20
<b>sur base du tableau 7 de la NBN EN 14511-2</b>		
sol par l'intermédiaire d'un circuit hydraulique	eau	B0/W35
sol par l'intermédiaire d'eau souterraine	eau	W10/W35
<b>sur base du tableau 12 de la NBN EN 14511-2</b>		
uniquement de l'air extérieur, éventuellement en combinaison avec de l'air rejeté sans utilisation d'un appareil de récupération de chaleur	eau	A2/W35
uniquement de l'air rejeté, sans utilisation d'un appareil de récupération de chaleur	eau	A20/W35
<p>où :</p> <p>A air comme vecteur (air). Le chiffre qui suit est la température d'entrée au bulbe sec, en °C.</p> <p>B fluide intermédiaire avec une température de congélation inférieure à celle de l'eau (brine). Le chiffre qui suit est la température d'entrée à l'évaporateur, en °C.</p> <p>W eau comme vecteur (water). Le chiffre qui suit est la température d'entrée à l'évaporateur ou la température de sortie au condenseur, en °C.</p>		

NOTE: certaines conditions d'essai correspondent aux 'standard rating conditions' de la NBN EN 14511-2, d'autres correspondent aux 'application rating conditions'. La plupart des conditions d'essai pour le chauffage direct de l'air extérieur constituent un ajout: ces combinaisons spécifiques ou conditions de températures n'apparaissent pas telles quelles dans la norme.

*Facteur de correction  $f_{\theta,heat}$*

L'air comme fluide caloporteur:  $f_{\theta,heat} = 1$

- L'eau comme fluide caloporteur:  $f_{\theta,heat} = 1 + 0.01(43 - \theta_{supply,design})$

avec :

$\theta_{supply,design}$  la température de départ vers le système d'émission de chaleur en °C dans les conditions de conception. Il faut tenir compte ici non seulement du système d'émission, mais aussi du dimensionnement d'un éventuel réservoir tampon (température maximum de stockage). On peut prendre comme valeur par défaut pour les systèmes de chauffage de surface (chauffage par le sol, le mur et le plafond)  $\theta_{supply,design} = 55^\circ\text{C}$  et, pour tous les autres systèmes d'émission,  $\theta_{supply,design} = 90^\circ\text{C}$ .

Si dans 1 secteur énergétique les deux types de système sont présents, c'est le système ayant la température de départ la plus élevée qui est pris en considération<sup>9</sup>.

On peut introduire des valeurs meilleures conformément à des règles agréées au préalable par le ministre ou, à défaut, sur base d'une demande d'équivalence.

*Facteur de correction  $f_{\Delta\theta}$*

- L'air comme fluide caloporteur:  $f_{\Delta\theta} = 1$

- L'eau comme fluide caloporteur:  $f_{\Delta\theta} = 1 + 0.01(\Delta\theta_{design} - \Delta\theta_{test})$  avec  $\Delta\theta_{design}$ , l'écart de température en °C entre le départ et le retour du système d'émission (ou le cas échéant le stockage de chaleur) dans des conditions de conception, et  $\Delta\theta_{test}$ , l'augmentation de température de l'eau à travers le condenseur en °C, lors des essais selon la norme NBN EN 14511. On peut prendre  $f_{\Delta\theta} = 0.93$  comme valeur par défaut.

*Facteur de correction  $f_{pumps}$*

---

<sup>9</sup> Il est toujours possible de diviser un secteur énergétique en différents secteurs énergétiques plus petits et pour chacun d'entre eux prendre en considération leur système d'émission de chaleur.

- Pas de pompe pour l'apport de chaleur vers l'évaporateur:  $f_{\text{pumps}}=1$  (c.-à-d. l'air comme source de chaleur ou évaporation directe dans le sol);
- Puissance électrique de la pompe inconnue:  $f_{\text{pumps}} = 5/6$ ;
- Puissance électrique de la pompe ( $P_{\text{pumps}}$ , en kW) connue:
 
$$f_{\text{pumps}} = \frac{1}{1 + P_{\text{pumps}}/P_{\text{HP}}}$$
 avec  $P_{\text{HP}}$ , la puissance électrique (en kW) de la pompe à chaleur selon la norme NBN EN 14511 dans les mêmes conditions d'essai que pour la détermination de  $\text{COP}_{\text{test}}$ .

*Facteur de correction  $f_{\text{AHU}}$*

Ce facteur intervient uniquement quand on utilise l'alimentation de la ventilation et/ou l'évacuation de la ventilation.

- Air de ventilation repris comme seule source de chaleur (sans mélange préalable avec de l'air extérieur), air de ventilation fourni comme seul fluide caloporteur (sans recyclage de l'air du local).

$$f_{\text{AHU}} = \frac{0.51 + 0.7 \min(\dot{V}_{\text{supply}}, \dot{V}_{\text{extr}})/\dot{V}_{\text{max}}}{0.51 + 0.7 \dot{V}_{\text{test}}/\dot{V}_{\text{max}}}$$

On peut prendre comme valeur par défaut:  $f_{\text{AHU}} = 0.51$

- Air de ventilation repris comme seule source de chaleur (sans mélange préalable avec l'air extérieur), l'émission de chaleur ne se faisant pas uniquement vers l'air de ventilation fourni:

$$f_{\text{AHU}} = \frac{0.75 + 0.35 \dot{V}_{\text{extr}}/\dot{V}_{\text{max}}}{0.75 + 0.35 \dot{V}_{\text{test}}/\dot{V}_{\text{max}}}$$

On peut prendre comme valeur par défaut:  $f_{\text{AHU}} = 0.75$

- Air de ventilation fourni comme seul fluide caloporteur (sans recyclage de l'air du local), l'air de ventilation repris n'étant pas la seule source de chaleur:

$$f_{\text{AHU}} = \frac{0.75 + 0.35 \dot{V}_{\text{supply}}/\dot{V}_{\text{max}}}{0.75 + 0.35 \dot{V}_{\text{test}}/\dot{V}_{\text{max}}}$$

On peut prendre comme valeur par défaut:  $f_{\text{AHU}} = 0.75$

- Dans tous les autres cas:  $f_{\text{AHU}}=1$ ;

Avec :

$\dot{V}_{\text{max}}$  le débit d'air maximal dans l'installation en  $\text{m}^3/\text{h}$ , tel qu'indiqué par le fabricant. Si le fabricant indique une plage de débits, on prend alors la valeur la plus grande ;

$\dot{V}_{\text{test}}$	le débit d'air dans l'installation en m <sup>3</sup> /h lors de l'essai selon la norme NBN EN 14511;
$\dot{V}_{\text{extr}}$	le débit d'évacuation de conception dans l'installation en m <sup>3</sup> /h;
$\dot{V}_{\text{supply}}$	le débit d'alimentation de conception dans l'installation en m <sup>3</sup> /h;

### 10.3 Consommation finale mensuelle d'énergie pour l'eau chaude sanitaire

#### 10.3.1 Principe

L'énergie nécessaire pour produire de l'eau chaude sanitaire peut être fournie par un seul appareil de production ou par une combinaison d'appareils connectés en parallèle. On peut éventuellement utiliser différents appareils (ou une combinaison d'appareils) pour les différents points de puisage de la salle de bains et de la cuisine. En raison du cas où plusieurs appareils sont montés en parallèle, on introduit le formalisme d'un appareil connecté préférentiel et non préférentiel, de manière tout à fait analogue au cas du chauffage. Dans le cas (le plus courant) où il n'y a pas d'appareil parallèle, cela correspond à une part préférentiel de 100%. Les expressions ci-après donnent alors comme résultat une consommation nulle pour l'appareil non préférentiel.

#### 10.3.2 Règle de calcul

La consommation finale d'énergie pour l'eau chaude sanitaire est donnée par mois par :

$$Q_{\text{water, bath i, final, m, pref}} = \frac{f_{\text{water, bath i, m, pref}} \times (1 - f_{\text{as, water, bath i, m}}) \times Q_{\text{water, bath i, gross, m}}}{\eta_{\text{gen, water, bath i, m, pref}}} \quad (\text{MJ})$$

$$Q_{\text{water, bath i, final, m, npref}} = \frac{(1 - f_{\text{water, bath i, m, pref}}) \times (1 - f_{\text{as, water, bath i, m}}) \times Q_{\text{water, bath i, gross, m}}}{\eta_{\text{gen, water, bath i, m, npref}}} \quad (\text{MJ})$$

$$Q_{\text{water, sin ki, final, m, pref}} = \frac{f_{\text{water, sin ki, m, pref}} \times (1 - f_{\text{as, water, sin ki, m}}) \times Q_{\text{water, sin ki, gross, m}}}{\eta_{\text{gen, water, sin ki, m, pref}}} \quad (\text{MJ})$$

$$Q_{\text{water, sin ki, final, m, npref}} = \frac{(1 - f_{\text{water, sin ki, m, pref}}) \times (1 - f_{\text{as, water, sin ki, m}}) \times Q_{\text{water, sin ki, gross, m}}}{\eta_{\text{gen, water, sin ki, m, npref}}} \quad (\text{MJ})$$

avec :

$f_{\text{water, m, pref}}$  la fraction mensuelle de la fourniture totale de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire

par le(s) producteur(s) de chaleur préférentiel(s), avec l'indice 'bath i' ou 'sink i' selon le cas (-):

- \* s'il y a seulement 1 appareil, on a:  $f_{\text{water,m,pref}} = 1$ ;
- \* s'il y a plusieurs producteurs de chaleur parallèles et que ces appareils assurent également le chauffage, on tire la valeur du Tableau 9 ou Tableau 10 en fonction des cas;
- \* s'il y a plusieurs producteurs de chaleur parallèles et que ces appareils assurent uniquement la préparation de l'eau chaude sanitaire, on pose que  $f_{\text{water,m,pref}}$  est égal au rapport entre la puissance installée de l'appareil préférentiel et la puissance installée totale des appareils producteurs de chaleur pour l'eau chaude sanitaire;

$f_{\text{as,m}}$	la part des besoins de chaleur totaux couverte par le système d'énergie solaire thermique, déterminée selon 10.4. Avec les indices 'water,bath i' et 'water,sink i' pour la préparation d'eau chaude sanitaire, soit pour la douche/baignoire i, et pour l'évier de cuisine i, respectivement;
$Q_{\text{water,bath i,gross,m}}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire i, déterminés selon 9.3.1, en MJ;
$Q_{\text{water,sink i,gross,m}}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un évier de cuisine i, déterminés selon 9.3.1, en MJ;
$\eta_{\text{gen,water,bath i,m,pref}}$	le rendement de production mensuel du/des producteur(s) de chaleur préférentiel(s) pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou une baignoire i, déterminé selon 10.3.3 (-);
$\eta_{\text{gen,water,bath i,m,npref}}$	le rendement de production mensuel du/des producteur(s) de chaleur non préférentiel(s) pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou une baignoire i, déterminé selon 10.3.3 (-);
$\eta_{\text{gen,water,sink i,m,pref}}$	le rendement de production mensuel du/des producteur(s) de chaleur préférentiel(s) pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine i, déterminé selon 10.3.3 (-);
$\eta_{\text{gen,water,sink i,m,npref}}$	le rendement de production mensuel du/des producteur(s) de chaleur non préférentiel(s) pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine i, déterminé selon 10.3.3 (-).

### **10.3.3 Rendement de production pour l'eau chaude sanitaire**

#### **10.3.3.1 Principe**

Le rendement de production d'une installation de production de chaleur destinée à l'eau chaude sanitaire est défini comme le rapport entre la fourniture de chaleur utile à l'eau, mesurée au point de départ de la

conduite d'eau chaude sanitaire (selon le cas à partir de l'appareil producteur ou du réservoir de stockage), et l'énergie nécessaire pour produire cette chaleur, y compris les déperditions de stockage et l'éventuelle énergie électrique des auxiliaires. La consommation d'une veilleuse est, le cas échéant, calculée dans 11.1.3.

### 10.3.3.2 Valeurs de calcul

On prend les valeurs du Tableau . Ce tableau est valable tant pour les appareils producteurs qui réchauffent uniquement l'eau sanitaire, que pour les appareils qui assurent aussi bien le chauffage des locaux que l'approvisionnement en eau chaude sanitaire.

Les installations de production qui réchauffent l'eau instantanément, génèrent de la chaleur uniquement aux moments où l'on prélève de l'eau chaude sanitaire, sans qu'il y ait stockage de chaleur quelque part dans l'installation, sous une forme ou une autre. Dès que le puisage d'eau chaude cesse, la production de chaleur s'arrête aussi complètement dans ces installations et l'ensemble du système refroidit jusqu'à température ambiante.

Les installations de production avec stockage de chaleur tiennent une quantité de chaleur à disposition dans un réservoir de stockage, y compris aux moments où l'on ne prélève pas d'eau chaude. Le stockage de chaleur peut se faire aussi bien sous la forme de l'eau chaude sanitaire proprement dite, que sous la forme d'eau de chaudière; dans ce dernier cas, l'eau sanitaire est réchauffée par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur au moment précis des prélèvements. Les mêmes rendements de production restent d'application même si l'installation ne maintient pas de la chaleur à disposition en permanence, mais peut refroidir librement pendant certaines périodes (la nuit, p. ex).

**Tableau 13: Valeurs de calcul pour le rendement de production  $\eta_{\text{gen,water}}$  pour la préparation d'eau chaude sanitaire**

	chauffage instantané	avec stockage de chaleur
chaudière à eau chaude à condensation (1)	$f_{\text{NCV/GCV}}[\eta_{30\%} + 0.003(\theta_{30\%} - 30)]$	$f_{\text{NCV/GCV}}[\eta_{30\%} + 0.003(\theta_{30\%} - 30)] - 0.05$
chaudière à eau chaude non à condensation (1)	$f_{\text{NCV/GCV}} \eta_{30\%}$	$f_{\text{NCV/GCV}} \eta_{30\%} - 0.05$
chauffage électrique par résistance	1	0.95
pompe à chaleur électrique	1.45	1.40
cogénération sur site (1)	$\epsilon_{\text{cogen, th}}$	$\epsilon_{\text{cogen, th}} - 0.05$
fourniture de chaleur externe	$\eta_{\text{equiv, water, dh}}$	$\eta_{\text{equiv, water, dh}} - 0.05$

autres cas	équivalence (2)
------------	-----------------

(1) Ces chiffres indiquent déjà les rendements par rapport au pouvoir calorifique supérieur.

(2) Les dérogations par rapport aux catégories ci-dessus doivent être traitées par demande d'équivalence, s'il n'y a pas de règles agréées au préalable par le ministre.

Les symboles du tableau ont été définis comme suit:

$f_{\text{NCV/GCV}}$  est un facteur de multiplication égal au rapport du pouvoir calorifique inférieur sur le pouvoir calorifique supérieur du combustible utilisé, repris à l'Annexe F de ce texte

$\eta_{30\%}$  le rendement à charge partielle pour une charge de 30%. Dans le cas de producteurs d'air chaud pour lesquels le rendement à 30% de charge ne peut pas être mesuré, on peut appliquer la valeur à 100% de charge;

$\theta_{30\%}$  la température d'entrée de la chaudière à laquelle le rendement à charge partielle de 30% a été déterminé, en °C;

$\varepsilon_{\text{cogen, th}}$  le rendement de conversion thermique pour une cogénération sur site, tel que déterminé à l'annexe A.2 de l'annexe PEN au présent arrêté;

$\eta_{\text{equiv, heat, dh}}$  le rendement à considérer pour une fourniture de chaleur externe pour la préparation d'eau chaude sanitaire, à déterminer selon des règles agréées préalablement par le ministre ou, à défaut, sur base d'une demande d'équivalence.

La méthode de détermination du rendement de production d'un système dit " Combilus " est déterminée par le Ministre.

#### **10.4 Contribution énergétique utile mensuelle d'un système d'énergie solaire thermique**

La contribution énergétique utile mensuelle d'un système d'énergie solaire thermique se détermine comme suit :

- Si le système dessert le chauffage des locaux ainsi que l'eau chaude sanitaire, se reporter à 10.4.1;
- S'il dessert uniquement l'eau chaude sanitaire, se reporter à 10.4.2;
- S'il n'y a pas de système d'énergie solaire thermique qui dessert le secteur énergétique  $i$ ,  $f_{\text{as, heat, sec } i, m}$  est nul;

- Si un point de puisage particulier (de la baignoire / douche  $i$  ou d'un évier de cuisine  $i$  n'est pas préchauffé par un système d'énergie solaire thermique, la valeur respective de  $f_{as,water,bath\ i,m}$  et/ ou  $f_{as,water,sink\ i,m}$  est nulle.

#### 10.4.1 Chauffage des locaux et eau chaude sanitaire

##### 10.4.1.1 Approche simple

On détermine la contribution énergétique utile mensuelle (comme part de la demande totale de chaleur) d'un système d'énergie solaire thermique destiné au chauffage et à la préparation d'eau chaude sanitaire comme suit<sup>10</sup>:

$$f_{as,heat,sec\ i,m} = f_{as,water,bath\ i,m} = f_{as,water,sink\ i,m} = \min\left(1, \eta_{as,sh+wh,m} Q_{as,m} / Q_{demand,as,sh+wh,m}\right)$$

avec :

$$Q_{as,m} = \sum_j (A_{as,j} I_{as,m,shad,j}) \quad (\text{MJ})$$

$$Q_{demand,as,sh+wh,m} = Q_{demand,as,water,m} + \sum_i Q_{heat,gross,seci,m} \quad (\text{MJ})$$

$$Q_{demand,as,water,m} = \sum_i (Q_{water,bath\ i,gross,m} + Q_{water,sink\ i,gross,m}) \quad (\text{MJ})$$

et où :

$\eta_{as,sh+wh,m}$	le rendement mensuel moyen du système d'énergie solaire thermique;
$Q_{as,m}$	l'ensoleillement mensuel du système d'énergie solaire thermique, compte tenu de l'ombrage, en MJ;
$Q_{demand,as,sh+wh,m}$	la demande de chaleur totale à laquelle le système d'énergie solaire contribue, en MJ;
$A_{as,j}$	l'aire d'entrée des capteurs à orientation $j$ du système d'énergie solaire thermique, en $m^2$ ;
$I_{as,m,shad,j}$	l'ensoleillement de la surface des capteurs à orientation $j$ pour le mois considéré, compte tenu de l'ombrage, en $\text{MJ}/m^2$ , déterminé selon l'Annexe C;
$Q_{demand,as,water,m}$	la demande mensuelle de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire, à laquelle le système d'énergie solaire contribue, en MJ;
$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique $i$ , déterminés selon 9.2.1, en MJ;

---

<sup>10</sup> Le terme anglais pour  $f$  est 'solar fraction', traduit par la suite par 'fraction solaire'. Elle peut théoriquement varier entre une valeur de 0 (contribution nulle de l'énergie solaire) et une valeur de 1 (couverture totale par l'énergie solaire).

$Q_{\text{water,bath } i,\text{gross,m}}$  les besoins mensuels bruts en énergie pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou une baignoire  $i$ , déterminés selon 9.3.1, en MJ;

$Q_{\text{water,sink } i,\text{gross,m}}$  les besoins mensuels bruts en énergie pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine  $i$ , déterminés selon 9.3.1, en MJ.

Il faut faire une sommation sur toutes les orientations  $j$ , tous les secteurs énergétiques  $i$  auxquels le système d'énergie solaire fournit de la chaleur pour le chauffage, et sur l'ensemble des douches, baignoires et éviers de cuisine  $i$  auxquels le système d'énergie solaire fournit de la chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire.

Le rendement mensuel moyen constant du système d'énergie solaire thermique est calculé comme suit:

si  $\sum_i Q_{\text{heat,gross,sec } i,\text{m}} > 0$

$$\eta_{\text{as,sh+wh,m}} = \min \left\{ 0.16 + 0.2 \frac{Q_{\text{demand,as,water,a}}}{Q_{\text{as,a}}} + 0.015 \frac{\sum_i Q_{\text{heat,gross,sec } i,\text{m}}}{Q_{\text{as,m}}}, 0.8 \right\} \quad (-)$$

si  $\sum_i Q_{\text{heat,gross,sec } i,\text{m}} = 0$

$$\eta_{\text{as,sh+wh,m}} = \min \left\{ 0.16 + 0.2 \frac{Q_{\text{demand,as,water,a}}}{Q_{\text{as,a}}}, 0.8 \right\} \quad (-)$$

avec:

$Q_{\text{demand,as,water,a}}$  la demande annuelle de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire de l'installation, en MJ (égale à la somme des 12 besoins énergétiques mensuels bruts pour la préparation d'eau chaude sanitaire,  $Q_{\text{demand,as,water,m}}$ , en MJ);

$Q_{\text{heat,gross,sec } i,\text{m}}$  les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique  $i$ , déterminés selon 9.2.1, en MJ;

$Q_{\text{as,a}}$  l'ensoleillement annuel du système d'énergie solaire thermique, en MJ (égal à la somme de l'ensoleillement de chacun des 12 mois, en MJ).

Il faut faire une sommation sur tous les secteurs énergétiques  $i$  auxquels le système d'énergie solaire fournit de la chaleur pour le chauffage.

#### 10.4.1.2 Calcul détaillé

Si l'on connaît la conception du système d'énergie solaire thermique et les caractéristiques de chacun des éléments, on peut déterminer sa contribution énergétique mensuelle utile (fraction solaire) à l'aide d'un programme de calcul approprié, préalablement agréé par le ministre.

L'énergie des auxiliaires (par exemple pour un circulateur) doit, en outre, être multipliée par le facteur de conversion en énergie primaire pour l'électricité et soustraite lors de la détermination de la contribution énergétique mensuelle utile.

#### 10.4.2 Eau chaude sanitaire

##### 10.4.2.1 Méthode simple

On détermine la contribution mensuelle utile (égale à la part de la demande totale de chaleur de l'installation) d'un système d'énergie solaire thermique qui participe uniquement à la préparation de l'eau chaude sanitaire comme suit:

$$f_{as,water,bath i,m} = f_{as,water,sin ki,m} = \min\left(1, \eta_{as,water,m} \cdot Q_{as,m} / Q_{demand,as,water,m}\right) \quad (-)$$

avec:

- $\eta_{as,water,m}$  le rendement mensuel moyen du système d'énergie solaire thermique;
- $Q_{as,m}$  l'ensoleillement mensuel du système d'énergie solaire thermique, compte tenu de l'ombrage, en MJ, déterminé selon 10.4.1.1;
- $Q_{demand,as,water,m}$  la demande de chaleur mensuelle totale de l'installation pour la préparation de l'eau chaude sanitaire, en MJ, déterminée selon 10.4.1.1.

Le rendement mensuel moyen du système d'énergie solaire thermique est calculé comme suit:

$$\eta_{as,water,m} = \min\left\{\max\left(0, 0.16 + 0.20 \frac{Q_{demand,as,water,a}}{Q_{as,a}}\right), 0.8\right\} \quad (-)$$

avec:

- $Q_{demand,as,water,a}$  la demande annuelle de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire à laquelle le système d'énergie solaire contribue, en MJ (égale à la somme des 12 besoins énergétiques mensuels bruts pour la préparation d'eau chaude sanitaire,  $Q_{demand,as,water,m}$ , en MJ);
- $Q_{as,a}$  l'ensoleillement annuel du système d'énergie solaire thermique, en MJ (égal à la somme de l'ensoleillement de chacun des 12 mois, en MJ).

##### 10.4.2.2 Calcul détaillé

Si l'on connaît la conception du système d'énergie solaire et les caractéristiques de chacun des éléments, on peut déterminer leur contribution énergétique utile mensuelle (fraction solaire) à l'aide d'un programme de calcul approprié, préalablement agréé par le ministre. L'énergie des auxiliaires (par exemple pour un circulateur) doit, en outre, être multipliée par le facteur de conversion en énergie primaire

pour l'électricité et soustraite lors de la détermination de la contribution énergétique mensuelle utile.

### 10.5 Consommation d'énergie mensuelle équivalente pour le refroidissement

S'il y a trop de gains de chaleur excédentaires, le risque de surchauffe est élevé. Même si on n'installe pas de refroidissement actif lors de la construction, il est possible qu'on en installe un par la suite. C'est pourquoi on tient compte également, dans ces cas, d'une consommation de refroidissement fictive équivalente, voir chapitre 8.

On détermine la consommation d'électricité mensuelle équivalente pour le refroidissement comme suit:

$$Q_{cool,final,seci,m} = \frac{Q_{cool,net,seci,m}}{8.1} \quad (\text{kWh})$$

avec:

$Q_{cool,net,seci,m}$  les besoins mensuels nets en énergie pour le refroidissement d'un secteur énergétique  $i$ , calculés selon 8.5;

8.1 le produit du rendement forfaitaire du système (0.9), d'un EER forfaitaire du système de refroidissement (2.5) et du facteur de conversion de MJ en kWh (3.6).

## 11 Consommation mensuelle d'énergie des auxiliaires

### 11.1 Consommation mensuelle d'énergie pour les fonctions auxiliaires

#### 11.1.1 Principe

La consommation conventionnelle d'énergie des fonctions auxiliaires est déterminée dans le présent chapitre. La conversion en consommation d'énergie primaire s'effectue au 13.5.

#### 11.1.2 Règle de calcul pour la consommation d'énergie électrique des auxiliaires pour le chauffage des locaux

On détermine la consommation d'électricité mensuelle pour les fonctions auxiliaires comme suit:

$$W_{aux,heat,m} = \sum_j \left( \frac{\sum_i Q_{heat,gross,seci,m}}{\sum_i Q_{heat,gross,seci,a}} \right) W_{aux,heat,j} \quad (\text{kWh})$$

avec:

$$Q_{heat,gross,seci,a} = \sum_{m=1}^{12} Q_{heat,gross,seci,m} \quad (\text{MJ})$$

et où:

$Q_{\text{heat,gross,sec } i,m}$  les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage du secteur énergétique  $i$ , en MJ, calculés selon 9.2;

$W_{\text{aux,heat},j}$  la consommation d'électricité de la fonction auxiliaire, faisant partie de l'installation, en kWh, reprise au Tableau .

Il faut faire une sommation sur tous les appareils de type  $j$  qui desservent l'unité PEB, et sur tous les secteurs énergétiques  $i$  de l'unité PEB considérée, desservie par l'appareil de type  $j$ .

La consommation éventuelle d'énergie des auxiliaires par les appareils de chauffage locaux a déjà été prise en compte dans le rendement de production et n'est donc plus considéré à nouveau dans les calculs.

**Tableau 14: Valeurs de calcul pour la consommation d'électricité des fonctions auxiliaires des installations de chauffage des locaux**

( $V_{\text{sec } i}$ : volume du secteur énergétique  $i$ )

Appareil/composant	Variantes	Consommation d'énergie auxiliaire $W_{\text{aux,heat},j}$ (kWh)
Circulateur par unité d'habitation	Sans régulation du circulateur	$0.70 \sum V_{\text{sec } i}$
	Avec régulation du circulateur	$0.35 \sum V_{\text{sec } i}$
Circulateur pour plusieurs unités d'habitation	En cas d'approvisionnement séparé en eau chaude sanitaire: circulateur uniquement pour le chauffage des locaux (fonctionnant uniquement pendant la saison de chauffe)	$0.35 \sum V_{\text{sec } i}$
	Le circulateur sert aussi pour l'approvisionnement en eau chaude sanitaire par l'intermédiaire d'un circuit de fourniture: en fonctionnement toute l'année	$0.70 \sum V_{\text{sec } i}$
Autres circulateurs	Circulateur supplémentaire en cas d'utilisation d'un réservoir de stockage pour le chauffage	$0.10 \sum V_{\text{sec } i}$
	Circulateur supplémentaire entre l'appareil de production de chaleur et les collecteurs/conduites de distribution	$0.10 \sum V_{\text{sec } i}$

	Circulateur supplémentaire pour un échangeur de chaleur dans une caisson de traitement d'air	0.10 $\Sigma V_{sec\ i}$
Chaudière/générateur	Ventilateur intégré	0.30 $\Sigma V_{sec\ i}$
Chaudière/générateur	Electronique	0.20 $\Sigma V_{sec\ i}$

Il faut effectuer une sommation sur le volume de tous les secteurs énergétiques  $i$  de l'unité PEB considéré desservis par l'appareil. Dans le cas d'un caisson de traitement d'air, il s'agit de tous les secteurs énergétiques dans lesquels de l'air réchauffé est amené.

### 11.1.3 Règle de calcul de la consommation d'énergie des veilleuses

La consommation mensuelle d'énergie auxiliaire des veilleuses est obtenue pour chacun des 12 mois de l'année<sup>11</sup> comme le produit de la durée du mois et de la somme des puissances de toutes les veilleuses:

$$Q_{pilot,m} = t_m \sum_j P_{pilot,j} \quad (MJ)$$

avec:

$t_m$  la durée du mois considéré, en Ms, reprise au Tableau 1;

$P_{pilot,j}$  une valeur de calcul fixe pour la puissance d'une veilleuse, à savoir 80 W.

Il faut faire une sommation sur tous les appareils producteurs de chaleur  $j$  équipés d'une veilleuse, qu'ils servent au chauffage des locaux et/ou à la préparation d'eau chaude sanitaire. Seule exception: les appareils de chauffage locaux. Pour ces appareils, la consommation de la veilleuse a déjà été prise en compte dans le rendement de production.

Si un appareil avec veilleuse dessert plusieurs unités\_PEB, la consommation de sa veilleuse est imputée à chacun des unités\_PEB au prorata de leur volume relatif.

## 11.2 Consommation mensuelle d'électricité des ventilateurs

### 11.2.1 Principe

La consommation mensuelle d'électricité des ventilateurs présents dans les systèmes de ventilation mécanique et/ou dans les systèmes de

---

<sup>11</sup> On admet par convention que la veilleuse reste allumée dans tous les cas pendant les 12 mois de l'année.

chauffage à air est calculée sur la base d'une valeur de calcul pour la puissance électrique des ventilateurs, suivant:

- 11.2.2 pour le(s) ventilateur(s) qui ser(ven)t uniquement pour une ventilation hygiénique;
- 11.2.3 pour le(s) ventilateur(s) qui ser(ven)t au chauffage à air (en combinaison ou non avec une ventilation hygiénique).

La consommation totale mensuelle d'électricité est la somme des deux:

$$\bar{W}_{\text{aux,fans,m}} = \bar{W}_{\text{aux,fans,vent,m}} + \bar{W}_{\text{aux,fans,heat,m}} \quad (\text{kWh})$$

## 11.2.2 Ventilateurs qui servent uniquement pour une ventilation hygiénique

### 11.2.2.1 Règle de calcul

On détermine la consommation mensuelle d'électricité des ventilateurs comme suit:

$$\bar{W}_{\text{aux,fans,vent,m}} = t_m \left( \sum_j \Phi_{\text{fans,vent,j}} \right) / 3.6 \quad (\text{kWh})$$

avec:

- $t_m$  la longueur du mois considéré, en Ms, voir Tableau 1;
- $\Phi_{\text{fans,vent,j}}$  la valeur de calcul de la puissance électrique moyenne d'un ventilateur j déterminée selon 11.2.2.2, en W.

Il faut effectuer une sommation sur tous les ventilateurs j qui contribuent à la ventilation hygiénique de l'unité PEB (insufflation et/ou extraction et/ou recirculation) et qui ne servent pas au chauffage par air. (Ces derniers sont pris en compte dans 11.2.3). Dans le cas où l'on prend la valeur par défaut pour la puissance électrique moyenne, celle-ci équivaut immédiatement à la somme de tous les ventilateurs présents dans une zone de ventilation et il n'y a donc plus besoin de faire d'addition dans cette zone de ventilation.

### 11.2.2.2 Détermination de la valeur de calcul pour la puissance électrique moyenne des ventilateurs (pour une ventilation hygiénique)

La valeur de calcul pour la puissance électrique moyenne des ventilateurs destinés à une ventilation hygiénique est déterminée, au choix, selon l'une des 3 méthodes suivantes:

- utilisation d'une valeur par défaut (11.2.2.2.1)
- utilisation d'une valeur de calcul basée sur la puissance installée (11.2.2.2.2)
- utilisation de la puissance en un point de fonctionnement représentatif (11.2.2.2.3)

Dans le cas où plusieurs ventilateurs sont présents dans une même zone de ventilation, on ne peut pas combiner la 1<sup>ère</sup> méthode avec la 2<sup>ème</sup> et la 3<sup>ème</sup> méthode. Par contre, on peut utiliser ensemble la 2<sup>ème</sup> et la 3<sup>ème</sup> méthode.

Si un ventilateur assure aussi l'insufflation ou l'extraction dans des locaux extérieurs au 'volume PER' considéré, dans le cas de la 2<sup>ème</sup> ou de la 3<sup>ème</sup> méthode, pour la puissance moyenne, on tient uniquement compte de la fraction de la valeur de calcul totale qui correspond au rapport du débit nominal d'insufflation ou d'extraction dans les locaux situés à l'intérieur de l'unité PEB considérée et du débit nominal total du/des ventilateur(s)<sup>12</sup>.

#### 11.2.2.2.1 Valeur de calcul par défaut pour la puissance électrique

On prend, comme valeur de calcul pour la puissance électrique de l'ensemble des ventilateurs qui desservent une zone de ventilation ventilée mécaniquement, les valeurs du Tableau .

**Tableau 15: Valeurs de calcul par défaut pour la puissance électrique des ventilateurs pour la ventilation hygiénique**

( $V_{sec\ i}$ : volume du secteur énergétique i)

Installation	Type de ventilateur	Puissance $\Phi_{fans,vent}$ (W)
Mécanique simple flux par insufflation ou extraction	ventilateur à courant alternatif	$0.125 \Sigma V_{sec\ i}$
	ventilateur à courant continu	$0.085 \Sigma V_{sec\ i}$
Mécanique double flux	ventilateur à courant alternatif	$0.235 \Sigma V_{sec\ i}$
	ventilateur à courant continu	$0.150 \Sigma V_{sec\ i}$
Mécanique simple flux par extraction avec utilisation de l'air repris comme source de chaleur pour une pompe à chaleur	ventilateur à courant alternatif	$0.145 \Sigma V_{sec\ i}$
	ventilateur à courant continu	$0.100 \Sigma V_{sec\ i}$

<sup>12</sup> Si le ventilateur dessert aussi des destinations non résidentielles, il faut prendre en compte le débit de conception et non le débit nominal.

Mécanique double flux avec utilisation de l'air repris comme source de chaleur pour une pompe à chaleur	ventilateur à courant alternatif	0.270 $\Sigma V_{\text{sec } i}$
	ventilateur à courant continu	0.185 $\Sigma V_{\text{sec } i}$

Il faut faire une sommation sur le volume de tous les secteurs énergétiques  $i$  de la zone de ventilation considérée.

#### 11.2.2.2.2 Valeur de calcul basée sur la puissance électrique installée

On détermine la valeur de calcul de la puissance électrique moyenne d'une des 2 manières suivantes:

- la moitié de la puissance électrique maximale du moteur électrique y compris le cas échéant tous les éléments auxiliaires, en W;
- la moitié de la puissance électrique maximale de la combinaison moteur électrique-ventilateur, y compris le cas échéant tous les éléments auxiliaires, en W;

Pour la définition de la puissance maximale électrique se reporter au point 2 de la présente annexe.

#### 11.2.2.2.3 La puissance électrique moyenne en un point de fonctionnement représentatif

On considère par convention, comme point de fonctionnement représentatif pour la consommation moyenne du ventilateur dans le temps, un point de fonctionnement qui peut effectivement être réalisé (en fonction de la position de réglage du ventilateur) et avec:

- un débit égal au moins à 65% du débit nominal <sup>13</sup> qui doit être fourni par le ventilateur
- une différence de pression égale au moins à 50% de la différence de pression totale à travers le ventilateur en position nominale. Cela nécessite donc une mesure de pression en position nominale dans l'installation terminée. (Sauf indication contraire sur le commutateur, on considère la position maximale comme la position nominale).

On prend, comme valeur de calcul pour la puissance électrique moyenne, la puissance absorbée pour ce point de fonctionnement, y compris le cas échéant tous les éléments auxiliaires, en W.

### 11.2.3 Ventilateurs qui servent au chauffage par air (en combinaison ou non avec une ventilation hygiénique)

#### 11.2.3.1 Règle de calcul

On détermine la consommation mensuelle d'électricité de ces ventilateurs comme suit:

---

<sup>13</sup> Dans le cas d'une destination non résidentielle: on considère le débit de conception.

$$W_{\text{aux,fans,heat,m}} = t_m \sum_j (f_{\text{heat,m,j}} \Phi_{\text{fans,heat,j}} + f_{\text{vent,m,j}} \Phi_{\text{fans,vent,j}}) / 3.6$$

(kWh)

avec :

- $t_m$  la longueur du mois considéré, en Ms, voir Tableau 1;
- $f_{\text{heat,m,j}}$  la fraction mensuelle du temps où le ventilateur j doit être en service pour le chauffage des locaux, tel que déterminé ci-dessous (-);
- $\Phi_{\text{fans,heat,j}}$  la valeur de calcul de la puissance électrique d'un ventilateur j en mode chauffage, déterminée selon 11.2.3.2, en W ;
- $f_{\text{vent,m,j}}$  la fraction mensuelle du temps où le ventilateur j doit assurer uniquement la ventilation, tel que déterminé ci-dessous (-);
- $\Phi_{\text{fans,vent,j}}$  la valeur de calcul de la puissance électrique d'un ventilateur j en mode ventilation, déterminée selon 11.2.2.2, en W.

Il faut faire une sommation sur tous les ventilateurs j qui servent au chauffage de l'air.

La fraction mensuelle du temps où un ventilateur j tourne en mode chauffage est donnée par:

$$f_{\text{heat,m,j}} = \min \left[ 1; \sum_i Q_{\text{heat,gross,sec } i,m} / (1000 \cdot P_{\text{nom,j}} \cdot t_m) \right]$$

avec :

- $Q_{\text{heat,gross,sec } i,m}$  les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique i, déterminés selon 9.2.1, en MJ;
- $P_{\text{nom,j}}$  la puissance nominale de l'unité de production d'air chaud <sup>14</sup>, en kW;
- $t_m$  la longueur du mois considéré, en Ms, voir Tableau 1.

Il faut faire une sommation sur tous les secteurs énergétiques i qu'un ventilateur j approvisionne en chauffage à air.

Si un ventilateur j chauffe également des locaux en-dehors de l'unité PEB considérée, le numérateur (c.-à-d. le besoin mensuel net en énergie) est multiplié par le rapport entre le volume total chauffé à l'aide du ventilateur j et le volume des secteurs énergétiques i situés à

---

<sup>14</sup> Si 1 ventilateur devait desservir plusieurs appareils producteurs d'air chaud, il faut prendre comme  $P_{\text{nom,j}}$  la somme des puissances nominales de tous ces appareils.

l'intérieur de l'unité PEB considérée chauffés à l'aide du ventilateur j.

La fraction mensuelle du temps où un ventilateur j tourne en mode ventilation est donnée par:

- si un ventilateur j sert uniquement au chauffage et n'assure pas une ventilation hygiénique:

$$f_{\text{vent},m,j} = 0$$

si un ventilateur j sert uniquement au chauffage mais assure aussi une ventilation hygiénique:

$$f_{\text{vent},m,j} = 1 - f_{\text{heat},m,j}$$

### 11.2.3.2 Détermination de la valeur de calcul pour la puissance électrique des ventilateurs (pour le chauffage des locaux)

La valeur de calcul de la puissance électrique des ventilateurs servant pour le chauffage est déterminée, au choix, selon l'une des 2 méthodes suivantes:

- utilisation d'une valeur par défaut (11.2.3.2.1),
- utilisation d'une valeur de calcul basée sur la puissance installée (11.2.3.2.2).

Dans le cas où plusieurs ventilateurs chauffent l'air dans un même secteur énergétique, on ne peut pas combiner les 2 méthodes.

Si un ventilateur assure aussi le chauffage de locaux situés en-dehors de l'unité PEB considérée, on considère, dans le cas où l'on détermine la valeur de calcul sur base de la puissance électrique installée, la fraction de la valeur de calcul déterminée ci-dessous pour la puissance, qui correspond au rapport entre le débit maximum de conception dans les locaux intérieurs à l'unité PEB considérée et le débit maximal total de conception du/des ventilateur(s).

#### 11.2.3.2.1 Valeur de calcul par défaut pour la puissance électrique

On prend, comme valeur de calcul pour la puissance électrique de l'ensemble des ventilateurs qui servent au chauffage de l'air, les valeurs du Tableau .

**Tableau 16: Valeurs de calcul par défaut pour la puissance électrique des ventilateurs qui assurent le chauffage des locaux**

( $V_{\text{sec } i}$ : volume du secteur énergétique i)

Installation	Type de régulation du ventilateur	Puissance $\Phi_{\text{fans,heat}}$ (W)
Chauffage à air	Pas de régulation ou pas de régulation automatique	$0.780 \sum V_{\text{sec } i}$

pulsé	Régulation automatique	0.525 $\sum V_{sec\ i}$
-------	------------------------	-------------------------

Il faut additionner le volume de tous les secteurs énergétiques  $i$  de l'unité PEB chauffés par air.

#### 11.2.3.2.2 Valeur de calcul de la puissance électrique installée

On détermine la valeur de calcul de la puissance électrique moyenne d'une des 2 manières suivantes:

- la puissance maximale électrique de l'électromoteur, en W.
- la puissance maximale électrique de l'ensemble électromoteur-ventilateur, en W;

Pour la définition de la puissance électrique maximale, voir point 2.

### 11.3 Consommation mensuelle d'électricité pour le pré-refroidissement de l'alimentation en air

La consommation mensuelle d'électricité pour le pré-refroidissement de l'alimentation en air est donné par :

$W_{precool,m} = W_{soil/water,m} + W_{evap,m}$		[kWh]
avec :		
$W_{soil/water,m}$	la consommation mensuelle d'électricité de l'échangeur de chaleur sol-eau, telle que définie au 0, en kWh ;	
$W_{evap,m}$	la consommation mensuelle d'électricité pour le refroidissement par évaporation, telle que définie au 0, en kWh.	

Pour d'autres technologies,  $W_{precool,m}$  sera déterminé selon des règles spécifiées par le Ministre.

#### 11.3.1 Consommation mensuelle d'électricité de l'échangeur sol-eau

On détermine la consommation mensuelle d'électricité de l'échangeur de chaleur sol-eau comme suit :

$W_{soil/water,m} = 0.278 \cdot t_m \cdot W_{soil/water,m} \cdot \left( \frac{\dot{V}_W}{3600} \cdot f \cdot \frac{L_{tube}}{D_{tube}} \cdot 500 \left( \frac{\dot{V}_W}{3600 n_{tube} \frac{\pi}{4} D_{tube}^2} \right)^2 + 150 \cdot \frac{\sum \dot{V}_{hygcool,seci}}{3600} \right)$		[kWh]
avec:		

$t_m$	la longueur du mois considéré en Ms, voir <a href="#">Tableau 1</a> ;
$w_{soil/water,m}$	un facteur mensuel qui tient compte du temps de fonctionnement de l'échangeur de chaleur sol-eau, déterminé selon l'annexe B.3 de la présente annexe (-) ;
$\dot{V}_w$	le débit d'eau qui traverse l'échangeur de chaleur sol-eau, en m <sup>3</sup> /h;
f	un facteur de friction : - Si $Re < 2300$ : $f = \frac{64}{Re}$ - Dans tous les autres cas : $f = (1.58 \cdot \ln Re - 3.28)^{-2}$ avec $Re$ : le nombre de Reynolds déterminé selon l'annexe B.3 de la présente annexe;
$D_{tube}$	diamètre intérieur de la conduite dans le sol, en m ;
$L_{tube}$	longueur de la conduite dans le sol, en m ;
$n_{tube}$	le nombre de conduites en parallèle ;
$\dot{V}_{hygcool,sec}$	le débit de ventilation hygiénique dans le secteur énergétique i, pour les calculs de refroidissement, déterminé selon 7.8.4, in m <sup>3</sup> /h.

Il faut faire une somme sur tous les secteurs énergétiques i de la zone de ventilation z qui sont reliés à l'échangeur de chaleur.

### 11.3.2 Consommation mensuelle d'électricité pour le refroidissement par évaporation

La consommation mensuelle d'électricité pour le refroidissement par évaporation est donné par :

$W_{evap,m} = 0.278 \cdot t_m \cdot 250 \cdot w_{evap,m} \frac{\sum_i \dot{V}_{hygcool,seci}}{3600}$		[kWh]
avec :		
$t_m$	la longueur du mois considéré en Ms, voir <a href="#">Tableau 1</a> ;	
$w_{evap,m}$	un facteur mensuel qui tient compte du temps de fonctionnement du refroidissement par évaporation, déterminé selon l'annexe B.3.3.1 de la présente annexe (-) ;	
$\dot{V}_{hygcool,seci}$	le débit de ventilation hygiénique dans le secteur énergétique i, pour les calculs de refroidissement,	

déterminé selon 7.8.4, in m³/h.
---------------------------------

Il faut faire une somme sur tous les secteurs énergétiques  $i$  de la zone de ventilation  $z$  qui sont reliés au système de refroidissement par évaporation.

## 12 Production mensuelle d'électricité de systèmes d'énergie solaire photovoltaïque et de cogénération sur site

### 12.1 Systèmes d'énergie solaire photovoltaïque

#### 12.1.1 Principe

La production mensuelle d'électricité d'un système d'énergie solaire photovoltaïque sur site est déterminée en multipliant l'ensoleillement mensuel incident par le rendement de conversion. A part la détermination de la production, la méthode de calcul est comparable à celle utilisée pour les systèmes d'énergie solaire thermique. Mais l'incidence de l'ombrage est plus importante. Dès que différentes parties du système PV ont des orientations, des angles d'inclinaison ou un ombrage différents, il faut les calculer comme des systèmes différents.

Si le système d'énergie solaire photovoltaïque est commun à plusieurs unités PEB (PER et/ou PEN), la production est répartie sur les différents volumes au prorata de leur volume  $V_{EPR}$  ou  $V_{EPNR}$ .

Le Ministre précise la notion " sur site ".

#### 12.1.2 Règle de calcul

La production mensuelle d'électricité, en kWh, est calculée comme suit pour un système d'énergie solaire photovoltaïque  $i$ :

$$W_{pv,m,i} = \frac{P_{pv,i} \times RF_{pv,i} \times C_{pv,i} \times I_{s,m,i,shad}}{3600} \quad (\text{kWh})$$

avec:

- |                  |   |
|------------------|---|
| $P_{pv,i}$       | la puissance de crête du système photovoltaïque $i$ en W, pour un flux d'ensoleillement de 1000 W/m <sup>2</sup> , déterminée selon NBN EN 60904-1;   |
| $RF_{pv,i}$      | facteur de réduction du système d'énergie solaire photovoltaïque, déterminé selon Tableau ;   |
| $C_{pv,i}$       | le facteur de correction pour l'ombrage, calculé selon 12.1.3;  |
| $I_{s,m,i,shad}$ | l'ensoleillement au niveau de la surface du système d'énergie solaire photovoltaïque $i$ pour le mois considéré, compte tenu de l'ombrage, en MJ/m <sup>2</sup> , déterminé selon l'Annexe C. |

**Tableau 17: Facteur de réduction  $RF_{pv}$  du système PV**

$$RF_{pv} = 0.75$$

### 12.1.3 Facteur de correction pour l'ombrage

On détermine le facteur de correction pour l'ombrage comme suit:

$$c_{pv,i} = \max\left(0; 1.26 \frac{I_{s,m,i,shad}}{I_{s,m,i,horshad}} - 0.26\right)$$

avec:

$I_{s,m,i,shad}$  l'ensoleillement au niveau de la surface du système d'énergie solaire photovoltaïque  $i$  pour le mois considéré, compte tenu de l'ombrage des obstacles fixes, en MJ/m<sup>2</sup>, déterminé selon l'Annexe C;

$I_{s,m,i,horshad}$  l'ensoleillement de la surface du système d'énergie solaire photovoltaïque  $i$  pour le mois considéré, en prenant en compte uniquement l'ombrage de l'horizon, en MJ/m<sup>2</sup>, déterminé selon l'Annexe C. Les autres obstacles (surplombs et écrans équivalents) ne sont donc pas pris en considération dans ce calcul.

Contrairement à la règle qui s'applique aux fenêtres et aux systèmes d'énergie solaire thermique, on ne peut pas calculer avec les valeurs par défaut  $F_s$  tel qu'indiqué à l'annexe C. Un rendu détaillé de l'ombrage est toujours obligatoire pour les systèmes d'énergie solaire photovoltaïque.

(S'il n'y a pas d'autres obstacles que l'horizon qui apportent de l'ombrage,  $I_{s,m,i,horshad} = I_{s,m,i,shad}$ ,  $c_{pv,i} = 1$ , et il n'y a donc pas de diminution de production.)

## 12.2 Cogénération

### 12.2.1 Principe

Une installation de cogénération produit simultanément de la chaleur et de l'électricité. La consommation d'énergie finale (c.à.d. la consommation de combustible) d'une installation de cogénération est calculée aux points 10.2.2 et 10.3.2.

Dans ce chapitre, on détermine la production d'électricité par cogénération. Cette électricité est convertie en quantité d'énergie primaire épargnée au paragraphe 13.8.

### 12.2.2 Production d'électricité

On détermine la quantité d'électricité produite par l'installation de cogénération  $i$  sur site comme suit:

$$W_{\text{cogen},i,m} = \frac{\varepsilon_{\text{cogen},\text{elec}}}{3.6} \times Q_{\text{cogen},\text{final},i,m} \quad (\text{kWh})$$

avec:

- $\varepsilon_{\text{cogen},\text{elec}}$  le rendement de conversion électrique de l'installation de cogénération, tel que déterminé à l'annexe A.2 de l'annexe PEN au présent arrêté;
- $Q_{\text{cogen},\text{final},i,m}$  la consommation mensuelle finale d'énergie de l'installation de cogénération  $i$ , telle que déterminé ci-dessous, en MJ;

On détermine la consommation mensuelle finale d'énergie que l'installation de cogénération conformément à la quantité de chaleur utile que l'installation de cogénération peut fournir, avec:

$$Q_{\text{cogen},\text{final},i,m} = \sum_i f_{\text{heat},m,\text{pref}} \times (1 - f_{\text{as},\text{heat},\text{seci},m}) \times Q_{\text{heat},\text{gross},\text{seci},m} / \eta_{\text{gen},\text{heat},\text{cogen}} \\ + \sum_i f_{\text{water},\text{bath } i,m,\text{pref}} \times (1 - f_{\text{as},\text{water},\text{bath } i,m}) \times Q_{\text{water},\text{bath } i,\text{gross},m} / \eta_{\text{gen},\text{water},\text{bath } i,m,\text{cogen}} \\ + \sum_i f_{\text{water},\text{sink } i,m,\text{pref}} \times (1 - f_{\text{as},\text{water},\text{sink } i,m}) \times Q_{\text{water},\text{sink } i,\text{gross},m} / \eta_{\text{gen},\text{water},\text{sink } i,m,\text{cogen}} \\ (\text{MJ})$$

avec:

- $f_{\text{heat},m,\text{pref}}$  la part de la cogénération dans la fourniture de chaleur d'un secteur énergétique  $i$ , déterminée selon 10.2.2;
- $f_{\text{as},m}$  la part du besoin de chaleur total couvert par le système d'énergie solaire thermique, déterminée selon 10.4. Avec les indices 'heat, sec  $i$ ' pour les besoins de chaleur du secteur énergétique  $i$  et 'water,bath  $i$ ' et 'water,sink  $i$ ' pour la préparation d'eau chaude sanitaire, soit pour la douche/baignoire  $i$ , et pour l'évier de cuisine  $i$ , respectivement;
- $Q_{\text{heat},\text{gross},\text{seci},m}$  les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique  $i$ , déterminés selon 9.2.1, en MJ;
- $\eta_{\text{gen},\text{heat},\text{cogen}}$  le rendement de production mensuel de l'installation de cogénération, déterminé selon 10.2.3 (-);
- $f_{\text{water},\text{bath } i,m,\text{pref}}$  la part de la cogénération dans la fourniture de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou une baignoire  $i$ , déterminée selon 10.3.2;

$Q_{\text{water,bath } i,\text{gross},m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire $i$ , déterminés selon 9.3.1, en MJ;
$\eta_{\text{gen,water,bath } i,m,\text{cogen}}$	le rendement de production mensuel de l'installation de cogénération pour la préparation de l'eau chaude sanitaire, pour la baignoire ou la douche $i$ , déterminé selon 10.3.3 (-);
$f_{\text{water,sink } i,m,\text{pref}}$	la part de la cogénération dans la fourniture de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine $i$ , déterminée selon 10.3.2;
$Q_{\text{water,sink } i,\text{gross},m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine $i$ , déterminés selon 9.3.1, en MJ;
$\eta_{\text{gen,water,sink } i,m,\text{cogen}}$	le rendement de production mensuel de l'installation de cogénération pour la préparation de l'eau chaude sanitaire, pour l'évier de cuisine $i$ , déterminé selon 10.3.3 (-).

Il faut faire une sommation sur tous les secteurs énergétiques  $i$  de l'unité PEB chauffés au moyen de l'installation de cogénération  $i$ , et sur l'ensemble des douches, baignoires et éviers de cuisine  $i$  de l'unité PEB auquel l'installation de cogénération  $i$  fournit de la chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire.

### 13 Consommation d'énergie primaire

#### 13.1 Préambule

La conversion de la consommation d'énergie finale en consommation d'énergie primaire introduit les facteurs de conversion pour l'énergie primaire dans le bilan énergétique. Tous les sous-termes sont ensuite additionnés afin d'obtenir la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire. En ce qui concerne l'électricité produite par des installations photovoltaïques sur site ou par des installations de cogénération sur site, on introduit dans le calcul un bonus correspondant à l'économie de combustible dans les centrales électriques.

#### 13.2 La consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire

On détermine la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire de l'unité PEB comme suit:

$$E_{\text{charannprimencons}} = \sum_{m=1}^{12} (E_{\text{p,heat},m} + E_{\text{p,water},m} + E_{\text{p,aux},m} + E_{\text{p,cool},m} - E_{\text{p,pv},m} - E_{\text{p,cogen},m})$$

(MJ)

avec :

$E_{p,heat,m}$	la consommation mensuelle d'énergie primaire pour le chauffage des locaux, en MJ, déterminée selon 13.3;
$E_{p,water,m}$	la consommation mensuelle d'énergie primaire pour la préparation d'eau chaude sanitaire, en MJ, déterminée selon 13.4;
$E_{p,aux,m}$	la consommation mensuelle d'énergie primaire des auxiliaires, en MJ, déterminée selon 13.5;
$E_{p,cool,m}$	la consommation mensuelle d'énergie primaire équivalente pour le refroidissement, en MJ, déterminée selon 13.6;
$E_{p,pv,m}$	l'économie mensuelle d'énergie primaire résultant de la production d'électricité des systèmes d'énergie solaire photovoltaïque sur site, en MJ, déterminée selon 13.7;
$E_{p,cogen,m}$	l'économie mensuelle d'énergie primaire résultant de la production d'électricité d'une installation de cogénération sur site, en MJ, déterminée selon 13.8.

### 13.3 La consommation d'énergie primaire pour le chauffage des locaux

On détermine la consommation mensuelle d'énergie primaire de l'unité PEB pour le chauffage comme suit:

$$E_{p,heat,m} = \sum_i (f_p \times Q_{heat,final,seci,m,pref} + f_p \times Q_{heat,final,seci,m,npref}) \quad (MJ)$$

avec:

$f_p$	le facteur de conversion conventionnel en énergie primaire de la source d'énergie de l'appareil producteur considéré, tel qu'établi dans le texte principal du présent arrêté;
$Q_{heat,final,sec i,m,pref}$	la consommation finale mensuelle d'énergie de l'appareil producteur préférentiel destiné au chauffage des locaux d'un secteur énergétique $i$ , à l'exception de l'énergie des auxiliaires, déterminée selon 10.2.2, en MJ;
$Q_{heat,final,sec i,m,npref}$	la consommation finale mensuelle d'énergie de l'appareil producteur non préférentiel destiné au chauffage des locaux d'un secteur énergétique $i$ , à l'exception de l'énergie auxiliaire, déterminée selon 10.2.2, en MJ.

Il faut faire une sommation sur tous les secteurs énergétiques  $i$  de l'unité PEB.

### 13.4 La consommation d'énergie primaire pour la préparation d'eau chaude sanitaire

On détermine la consommation mensuelle d'énergie primaire de l'unité PEB pour la préparation d'eau chaude sanitaire comme suit:

$$E_{p,water,m} = \sum_i (f_p \times Q_{water,bath\ i,final,m,pref} + f_p \times Q_{water,bath\ i,final,m,npref}) + \sum_i (f_p \times Q_{water,sink\ i,final,m,pref} + f_p \times Q_{water,sink\ i,final,m,npref}) \quad (MJ)$$

avec :

$f_p$	le facteur de conversion conventionnel en énergie primaire de la source d'énergie de l'appareil producteur considéré, tel qu'établi dans le texte principal du présent arrêté;
$Q_{water,bath\ i,final,m,pref}$	la consommation finale mensuelle d'énergie de l'appareil producteur préférentiel pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou une baignoire $i$ , déterminée selon 10.3.2, en MJ;
$Q_{water,bath\ i,final,m,npref}$	la consommation finale mensuelle d'énergie de l'appareil producteur non préférentiel pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou une baignoire $i$ , déterminée selon 10.3.2, en MJ;
$Q_{water,sink\ i,final,m,pref}$	la consommation finale mensuelle d'énergie de l'appareil producteur préférentiel pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine $i$ , déterminée selon 10.3.2, en MJ;
$Q_{water,sink\ i,final,m,npref}$	la consommation finale mensuelle d'énergie de l'appareil producteur non préférentiel pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine $i$ , déterminée selon 10.3.2, en MJ;

Il faut faire une sommation sur toutes les douches et toutes les baignoires  $i$  de l'unité PEB et tous les éviers de cuisine  $i$  de l'unité PEB.

### 13.5 La consommation d'énergie primaire des auxiliaires

On calcule la consommation d'énergie primaire auxiliaire comme suit:

$$E_{p,aux,m} = f_p \times 3.6 \times (W_{aux,fans,m} + W_{aux,heat,m} + W_{precool,m}) + f_p \times Q_{pilot,m} \quad (MJ)$$

avec :

$f_p$	le facteur de conversion conventionnel en énergie primaire de la source d'énergie considérée, tel qu'établi dans le texte principal du présent arrêté;
$W_{aux,fans,m}$	la consommation mensuelle d'électricité pour les ventilateurs, déterminée selon 11.2.1, en kWh;
$W_{aux,heat,m}$	la consommation mensuelle d'électricité pour les fonctions auxiliaires destinées au chauffage, déterminée selon 11.1.2, en kWh;

$W_{precool,m}$	la consommation mensuelle d'électricité pour le pré-refroidissement de l'alimentation en air, déterminée selon 11.3, en kWh;
$Q_{pilot,m}$	la consommation mensuelle d'énergie des veilleuses des appareils producteurs qui contribuent au chauffage de l'unité PEB et à la production d'eau chaude sanitaire pour l'unité PEB, déterminée selon 11.1.3, en MJ.

### 13.6 La consommation équivalente d'énergie primaire pour le refroidissement

On détermine la consommation mensuelle équivalente d'énergie pour le refroidissement comme suit:

$$E_{p,cool,m} = \sum_i (f_p \times 3.6 \times Q_{cool,final,seci,m}) \quad (MJ)$$

avec:

$Q_{cool,final,sec i,a}$	la consommation mensuelle équivalente d'énergie pour le refroidissement, déterminée selon 10.5, en kWh;
$f_p$	le facteur conventionnel de conversion en énergie primaire pour l'électricité, tel qu'établi dans le texte principal du présent arrêté.

Il faut faire une sommation sur tous les secteurs énergétiques  $i$ .

### 13.7 L'économie d'énergie primaire des systèmes d'énergie solaire photovoltaïque sur site

On détermine l'économie mensuelle équivalente d'énergie primaire résultant de la production d'électricité des systèmes d'énergie solaire photovoltaïque sur site comme suit:

$$E_{p,pv,m} = \sum_i (f_p \times 3.6 \times W_{pv,m,i}) \quad (MJ)$$

avec:

$f_p$	le facteur conventionnel de conversion en énergie primaire pour l'électricité, tel qu'établi dans le texte principal du présent arrêté;
$W_{pv,m,i}$	la production mensuelle d'électricité du système d'énergie solaire photovoltaïque sur site $i$ , déterminée selon 12.1.2, en kWh.

Il faut faire une sommation sur tous les systèmes d'énergie solaire photovoltaïque sur site  $i$ .

### 13.8 L'économie d'énergie primaire résultant de la production d'électricité d'une installation de cogénération sur site

On détermine l'économie mensuelle équivalente d'énergie primaire résultant de la production d'électricité d'(une) installation(s) de cogénération sur site comme suit:

$$E_{p,cogen,m} = \sum_i f_p \times 3.6 \times W_{cogen,i,m} \quad (MJ)$$

avec:

$f_p$  le facteur conventionnel de conversion en énergie primaire pour l'électricité autoproduite par cogénération, tel qu'établi dans le texte principal du présent arrêté;

$W_{cogen,i,m}$  la quantité mensuelle d'électricité produite par l'installation de cogénération sur site  $i$ , déterminée selon 12.2.2 en kWh.

Il faut faire une sommation sur tous les systèmes de cogénération sur site  $i$ .

## **Annexe A Traitement des espaces adjacents non chauffés**

Un facteur de réduction  $b$  est déterminé pour les espaces adjacents non chauffés, voir NBN EN ISO 13789.

Quant au traitement des espaces adjacents non chauffés lors de la détermination de la performance énergétique, les deux possibilités simplifiées suivantes sont prévues de manière standard.

### **Possibilité 1**

Il est toujours permis de ne pas prendre en considération la géométrie extérieure des espaces adjacents non chauffés.

- Pour la détermination des besoins nets en énergie pour le chauffage, on suppose que la température des espaces adjacents non chauffés est égale à la température extérieure (c.-à-d. que le facteur de réduction  $b = 1$ ). On considère qu'aucun rayonnement solaire n'atteint le volume protégé.
- Pour le calcul de l'indicateur du risque surchauffe et la détermination des besoins nets en énergie pour le refroidissement, on suppose que l'espace adjacent non chauffé se trouve à la même température que le volume protégé (c.-à-d. que le facteur de réduction  $b = 0$ ). En d'autres termes, on ne tient pas compte de flux de chaleur par transmission du volume protégé vers l'espace adjacent non chauffé. Pour l'ensoleillement, on suppose que l'espace adjacent non chauffé ne constitue pas un obstacle.

### **Possibilité 2**

- Cette possibilité s'applique uniquement si l'espace adjacent non chauffé jouxte 1 seul secteur énergétique et s'il n'y a pas de ventilation hygiénique entre l'espace adjacent non chauffé et le volume protégé.
- Dans les cas où l'espace adjacent non chauffé jouxte plusieurs secteurs énergétiques, le ministre peut éventuellement proposer des règles supplémentaires qui permettent de subdiviser l'espace adjacent non chauffé en plusieurs espaces adjacents non chauffés fictifs plus petits jouxtant chacun un seul secteur énergétique.

Quand plusieurs espaces adjacents non chauffés sont également adjacents entre eux, on admet par convention qu'il n'y a pas de transmission de chaleur ou d'échange d'air (hygiénique ou par in/exfiltration) entre les espaces adjacents non chauffés. La paroi est également considérée comme opaque.

Dans les espaces adjacents non chauffés, les gains de chaleur internes sont supposés égaux à zéro.

Le facteur de réduction  $b$  est calculé selon NBN EN ISO 13789. Pour le traitement des nœuds constructifs, on applique les mêmes règles que dans 7.4 (distinction entre, d'une part, les calculs relatifs au chauffage et, d'autre part, les calculs relatifs au refroidissement et à la surchauffe).

Les gains solaires indirects du secteur énergétique adjacent (voir 7.10.2) sont égaux à la fraction  $(1-b)$  des gains solaires absorbés dans les espaces adjacents non chauffés. Tant le facteur de réduction  $b$  que les gains solaires peuvent être différents au niveau, d'une part, des calculs relatifs au chauffage et, d'autre part, des calculs relatifs à l'indicateur du risque de surchauffe et au refroidissement, en raison d'une différence dans le taux de ventilation et/ou le facteur d'utilisation d'une éventuelle protection solaire.

L'ensoleillement direct via l'espace adjacent non chauffé n'est pris en considération que si le mur extérieur de l'espace adjacent non chauffé est également transparent/translucide perpendiculairement au centre de la fenêtre entre l'espace adjacent non chauffé et le volume protégé. La détermination des angles d'ombrage de la fenêtre entre l'espace adjacent non chauffé et le volume protégé tient compte de la géométrie de l'espace adjacent non chauffé (par exemple toit opaque). On déduit, de l'ensoleillement incident de la fenêtre séparant l'espace adjacent non chauffé et le volume protégé, le produit  $0.95 \times F_f \times g_g$  du mur extérieur transparent/translucide opposé. Pour déterminer les gains solaires absorbés dans l'espace adjacent non chauffé, on déduit la pénétration solaire directe de l'espace adjacent non chauffé des gains solaires totaux entrants de l'espace adjacent non chauffé.

## **Annexe B Le débit de ventilation hygiénique**

Par 'débit exigé', on entend le débit défini dans les annexes VHR et VHN au présent arrêté.

Dans la suite du texte, on évalue différents termes des systèmes mécaniques à la position dite 'nominale' des ventilateurs. Sauf mention explicite contraire sur le panneau de commande, la position maximale est assimilée à la position nominale. En position nominale, l'insufflation mécanique ou l'extraction mécanique doivent être au moins égales, dans chaque pièce, au débit exigé.

La détermination du facteur de multiplication  $m$  et du facteur de réduction pour préchauffage  $r$  s'effectue par zone de ventilation. Les locaux de l'unité PEB auxquels aucune exigence n'est imposée en matière d'insufflation en air neuf, de transfert ou d'extraction vers l'extérieur, sont regroupés avec une zone de ventilation adjacente. Dans le cas où il y a plusieurs zones de ventilation adjacentes, ces locaux sont regroupés avec les zones avec lesquelles ils sont éventuellement en contact par des liaisons intérieures. S'il n'y a pas de liaison de ce genre, le choix est libre.

Le Ministre détermine les règles à respecter pour les mesures des débits local par local, utilisées dans les calculs détaillés des facteur  $m$  et  $r_{\text{preh}}$ .

### **B.1 Détermination du facteur de multiplication $m_{\text{sec } i}$ pour le débit**

Le facteur de multiplication  $m_{\text{sec } i}$  d'un secteur énergétique  $i$  est égal au facteur de multiplication de la zone de ventilation  $z$  dont le secteur énergétique fait partie:

$$m_{\text{sec } i} = m_{\text{zone } z}$$

La détermination du facteur de multiplication de la zone de ventilation  $z$  s'effectue tel que décrit ci-dessous.

Remarque: l'application des règles ci-dessous entraîne, pour chacun des systèmes de ventilation, la valeur par défaut  $m_{\text{zone } z} = 1.5$

Chaque fois que dans ce paragraphe il question de " débit d'insufflation d'air neuf exigé " ceci sous-entend le cas échéant également un " débit d'air de recirculation " dans la pièce d'habitation.

#### **B.1.1 Ventilation naturelle**

La détermination du facteur de multiplication  $m_{\text{zone } z}$  tient compte, pour ces systèmes, des aspects suivants:

en ce qui concerne l'alimentation:

- la mesure dans laquelle les bouches d'alimentation réglables sont autoréglables.

□ en ce qui concerne l'évacuation:

- la mesure dans laquelle les bouches d'évacuation sont autoréglables.
- Le manque d'étanchéité à l'air des gaines d'évacuation naturelle

On détermine  $m_{zone z}$  par zone de ventilation  $z$  comme suit:

$$m_{zonez} = 1.0 + 0.5 \left( \frac{r_{nat.supply,zonez} + r_{nat.exh,zonez} + r_{leak,stack,zonez}}{r_{nat.supply,zonez,def} + r_{nat.exh,zonez,def} + r_{leak,stack,zonez,def}} \right)$$

avec:

$r_{nat.supply,zone z}$	un facteur de correction pour la mesure dans laquelle les bouches d'alimentation réglables sont autoréglables dans la zone de ventilation $z$ , tel que déterminé ci-dessous (-);
$r_{nat.exh,zone z}$	un facteur de correction pour la mesure dans laquelle les bouches d'évacuation réglables sont autoréglables dans la zone de ventilation $z$ , tel que déterminé ci-dessous (-);
$r_{leak,stack,zone z}$	un facteur de correction pour le manque d'étanchéité à l'air des gaines d'évacuation dans la zone de ventilation $z$ , tel que déterminé ci-dessous (-);
$r_{nat.supply,zone z,def}$	la valeur par défaut pour $r_{nat.supply,zone z}$ , tel que déterminé ci-dessous (-);
$r_{nat.exh,zone z,def}$	la valeur par défaut pour $r_{nat.exh,zone z}$ , tel que déterminé ci-dessous (-);
$r_{leak,stack,zone z,def}$	la valeur par défaut pour $r_{leak,stack,zone z}$ , tel que déterminé ci-dessous (-);

**Facteur de correction  $r_{nat.supply,zone z}$**

Les ouvertures d'alimentation naturelle qui ont été testées conformément à NBN EN 13141-1 peuvent être classées dans une catégorie donnée selon le Tableau . On évalue à cet effet dans quelle mesure le débit reste constant en cas de variation de la différence de pression

On associe par convention le facteur de correction  $r_{nat.supply,zone z}$  de la zone de ventilation  $z$  au classement en catégories tel qu'indiqué au Tableau . C'est l'ouverture d'alimentation réglable (OAR) ayant le facteur de correction le plus élevé qui détermine la valeur pour l'ensemble de la zone de ventilation. La valeur par défaut est de 0.20.

**Tableau 18: Catégorisation du niveau d'autoréglage en fonction de la différence de pression**

Différence de pression P (Pa)	Débit en fonction du débit nominal à 2 Pa ( $q_N$ )				
	Classe P <sub>0</sub>	Classe P <sub>1</sub>	Classe P <sub>2</sub>	Classe P <sub>3</sub>	Classe P <sub>4</sub>
$0 \text{ Pa} \leq P < 2 \text{ Pa}$		$\geq 0.8\sqrt{(P/2)}$ et $\leq 1.20q_N$			
2 Pa	$q_N$	$q_N$	$q_N$	$q_N$	$q_N$
$2 \text{ Pa} < P < 5 \text{ Pa}$	Ne satisfait pas à la classe P <sub>1</sub>	$\geq 0.80q_N$ et $\leq 1.8q_N$	$\geq 0.80q_N$ et $\leq 1.8q_N$	$\geq 0.80q_N$ et $\leq 1.5q_N$	$\geq 0.80q_N$ et $\leq 1.2q_N$
5 Pa - 10 Pa		$\geq 0.70q_N$ et $\leq 2.3q_N$	$\geq 0.70q_N$ et $\leq 2.0q_N$	$\geq 0.70q_N$ et $\leq 1.5q_N$	$\geq 0.80q_N$ et $\leq 1.2q_N$
10 Pa - 25 Pa		$\geq 0.50q_N$ et $\leq 3.0q_N$	$\geq 0.50q_N$ et $\leq 2.0q_N$	$\geq 0.50q_N$ et $\leq 1.5q_N$	$\geq 0.80q_N$ et $\leq 1.2q_N$
25 Pa - 50 Pa		$\geq 0.30q_N$ et $\leq 3.0q_N$	$\geq 0.30q_N$ et $\leq 2.0q_N$	$\geq 0.30q_N$ et $\leq 1.5q_N$	$\geq 0.30q_N$ et $\leq 1.5q_N$
50 Pa - 100 Pa		$\leq 3.0q_N$	$\leq 2.0q_N$	$\leq 2.0q_N$	$\leq 2.0q_N$
100 Pa - 200 Pa		$\leq 4q_N$	$\leq 3.0q_N$	$\leq 3.0q_N$	$\leq 3.0q_N$

**Tableau 19: Facteur de correction  $r_{\text{nat. supply, zone z}}$**

Classe OAR	$r_{\text{nat. supply, zone z}}$
P0	0.20
P1	0.18
P2	0.14
P3	0.08

P4	0.02
----	------

**Facteur de correction  $r_{nat.exh,zone z}$**

On affecte la valeur suivante aux bouches d'évacuation naturelles qui ne sont pas autorégulatrices:

$$r_{nat.exh,zone z} = 0.20$$

C'est également la valeur par défaut.

On peut déterminer des valeurs meilleures suivant des règles agréées au préalable par le ministre.

**Facteur de correction  $r_{leak,stack,zone z}$**

On calcule par convention  $r_{leak,stack,zone z}$  de la zone de ventilation  $z$  comme suit:

$$r_{leak,stack,zone z} = \frac{\sum_k \dot{V}_{leak,stack,zone z,k}}{\dot{V}_{req,exh,zone z}}$$

avec:

$\dot{V}_{leak,stack,zone z,k}$  le débit de fuite conventionnel de la gaine d'évacuation naturelle  $k$  dans la zone de ventilation  $z$ , en  $m^3/h$ ;

$\dot{V}_{req,exh,zone z}$  le débit d'évacuation total exigé pour la zone de ventilation  $z$ , égal à la somme des débits d'évacuation vers l'extérieur exigés de chacun des locaux, en  $m^3/h$ .

Il faut faire une sommation sur toutes les gaines d'évacuation naturelle  $k$  présentes dans la zone de ventilation  $z$ . On détermine le débit de fuite  $\dot{V}_{leak,stack,zone z,k}$  d'une gaine d'évacuation naturelle  $k$  à l'aide d'une mesure, conformément aux procédures décrites dans NBN EN 14134. La pression de service à prendre en considération est, par convention, de 2 Pa.

Dans le cas où ou aucun résultat de mesure n'est présenté:

$$r_{leak,stack,zone z} = 0.025$$

C'est la valeur par défaut.

**B.1.2 Ventilation mécanique simple flux par insufflation**

La détermination du facteur de multiplication  $m_{zone z}$  tient compte, avec ces systèmes, des aspects suivants:

- en ce qui concerne l'insufflation:

- la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'alimentation
  - le manque d'étanchéité à l'air des gaines d'insufflation mécanique
- en ce qui concerne l'évacuation:
- la mesure dans laquelle les bouches d'évacuation sont autoréglables.
  - le manque d'étanchéité à l'air des gaines d'évacuation naturelle

On détermine  $m_{zone z}$  par zone de ventilation  $z$  comme suit:

$$m_{zone z} = 1.0 + 0.5 \left( \frac{r_{\text{mech. supply, zone } z} + r_{\text{nat. exh, zone } z} + r_{\text{leak, stack, zone } z}}{r_{\text{mech. supply, zone } z, \text{def}} + r_{\text{nat. exh, zone } z, \text{def}} + r_{\text{leak, stack, zone } z, \text{def}}} \right)$$

avec:

- $r_{\text{mech. supply, zone } z}$  un facteur de correction pour la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'alimentation dans chacun des locaux et le manque d'étanchéité à l'air des gaines d'insufflation mécanique dans la zone de ventilation  $z$ , tel que déterminé ci-dessous (-);
- $r_{\text{nat. exh, zone } z}$  un facteur de correction pour la mesure dans laquelle les bouches d'évacuation dans la zone de ventilation  $z$  sont autoréglables, tel que déterminé au B.1.1 (-);
- $r_{\text{leak, stack, zone } z}$  un facteur de correction pour le manque d'étanchéité à l'air des gaines d'extraction dans la zone de ventilation  $z$ , tel que déterminé au B.1.1 (-);
- $r_{\text{mech. supply, zone } z, \text{def}}$  la valeur par défaut pour  $r_{\text{mech. supply, zone } z}$ , tel que déterminé ci-dessous (-);
- $r_{\text{nat. exh, zone } z, \text{def}}$  la valeur par défaut pour  $r_{\text{nat. exh, zone } z}$ , tel que déterminé au B.1.1 (-);
- $r_{\text{leak, stack, zone } z, \text{def}}$  la valeur par défaut pour  $r_{\text{leak, stack, zone } z}$ , tel que déterminé au B.1.1 (-);

**Facteur de correction  $r_{\text{mech. supply, zone } z}$**

On calcule  $r_{\text{mech. supply, zone } z}$  comme suit:

$$r_{\text{mech. supply, zone } z} = r_{\text{adj. mech. supply, zone } z} + \frac{\sum \dot{V}_{\text{leak, supply duct, zone } z, l}}{\dot{V}_{\text{req, mech. supply, zone } z}}$$

avec:

- $r_{\text{adj. mech. supply, zone } z}$  un facteur de correction pour la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'alimentation

dans la zone de ventilation z, tel que déterminé ci-dessous (-);

$\dot{V}_{\text{leak, supply duct, zone z, l}}$  les pertes par les fuites des gaines d'insufflation l dans la zone de ventilation z, à la position nominale des ventilateurs, en m<sup>3</sup>/h, tel que déterminé ci-dessous;

$\dot{V}_{\text{req, mech. supply, zone z}}$  le débit d'insufflation total exigé de la zone de ventilation z, égale à la somme des débits d'insufflation en air neuf exigés pour chacun des locaux, en m<sup>3</sup>/h.

Dans le deuxième terme, il faut faire une sommation sur tous les réseaux de gaines d'insufflation l dans la zone de ventilation z.

On détermine le facteur de correction pour la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'alimentation dans une zone de ventilation z comme suit:

□ si, dans la zone de ventilation z, on n'a pas mesuré les débits (pour la position nominale des ventilateurs) de toutes les bouches d'alimentation mécanique, on a:

$$r_{\text{adj, mech. supply, zone z}} = 0.20$$

C'est la valeur par défaut.

□ si, dans la zone de ventilation z, on a mesuré les débits (pour la position nominale des ventilateurs) de toutes les bouches d'alimentation mécanique, on a:

- si chacune des valeurs mesurées par local des débits d'insufflation mécanique se situe entre 100% et 120% de la valeur exigée pour le local considéré, on a:

$$r_{\text{adj, mech. supply, zone z}} = 0$$

- si chacune des valeurs mesurées par local des débits d'insufflation mécanique est égale à au moins 100% de la valeur exigée pour le local considéré, mais que 1 ou plusieurs valeurs dépassent 120% des valeurs exigées, on a:

$$r_{\text{adj, mech. supply, zone z}} = \max \left[ 0; \min \left\{ 0.20; \frac{\sum_j \dot{V}_{\text{meas, mech. supply, rmj}}}{\dot{V}_{\text{req, mech. supply, zone z}}} - 1.20 \right\} \right]$$

où il faut additionner les débits mécaniques mesurés par local ( $\dot{V}_{\text{meas, mech. supply, rmj}}$ , en m<sup>3</sup>/h), de tous les locaux d'alimentation j de la

zone de ventilation z.  $\dot{V}_{req, mech. supply, zonez}$  est le débit d'insufflation mécanique total exigé dans la zone de ventilation z; c'est la somme des débits d'insufflation en air neuf exigés des locaux individuels, en m<sup>3</sup>/h.

-sinon:

$$r_{adj, mech. supply, zone z} = 0.20$$

On détermine les pertes de fuite des réseaux de gaines d'insufflation dans la zone de ventilation z comme suit:

-en mesurant chacun des réseaux de gaines d'insufflation, conformément à la procédure décrite dans NBN EN 14134. La pression de service à prendre en compte est la surpression statique mesurée immédiatement après le ventilateur lors du fonctionnement en position nominale.

- la valeur par défaut est de:

$$\sum_k \dot{V}_{leak, supply duct, zonez, k} = 0.18 \dot{V}_{req, mech. supply, zonez}$$

Cette valeur est d'application

\* si on n'a pas effectué de mesure antérieure pour tous les réseaux de gaines d'insufflation.

\* ou si les débits de fuite mesurés sont supérieurs à cette valeur par défaut.

### B.1.3 Ventilation mécanique simple flux par extraction

La détermination du facteur de multiplication  $m_{zone z}$  tient compte, avec ces systèmes, des aspects suivants:

□ en ce qui concerne l'alimentation:

-la mesure dans laquelle les bouches d'alimentation réglables sont autoréglables

□ en ce qui concerne l'extraction:

-la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'extraction

-le manque d'étanchéité à l'air des gaines d'extraction mécanique

On détermine  $m_{zone z}$  par zone de ventilation z comme suit:

$$m_{zonez} = 1.0 + 0.5 \left( \frac{r_{nat. supply, zonez} + r_{mech. extr, zonez}}{r_{nat. supply, zonez, def} + r_{mech. extr, zonez, def}} \right)$$

avec:

$r_{nat.supply,zone z}$  un facteur de correction pour la mesure dans laquelle les bouches d'alimentation réglables dans la zone de ventilation  $z$  sont autoréglables, tel que déterminé au B.1.1 (-);

$r_{mech.extr,zone z}$  un facteur de correction pour la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'extraction dans chacun des locaux et le manque d'étanchéité à l'air des gaines d'extraction mécanique dans la zone de ventilation  $z$ , tel que déterminé ci-dessous (-);

$r_{nat.supply,zone z,def}$  la valeur par défaut pour  $r_{nat.supply,zone z}$ , tel que déterminé au B.1.1 (-);

$r_{mech.extr,zone z,def}$  la valeur par défaut pour  $r_{mech.extr,zone z}$ , tel que déterminé ci-dessous (-);

**Facteur de correction  $r_{mech.extr,zone z}$**

On calcule  $r_{mech.extr,zone z}$  comme suit:

$$r_{mech.extr,zone z} = r_{adj,mech.extr,zone z} + \frac{\sum_m \dot{V}_{leak,extr.duct,zone z,m}}{\dot{V}_{req,mech.extr,zone z}}$$

avec:

$r_{adj,mech.extr,zone z}$  un facteur de correction pour la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'extraction dans la zone de ventilation  $z$ , tel que déterminé ci-dessous (-);

$\dot{V}_{leak,extr.duct,zone z,m}$  les pertes par les fuites du réseau de gaines d'extraction  $m$  dans la zone de ventilation  $z$ , à la position nominale des ventilateurs, en  $m^3/h$ , tel que déterminé ci-dessous;

$\dot{V}_{req,mech.extr,zone z}$  le débit d'extraction total exigé de la zone de ventilation  $z$ , égale à la somme des débits d'extraction vers l'extérieur exigés de chacun des locaux, en  $m^3/h$ .

Dans le deuxième terme, il faut additionner tous les réseaux de gaines d'extraction  $m$  présents dans la zone de ventilation  $z$ .

Dans le deuxième terme, il faut additionner tous les réseaux de gaines d'extraction  $m$  présents dans la zone de ventilation  $z$ .

On détermine le facteur de correction pour la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'extraction dans une zone de ventilation  $z$  comme suit:

- si, dans une zone de ventilation z, on n'a pas mesuré les débits (pour la position nominale des ventilateurs) de toutes les bouches d'extraction mécanique, on a:

$$r_{\text{adj,mech.extr,zone } z} = 0.20$$

C'est la valeur par défaut.

- si, dans une zone de ventilation z, on a mesuré les débits (pour la position nominale des ventilateurs) de toutes les bouches d'extraction mécanique, on a:

-si chacune des valeurs des débits d'extraction mécanique mesurées pour chaque local se situe entre 100% et 120% de la valeur exigée pour le local considéré, on a:

$$r_{\text{adj,mech.extr,zone } z} = 0$$

-si chacune des valeurs des débit d'extraction mécanique mesurées pour chaque local est égale à au moins 100% de la valeur exigée pour le local considéré, mais que 1 ou plusieurs valeurs dépassent 120% des valeurs exigées, on a:

$$r_{\text{adj,mech.extr,zone } z} = \max \left[ 0; \min \left\{ 0.20; \frac{\sum_j \dot{V}_{\text{meas,mech.extr,rmj}}}{\dot{V}_{\text{req,mech.extr,zone } z}} - 1.20 \right\} \right]$$

où il faut additionner les débits mécaniques mesurés pour chaque local ( $\dot{V}_{\text{meas,mech.extr,rmj}}$ , en m<sup>3</sup>/h) de tous les locaux d'extraction j de la zone de ventilation z.  $\dot{V}_{\text{req,mech.extr,zone } z}$  est le débit d'extraction mécanique total exigé dans la zone de ventilation z; c'est la somme des débits d'extraction vers l'extérieur exigés de chacun des locaux, en m<sup>3</sup>/h.

-sinon:

$$r_{\text{adj,mech.extr,zone } z} = 0.20$$

-On détermine les pertes de fuite des réseaux de gaines d'extraction dans la zone de ventilation z comme suit:

-en mesurant chacun des réseaux de gaines d'extraction, conformément à la procédure décrite dans NBN EN 14134. La pression de service à prendre en compte est la dépression statique mesurée immédiatement avant le ventilateur pour un fonctionnement en position nominale.

-la valeur par défaut est de:

$$\sum_1 \dot{V}_{\text{leak,extrduct,zonez,l}} = 0.18 \dot{V}_{\text{req,mch.extr,zonez}}$$

Cette valeur est d'application

\* si on n'a pas effectué de mesure antérieure pour tous les réseaux de gaines d'extraction.

\* ou si les débits de fuite mesurés sont supérieurs à cette valeur par défaut.

#### B.1.4 Ventilation mécanique double flux

La détermination du facteur de multiplication  $m_{\text{zone } z}$  tient compte, avec ces systèmes, des aspects suivants:

□ en ce qui concerne l'insufflation:

- la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'alimentation

- le manque d'étanchéité à l'air des gaines d'insufflation mécanique

□ en ce qui concerne l'extraction:

- la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'extraction

- le manque d'étanchéité à l'air des gaines d'extraction mécanique

On détermine  $m_{\text{zone } z}$  par zone de ventilation  $z$  comme suit:

$$m_{\text{zone } z} = 1.0 + 0.5 \frac{r_{\text{allmch,zone } z}}{r_{\text{allmch,zone } z,\text{def}}}$$

avec:

$r_{\text{all mch, zone } z}$  un facteur de correction pour le manque d'étanchéité à l'air des gaines d'insufflation et d'extraction; et la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'alimentation et d'extraction dans chacun des locaux de la zone de ventilation  $z$ , tel que déterminé ci-dessous (-);

$r_{\text{all mch, zone } z,\text{def}}$  la valeur par défaut pour  $r_{\text{all mch, zone } z}$ , tel que déterminé ci-dessous (-);

#### **Facteur de correction $r_{\text{all mch, zone } z}$**

On calcule  $r_{\text{all mch, zone } z}$  comme suit:

$$r_{\text{allmch,zone } z} = \frac{\max(\dot{V}_{\text{calc,mch.supply,zone } z}; \dot{V}_{\text{calc,mch.extr, zone } z})}{\max(\dot{V}_{\text{req,mch.supply,zone } z}; \dot{V}_{\text{req,mch.extr, zone } z})}$$

avec:

$$\dot{V}_{\text{calc, mech. supply, zone } z} = r_{\text{adj, mech. supply, zone } z} \times \dot{V}_{\text{req, mech. supply, zone } z} + \sum_1 \dot{V}_{\text{leak, supply duct, zone } z, 1}$$

$$\dot{V}_{\text{calc, mech. extr, zone } z} = r_{\text{adj, mech. extr, zone } z} \times \dot{V}_{\text{req, mech. extr, zone } z} + \sum_m \dot{V}_{\text{leak, extr duct, zone } z, m}$$

avec :

$r_{\text{adj, mech. supply, zone } z}$  un facteur de correction pour la réglabilité éventuellement défectueuse des bouches d'alimentation dans la zone de ventilation  $z$ , tel que déterminé au B.1,2 (-);

$\dot{V}_{\text{leak, supply duct, zone } z, 1}$  les pertes de fuite du réseau de gaines d'insufflation  $l$  dans la zone de ventilation  $z$ , pour la position nominale des ventilateurs, en  $\text{m}^3/\text{h}$ , tel que déterminé au B.1.2 (-);

$\dot{V}_{\text{req, mech. supply, zone } z}$  le débit d'extraction total exigé pour la zone de ventilation  $z$ , égale à la somme des débits d'insufflation en air neuf exigés des locaux individuels, en  $\text{m}^3/\text{h}$  (-);

$r_{\text{adj, mech. extr, zone } z}$  un facteur de correction pour la réglabilité éventuellement défectueuse des bouches d'extraction dans la zone de ventilation  $z$ , tel que déterminé au B.1,3 (-);

$\dot{V}_{\text{leak, extr duct, zone } z, m}$  les pertes de fuite du réseau de gaines d'extraction  $m$  dans la zone de ventilation  $z$ , pour la position nominale des ventilateurs, en  $\text{m}^3/\text{h}$ , tel que déterminé au B.1,3;

$\dot{V}_{\text{req, mech. extr, zone } z}$  le débit d'extraction total exigé de la zone de ventilation  $z$ , en tant que somme des débits d'extraction vers l'extérieur exigés des locaux individuels, en  $\text{m}^3/\text{h}$ .

Il faut faire une sommation sur tous les réseaux de gaines d'insufflation  $l$  et tous les réseaux de gaines d'extraction  $m$  dans la zone de ventilation  $z$ .

## B.2 Facteur de réduction pour préchauffage

Le facteur de réduction pour préchauffage  $r$  d'un secteur énergétique  $i$  est égal au facteur de réduction pour préchauffage de la zone de ventilation  $z$  dont le secteur énergétique fait partie:

$$r_{\text{preh, heat, sec } i} = r_{\text{preh, heat, zone } z}$$

$$r_{\text{preh, cool, sec } i} = r_{\text{preh, cool, zone } z}$$

$$r_{\text{preh,overh,sec } i} = r_{\text{preh,overh,zone } z}$$

La détermination du facteur de réduction pour préchauffage de la zone de ventilation z à l'aide d'un appareil de récupération de chaleur s'effectue tel que décrit ci-après. Les règles pour le traitement du préchauffage par passage à travers un espace adjacent non chauffé et/ou à travers une gaine d'amenée souterraine sont déterminées par le ministre ou à défaut par demande d'équivalence.

S'il n'y a pas de préchauffage, la valeur de r est égale à 1 dans chacun des cas.

La présente annexe ne traite pas des pompes à chaleur utilisant l'air repris comme source de chaleur.

- Si la pompe à chaleur sert au chauffage, le calcul s'effectue selon [10.2.3.3](#).
- Si la pompe à chaleur sert à la préparation d'eau chaude sanitaire, le calcul s'effectue selon [10.3.3.2](#).

#### **Appareil de récupération de chaleur dans le cas d'une ventilation mécanique double flux**

Dans une zone de ventilation z avec de la ventilation mécanique double flux, il est possible de préchauffer dans une plus ou moins grande mesure l'alimentation en air neuf à l'aide d'un échangeur de chaleur qui soustrait de la chaleur à l'air rejeté vers l'extérieur. L'air fourni provenant de l'extérieur peut éventuellement être introduit dans la zone de ventilation z via différentes entrées d'air. Dans ce cas, il se peut éventuellement que toutes les alimentations en air ne soient pas préchauffées. Inversement, l'extraction mécanique vers l'extérieur peut éventuellement se faire par différentes sorties d'air et il se peut qu'il n'y ait pas de récupération de chaleur pour certains de ces flux d'air. Si, en fin de compte, le débit total d'insufflation mécanique diffère du débit total d'extraction mécanique dans la zone de ventilation z, un flux d'air supplémentaire incontrôlé (vers l'intérieur ou l'extérieur) se produira forcément à travers l'enveloppe<sup>15</sup>.

Dans la plupart des cas, on peut déterminer le facteur de réduction pour chauffage résultant du préchauffage par récupération de chaleur de l'alimentation en air neuf dans une zone de ventilation z à l'aide de la formule suivante:

---

<sup>15</sup> Par souci de simplification, on ne tient pas compte par convention, toute comme en 7.8.2, de l'interaction possible entre le terme d'in/exfiltration et le terme de ventilation volontaire.

$$r_{\text{preh,heat,zonez}} = \frac{\sum_p \{ \dot{V}_{\text{in,p}} - e_{\text{heat,hr,p}} \min(\dot{V}_{\text{in,p}}, \dot{V}_{\text{out,p}}) \} + \max\left\{0, \sum_p (\dot{V}_{\text{out,p}} - \dot{V}_{\text{in,p}})\right\}}{\max\left(\sum_p \dot{V}_{\text{in,p}}, \sum_p \dot{V}_{\text{out,p}}\right)}$$

avec :

$e_{\text{heat,hr,p}}$  un facteur adimensionnel qui indique l'importance de la récupération de chaleur à l'endroit p, déterminé comme suit:  
 \* si le flux d'insufflation en air neuf p n'est pas préchauffé, on a  $e_{\text{heat,hr,p}} = 0$   
 \* si le flux d'insufflation en air neuf p est préchauffé à l'aide d'un appareil de récupération de chaleur, on a  $e_{\text{heat,hr,p}} = r_p \cdot \eta_{\text{test,p}}$

Le facteur  $r_p$  est déterminé tel que décrit ci-dessous. Le rendement thermique  $\eta_{\text{test,p}}$  de l'appareil de récupération de chaleur à l'endroit p est déterminé tel que décrit à l'annexe G. Une valeur de rendement thermique peut être utilisée à la condition que ni  $\dot{V}_{\text{in,p}}$  ni  $\dot{V}_{\text{out,p}}$  ne soit supérieur au débit volumique pendant le test tel que défini à l'annexe G;

$\dot{V}_{\text{in,p}}$  le débit d'air entrant à l'endroit p, en m<sup>3</sup>/h, déterminé tel que décrit ci-dessous;

$\dot{V}_{\text{out,p}}$  le débit d'air sortant à l'endroit p, en m<sup>3</sup>/h, déterminé tel que décrit ci-dessous.

Il faut faire une sommation sur tous les endroits p de la zone de ventilation z où a lieu une insufflation mécanique en air neuf et/ou une extraction mécanique vers l'extérieur.

On détermine le débit d'air neuf entrant à l'endroit p comme suit:

- si une mesure continue du débit entrant s'effectue à l'endroit p et si, sur base de cette mesure, une adaptation continue et automatique à la valeur de consigne s'effectue de telle sorte que le débit entrant ne varie pas de plus de 5% de la valeur de consigne pour aucune des positions du ventilateur, on a :

$$\dot{V}_{\text{in,p}} = \dot{V}_{\text{supply, setpoint, nom,p}}$$

où on considère la valeur de consigne du débit à l'endroit p pour la position nominale du ventilateur, en m<sup>3</sup>/h;

- dans tous les autres cas, on a :

$$\dot{V}_{\text{in,p}} = \dot{V}_{\text{mech supply,p}} + \dot{V}_{\text{leak, supply duct,p}}$$

Pour la détermination des pertes de fuite du réseau de gaines d'insufflation ( $\dot{V}_{\text{leak, supply duct,p}}$ , en m<sup>3</sup>/h), les mêmes règles

s'appliquent que pour la ventilation mécanique simple flux par insufflation (voir B1.2). Si aucune valeur de mesure des pertes de

fuite n'est disponible, leur valeur est supposée égale à zéro. Si les débits d'insufflation pour la position nominale du ventilateur sont effectivement mesurés dans tous les locaux alimentés en air neuf via l'endroit p, on utilise alors pour  $\dot{V}_{\text{mech sup ply,p}}$  la somme de ces valeurs mesurées. Dans l'autre cas,  $\dot{V}_{\text{mech sup ply,p}}$  est supposé égal à la somme des débits d'insufflation en air neuf exigés par local.

On détermine le débit d'air d'extraction vers l'extérieur à l'endroit p comme suit:

- si une mesure continue du débit sortant s'effectue à l'endroit p et si, sur base de cette mesure, une adaptation continue et automatique à la valeur de consigne s'effectue de telle sorte que le débit sortant ne varie pas de plus de 5% par rapport à la valeur de consigne pour aucune des positions du ventilateur, on a:

$$\dot{V}_{\text{out,p}} = \dot{V}_{\text{extr,setpoint,nom,p}}$$

où l'on considère la valeur de consigne du débit à l'endroit p pour la position nominale du ventilateur, en m<sup>3</sup>/h;

- dans tous les autres cas, on a:

$$\dot{V}_{\text{out,p}} = \dot{V}_{\text{mech extr,p}} + \dot{V}_{\text{leak,extrduct,p}}$$

En ce qui concerne la détermination des pertes de fuite du réseau de gaines d'extraction ( $\dot{V}_{\text{leak,extrduct,p}}$ , en m<sup>3</sup>/h), les mêmes règles que pour la ventilation mécanique simple flux par extraction (voir B1.3) s'appliquent. Si aucune valeur de mesure des pertes de fuite n'est disponible, leur valeur est supposée égale à zéro. Si les débits d'extraction pour la position nominale du ventilateur sont effectivement mesurés dans tous les locaux d'où de l'air est aspiré vers l'extérieur via l'endroit p, on utilise alors pour  $\dot{V}_{\text{mech extr,p}}$  la somme de ces valeurs mesurées. Dans l'autre cas,  $\dot{V}_{\text{mech extr,p}}$  est supposé égal à la somme des débits d'extraction vers l'extérieur exigés.

Dans le cas où il y a récupération de chaleur à l'endroit p, on détermine  $r_p$  comme suit:

- si une mesure continue du débit entrant ainsi que du débit sortant s'effectue dans l'appareil de récupération de chaleur et si, sur base de ces mesures, une adaptation continue et automatique aux valeurs de consigne s'effectue de telle sorte que le débit entrant et le débit sortant ne varient pas de plus de 5% de leur valeur de consigne respective pour aucune des positions du ventilateur, on a:

$$r_p = 0.95$$

- dans tous les autres cas, on a:

$$r_p = 0.85$$

On détermine le facteur de réduction pour le calcul du risque de surchauffe et des besoins nets en énergie pour le refroidissement comme suit :

$$r_{\text{preh,cool,zonez}} = \frac{\sum_p \{ \dot{V}_{\text{in,p}} - e_{\text{cool,hr,p}} \min(\dot{V}_{\text{in,p}}, \dot{V}_{\text{out,p}}) \} + \max\left\{0, \sum_p (\dot{V}_{\text{out,p}} - \dot{V}_{\text{in,p}})\right\}}{\max\left(\sum_p \dot{V}_{\text{in,p}}, \sum_p \dot{V}_{\text{out,p}}\right)}$$

où les différents termes sont les mêmes que ci-dessus, à l'exception de  $e_{\text{cool,hr,p}}$ , dont la valeur est déterminée comme suit:

- si l'appareil de récupération de chaleur p est équipé d'un by-pass grâce auquel le passage à travers l'échangeur de chaleur est totalement interrompu, ou si il peut être totalement inactivé d'une autre façon (par exemple arrêt d'une roue thermique rotative), on a:

$$e_{\text{cool,hr,p}} = 0$$

- si l'appareil de récupération de chaleur p est équipé d'un by-pass mais que le passage à travers l'échangeur de chaleur n'est pas totalement interrompu pour autant ou s'il n'est pas totalement inactivé d'une autre façon, on a:

$$e_{\text{cool,hr,p}} = 0.5 \times e_{\text{heat,hr,p}}$$

- dans tous les autres cas:

$$e_{\text{cool,hr,p}} = e_{\text{heat,hr,p}}$$

### B.3 Prérefroidissement de l'air de ventilation

#### B.3.1 Règle de calcul

Le facteur de multiplication mensuel  $r_{\text{precool,seci,m}}$  pour l'effet du pré-refroidissement de l'air de ventilation pour les besoins de refroidissement et pour l'évaluation du risque de surchauffe du secteur énergétique i est égal au facteur de multiplication pour l'effet du pré-refroidissement de la zone de ventilation z dont le secteur énergétique fait partie :

$$r_{\text{precool,seci,m}} = r_{\text{precool,zone z,m}}$$

S'il n'y a pas de système prévu pour le pré-refroidissement de l'air de ventilation dans la zone de ventilation z, ou si seulement une partie du débit de ventilation hygiénique de la zone de ventilation z est refroidi à l'aide d'un système de pré-refroidissement de l'air de ventilation, alors  $r_{\text{precool,zone z,m}} = 1$ .

Si plusieurs unités PEB utilisent le même système de pré-refroidissement de l'air de ventilation, la valeur par défaut pour  $r_{\text{precool,zone z,m}} = 1$  ; des valeurs plus favorables peuvent être utilisées sur base d'une demande d'équivalence.

Si un système de pré-refroidissement de l'air de ventilation est présent et si l'entièreté du débit de ventilation hygiénique de la zone de ventilation z est refroidi à l'aide de ce système de pré-refroidissement,  $r_{\text{precool,zone } z,m}$  doit être déterminé par le rapport entre l'abaissement de température provoqué par le système de pré-refroidissement et la différence de température initiale et l'efficacité du système de pré-refroidissement  $e_{\text{precool},m}$ .

$$r_{\text{precool,zone } z,m} = 1 - e_{\text{precool},m} \frac{\theta_{\text{precool,ref,max},m} - (\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m})}{23 - (\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m})} \quad [-]$$

avec :

$e_{\text{precool},m}$  l'efficacité mensuelle du système de pré-refroidissement concerné (-) ;

$\theta_{\text{precool,ref,max},m}$  la température de référence pour l'abaissement de température maximal, en °C ;

$\theta_{e,m}$  la température extérieure moyenne mensuelle, en °C, selon le Tableau 1 ;

$\Delta\theta_{e,m}$  une hausse de la température extérieure moyenne mensuelle pour le calcul du besoin net en énergie pour le refroidissement, égale par hypothèse à 1°C.

Les expressions de  $e_{\text{precool},m}$  et  $\theta_{\text{precool,ref,max},m}$ , pour deux types de technologies, sont développées dans les prochains paragraphes.

Pour d'autres technologies,  $r_{\text{precool,zone } z,m}$  devra être déterminé selon des règles spécifiées par le Ministre.

### B.3.2 Échangeur de chaleur sol-eau

Les échangeurs de chaleurs placés dans le sol sont utilisés pour refroidir ou réchauffer l'air de ventilation (pré-refroidissement / préchauffage). Ici, c'est la masse thermique de la terre qui est utilisée pour fournir la chaleur à transférer. A une profondeur suffisante, la température du sol est stable. En été, cela signifie que l'air de ventilation fourni peut être refroidi ; en hiver, il peut être réchauffé. Dans des échangeurs de chaleur sol-eau, l'eau est envoyée à travers une série de tubes qui sont couplés à une batterie d'air par l'intermédiaire d'un collecteur. L'eau passant à travers la pompe est mise en circulation à travers les tubes et refroidira ou réchauffera l'air.

#### B.3.2.1 Efficacité $e_{\text{precool},m}$ du système de pré-refroidissement

Pour un échangeur de chaleur sol-eau, la valeur par défaut vaut :

$e_{\text{precool},m} = 0.7 \cdot w_{\text{soil/water},m}$	[-]
--	-----

avec :	
$w_{soil/water,m}$	un facteur mensuel qui tient compte du temps de fonctionnement de l'échangeur de chaleur sol-eau (-) : si $\theta_{e,m} - \theta_{soil,m} \leq 0$ alors $w_{soil/water,m} = 0$ si $0 < \theta_{e,m} - \theta_{soil,m} \leq 2$ alors $w_{soil/water,m} = 0,5$ si $\theta_{e,m} - \theta_{soil,m} > 2$ alors $w_{soil/water,m} = 1$
où :	
$\theta_{e,m}$	la température extérieure moyenne mensuelle, en °C, selon le Tableau 1 ;
$\theta_{soil,m}$	la température moyenne mensuelle du sol définie en fonction de la profondeur des conduites, telle que déterminée au B.3.2.2, en °C.

**B.3.2.2 Température de référence pour l'abaissement de température maximal  $\theta_{precool,ref,max,m}$**

La température de référence pour la détermination de la performance de l'échangeur de chaleur sol-eau est donnée par :

$$\theta_{precool,ref,max,m} = \frac{1}{1 - \frac{0,34 \sum \dot{V}_{hyg,cool,seci}}{1160 \dot{V}_w} + \frac{1}{e_{wt} - 1}} \left( \frac{e_{wt} \theta_{soil,m}}{e_{wt} - 1} - \frac{0,34 \sum \dot{V}_{hyg,cool,seci}}{1160 \dot{V}_w} (\theta_{e,m} + \Delta \theta_{e,m}) \right)$$

[°C]

avec :

- $\dot{V}_{hyg,cool,seci}$  le débit de ventilation hygiénique du secteur énergétique i, pour les calculs de refroidissement, tels que définis au 7.8.4, en m<sup>3</sup>/h ;
- $\dot{V}_w$  le débit d'eau à travers l'échangeur de chaleur sol-eau, en m<sup>3</sup>/h ;
- $e_{wt}$  l'efficacité de l'échangeur de chaleur sol-eau, telle que déterminée ci-dessous ;
- $\theta_{soil,m}$  la température moyenne mensuelle du sol définie en fonction de la profondeur des conduites, telle que déterminée ci-dessous, en °C ;
- $\theta_{e,m}$  la température extérieure moyenne mensuelle, en °C, selon le Tableau 1 ;

$\Delta\theta_{e,m}$  une hausse de la température extérieure moyenne mensuelle pour le calcul du besoin net en énergie pour le refroidissement, égale par hypothèse à 1°C.

Il faut faire la somme sur tous les secteurs énergétiques  $i$  de la zone de ventilation  $z$  qui sont reliés à l'échangeur de chaleur.

Pour la détermination de la température moyenne mensuelle du sol  $\theta_{soil,m}$ , il faut faire une distinction entre les conduites du sol horizontales et verticales :

- conduites horizontales : déduire la température moyenne mensuelle du sol du [Tableau 20](#) ;
- conduites verticales : déterminer la température moyenne mensuelle du sol suivant la formule suivante :

$\theta_{soil,m} = \frac{\theta_{soil,1m,m} + \theta_{soil,2m,m} + \theta_{soil,3m,m} + \theta_{soil,4m,m} + \theta_{soil,5m,m} \cdot (L_{soil/water} - L_{soil/water})}{L_{soil/water}}$	[ °C ]
avec :	
$\theta_{soil,1m,m}$ , $\theta_{soil,2m,m}$ $\theta_{soil,3m,m}$ , $\theta_{soil,4m,m}$ $\theta_{soil,5m,m}$	la température moyenne mensuelle du sol à respectivement 1, 2, 3, 4 et 5 m de profondeur, déduite du Tableau 20, en °C ;
$L_{soil/water}$	la profondeur maximale de la conduite dans le sol, en m.

**Tableau 20 : Température moyenne du sol pour la détermination du  $\theta_{soil,m}$**

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc
0.5 m	4.2	4.3	5.8	8.8	12.1	15.1	16.8	16.8	15.0	12.1	8.7	5.9
1 m	5.4	5.0	6.0	8.2	11.0	13.8	15.5	16.0	14.9	12.7	9.8	7.2
2 m	7.5	6.5	6.6	7.8	9.6	11.7	13.5	14.5	14.3	13.2	11.3	9.2
3 m	9.0	7.9	7.6	7.9	9.0	10.5	11.9	13.1	13.4	13.1	11.9	10.5
4 m	10.0	9.0	8.5	8.4	8.9	9.8	10.9	11.9	12.5	12.6	12.1	11.2
5 m+	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0

Pour les profondeurs intermédiaires, le tableau est interpolé.

L'efficacité de l'échangeur de chaleur sol-eau est donnée par :

$$e_{wt} = 1 - e^{-\frac{\alpha_{wt} A_{wt}}{1160 \dot{V}_w}} \quad [-]$$

avec :

$\alpha_{wt}$  le coefficient de transmission thermique des conduites dans l'échangeur de chaleur sol-eau, tel que déterminé ci-dessous, en  $W/m^2.K$  ;

$A_{wt}$  la surface d'échange des conduites, telle que déterminée ci-dessous, en  $m^2$  ;

$\dot{V}_w$  le débit d'eau à travers l'échangeur de chaleur sol-eau, en  $m^3/h$ .

Le coefficient de transmission thermique des conduites  $\alpha_{wt}$  est déterminé suivant :

$$\alpha_{wt} = \left( \frac{1}{\alpha_i} + \frac{\ln\left(\frac{D_{tube} + 2t_{tube}}{D_{tube}}\right)}{2\lambda_{tube}/D_{tube}} + \frac{\ln\left(\frac{D_{tube} + 2t_{soil}}{D_{tube} + 2t_{tube}}\right)}{2\lambda_{soil}/D_{tube}} \right)^{-1} \quad [W/m^2.K]$$

avec :

$\alpha_i$  le coefficient de convection interne de l'écoulement dans la conduite de l'échangeur de chaleur pour le pré-refroidissement, tel que déterminé ci-dessous, en  $W/m^2.K$  ;

$t_{soil}$  l'épaisseur du massif de terre autour de la conduite considérée, telle que déterminée ci-dessous, en  $m$  ;

$D_{tube}$  le diamètre intérieur de la conduite, en  $m$  ;

$t_{tube}$  l'épaisseur de la paroi de la conduite, en  $m$  ;

$\lambda_{tube}$  la conductivité thermique de la conduite, en  $W/m.K$  ;

$\lambda_{soil}$  la conductivité thermique du sol, considérée égale à 2, en  $W/m.K$ .

Le coefficient de convection interne est donné par :

Pour l'eau :	[W/m <sup>2</sup> .K]
--------------	-----------------------

$\alpha_i = 0.58 \frac{Nu}{D_{\text{tube}}}$ <p>Pour une solution eau/glycol (tous les types) :</p> $\alpha_i = 0.43 \frac{Nu}{D_{\text{tube}}}$	
avec :	
$Nu = \left( Nu_{\text{lam}}^5 + Nu_{\text{turb}}^5 \right)^{1/5}$	
et	
$Nu_{\text{lam}} = \left[ 3.66^3 + 1.61^3 \cdot \left( \frac{Re \cdot Pr \cdot D_{\text{tube}}}{L_{\text{tube}}} \right) \right]$	
$Nu_{\text{turb}} = \frac{f_{\text{turb}} \cdot (Re - 1000) \cdot Pr}{2 \cdot \left( 1 + 12.7 \cdot \sqrt{\frac{f_{\text{turb}}}{2}} \cdot (Pr^{2/3} - 1) \right)}$	
$f_{\text{turb}} = (1.58 \cdot \ln Re - 3.28)^{-2}$	

<p>Pour l'eau :</p> $Re = 996200 \frac{4}{3600\pi n_{\text{tube}} D_{\text{tube}}} \frac{\dot{V}_w}{D_{\text{tube}}}$ <p>Pr = 7</p> <p>Pour une solution eau/glycol (tous les types) :</p> $Re = 624200 \frac{4}{3600\pi n_{\text{tube}} D_{\text{tube}}} \frac{\dot{V}_w}{D_{\text{tube}}}$ <p>Pr = 12.5</p>	
---	--

L'épaisseur du massif de terre autour de la conduite considérée,  $t_{\text{soil}}$ , est donnée par :

$$t_{\text{soil}} = \frac{p_{\text{tube}} - D_{\text{tube}}}{2} \quad \text{si } p_{\text{tube}} - D_{\text{tube}} < 0.5$$

$$t_{\text{soil}} = 0.25 \quad \text{si } p_{\text{tube}} - D_{\text{tube}} \geq 0.5$$

avec :

$p_{\text{tube}}$  la distance entre les conduites parallèles, en m ;

$D_{\text{tube}}$  le diamètre intérieur de la conduite, en m.

La surface d'échange des conduites  $A_{\text{wt}}$  est donnée par :

$A_{\text{wt}} = \pi D_{\text{tube}} L_{\text{tube}} n_{\text{tube}}$		[m <sup>2</sup> ]
avec :		
$D_{\text{tube}}$	le diamètre intérieur de la conduite, en m ;	
$L_{\text{tube}}$	la longueur de la conduite, en m ;	
$n_{\text{tube}}$	le nombre de conduites en parallèle (-).	

### B.3.3 Refroidissement par évaporation

Le refroidissement par évaporation (ou refroidissement adiabatique) consiste en principe d'une méthode qui refroidit l'air de ventilation d'un bâtiment par injection de l'eau. Il existe de nombreuses variantes de cette technologie, avec des prétraitements et des techniques de récupération différentes. La performance des systèmes de refroidissement par évaporation est fortement variable en fonction du type de conception de ces systèmes.

Si de l'eau ordinaire est injectée dans l'air de ventilation amené ou l'air de ventilation extrait, alors la méthode suivante peut être appliquée. Pour tous les autres systèmes plus complexes, le facteur  $r_{\text{precooln zone } z, m}$  devra être déterminé sur base du principe d'équivalence.

#### B.3.3.1 Efficacité $e_{\text{precool}, m}$ du système de pré-refroidissement

Pour du refroidissement par évaporation, la valeur par défaut pour l'efficacité vaut :

$e_{\text{precool}, m} = 0.8 \cdot w_{\text{evap}, m}$		[-]
avec :		
$w_{\text{evap}, m}$	un facteur mensuel qui tient compte du temps de fonctionnement du refroidissement par évaporation (-) :	
	si $Q_{\text{cool}, \text{net}, m} \leq 0$ alors $w_{\text{evap}, m} = 0$	

	si $Q_{cool,net,m} > 0$ alors $w_{evap,m} = 1$	
où :		
	$Q_{cool,net,m} = \sum Q_{cool,net,seci,m}$	[MJ]
avec :		
$Q_{cool,net,seci,m}$	les besoins mensuels nets en énergie pour le refroidissement d'un secteur énergétique $i$ , déterminés sans prendre en compte le système de refroidissement par évaporation considéré, en MJ.	

Il faut faire la somme sur tous les secteurs énergétiques  $i$  de la zone de ventilation  $z$  qui sont reliés au refroidissement par évaporation.

**B.3.3.2 Température de référence pour l'abaissement de température maximal  $\theta_{precool,ref,max,m}$**

Si de l'eau ordinaire est injectée dans l'air de ventilation amené ou l'air de ventilation extrait, alors la température de référence est la température humide du débit d'air concerné. La valeur par défaut de  $\theta_{precool,ref,max,m}$  est égale à la température moyenne mensuelle humide, donnée au Tableau 21.

**Tableau 21 : Température mensuelle moyenne humide**

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
°C	1.9	1.7	3.0	5.9	9.3	12.7	14.6	14.7	12.0	9.7	4.8	2.3

## **Annexe C L'enseleillement mensuel**

### **C.1 Introduction**

La présente annexe décrit les algorithmes de calcul de l'enseleillement mensuel d'une surface quelconque  $j$ . L'enseleillement est calculé pour les fenêtres, les systèmes d'énergie solaire passive, les capteurs solaires thermiques et les installations photovoltaïques. Pour l'utilisateur, seul le C.2, où l'on définit comment l'ombrage est caractérisé, est intéressant.

La pente  $\theta_j$  du plan  $j$  est l'angle, exprimé en degrés, entre la verticale et la normale au plan  $j$ . Pour une surface horizontale, la pente est de  $0^\circ$ , pour une surface verticale, elle est de  $90^\circ$ .

L'orientation  $\phi_j$  du plan  $j$  est l'angle, exprimé en degrés, entre le sud et la projection horizontale de la normale au plan  $j$ . En direction de l'ouest, l'orientation est positive tandis qu'elle est négative en direction de l'est.

### **C.2 Schématisation de l'ombrage**

#### **Généralités**

Une surface enseleillée  $j$  peut être ombragée par des éléments environnants étrangers au bâtiment, appelés obstacles, et par des éléments liés au bâtiment, appelés saillies horizontales et verticales. Les obstacles font écran au rayonnement solaire direct si le soleil descend en dessous d'une hauteur déterminée. Les saillies horizontales font écran au rayonnement solaire direct si le soleil se trouve au-dessus d'une hauteur déterminée et les saillies latérales font écran au rayonnement solaire direct si l'angle horaire est inférieur ou supérieur à une valeur déterminée. Les obstacles comprennent les bâtiments, arbres et collines environnants. Les saillies comprennent les débords de toiture, balcons, auvents horizontaux et prolongements de murs latéraux.

#### **Géométrie d'un obstacle**

Les obstacles sont schématisés par un seul plan appelé plan d'obstacle vertical. L'angle d'obstruction  $\alpha_h$  est l'angle entre l'horizontal et la ligne reliant le point central de la surface enseleillée au bord supérieur du plan d'obstacle vertical.

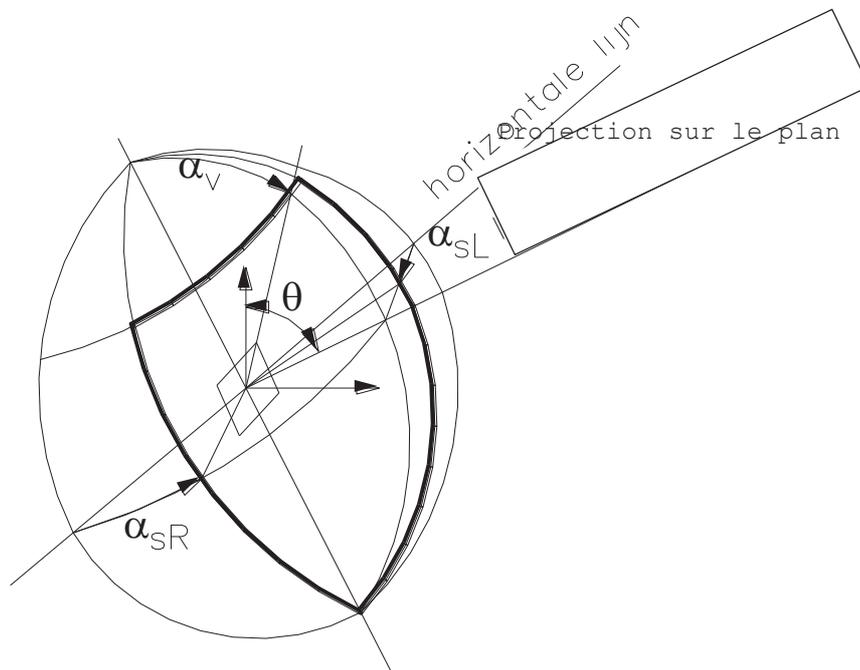
#### **Géométrie des saillies**

Les saillies sont schématisées par 1 saillie horizontale et 2 saillies verticales définies à l'aide d'un angle de saillie dans le plan vertical

$\alpha_v$  ( $0^\circ$  en l'absence de saillie horizontale, valeur maximale  $180^\circ$ ), à l'aide d'un angle de saillie à gauche  $\alpha_{sL}$  ( $0^\circ$  en l'absence de saillie à gauche, valeur maximale  $180^\circ$ ) et à l'aide d'un angle de saillie à droite  $\alpha_{sR}$  ( $0^\circ$  en l'absence de saillie à droite, valeur maximale  $180^\circ$ ) tel qu'indiqué à la figure ci-dessous.

Explication: les limites des saillies horizontales et verticales forment un rectangle sur une photo prise au grand angle (fish-eye) depuis le centre du plan considéré dans la direction normale à celui-ci. Ce rectangle, appelé plan de ciel, correspond à la partie du ciel visible à partir du plan.

0000000000000000



### Valeurs par défaut

Lorsqu'elles sont utilisées, les valeurs par défaut doivent s'appliquer à l'ensemble des angles de la surface ensoleillée (fenêtre ou capteur). Les valeurs par défaut à utiliser pour les angles relatifs aux obstacles sont les suivantes :

- pour les calculs de chauffage et pour les capteurs solaires :
  - o angle d'obstruction  $\alpha_h$  :  $25^\circ$
  - o angle de saillie à gauche  $\alpha_{sL}$ , à droite  $\alpha_{sR}$  et verticale  $\alpha_v$  :  $0^\circ$
- pour les besoins de refroidissement et l'indicateur du risque de surchauffe :
  - o angle d'obstruction  $\alpha_h$  :  $15^\circ$

o angle de saillie à gauche  $\alpha_{sL}$ , à droite  $\alpha_{sR}$  et verticale  $\alpha_v$  :  
0°

Pour rappel, pour des installations photovoltaïques, le calcul par défaut ne s'applique pas et il est obligatoire de toujours indiquer l'ombrage de manière détaillée (voir 12.1).

### C.3 Ensoleillement mensuel d'un plan non ombragé

#### Ensoleillement total

On suppose l'ensoleillement mensuel d'un plan j quelconque non ombragé égal à la somme des ensoleillements mensuels directs, diffus et réfléchis.

$$I_{s,m,j,unshad} = I_{s,dir,m,j,unshad} + I_{s,dif,m,j,unshad} + I_{s,refl,m,j,unshad}$$

(MJ/m<sup>2</sup>)

avec:

$I_{s,dir,m,j,unshad}$  l'ensoleillement direct pour le mois considéré sur le plan j, en MJ/m<sup>2</sup>;

$I_{s,dif,m,j,unshad}$  l'ensoleillement diffus pour le mois considéré sur le plan j, en MJ/m<sup>2</sup>;

$I_{s,refl,m,j,unshad}$  l'ensoleillement réfléchi pour le mois considéré sur le plan j, en MJ/m<sup>2</sup>;

Les différents termes sont calculés aux paragraphes suivants.

#### Ensoleillement direct

Le calcul de l'ensoleillement mensuel direct s'effectue à l'aide d'un jour caractéristique du mois. Il s'agit du 15 de chaque mois. Le numéro du jour caractéristique indique le nombre de jours à partir du 1<sup>er</sup> janvier (365 jours), voir **Erreur ! Source du renvoi introuvable..**

- On détermine l'ensoleillement direct mensuel d'un plan non ombragé comme suit:

$$I_{s,dir,m,j,unshad} = \left[ I_{s,tot,m,hor} - I_{s,dif,m,hor} \right] \frac{Q_{s,dir,char,j}}{Q_{s,dir,char,hor}}$$

(MJ/m<sup>2</sup>)

avec:

$I_{s,tot,m,hor}$  l'ensoleillement mensuel d'un plan horizontal non ombragé pour l'année de référence à Uccle en MJ/m<sup>2</sup>, voir [Tableau 1](#)**Erreur ! Source du renvoi introuvable.;**

$I_{s,dif,m,hor}$  l'ensoleillement mensuel diffus d'un plan horizontal non ombragé pour l'année de référence à Uccle en MJ/m<sup>2</sup>, voir [Tableau 1](#);

$Q_{s,dir,char,j}$  l'ensoleillement direct journalier d'un plan non ombragé j pour le jour caractéristique du mois considéré, en J/(m<sup>2</sup>.jour);

$Q_{s,dir,char,hor}$  l'ensoleillement direct journalier d'un plan horizontal non ombragé j pour le jour caractéristique du mois considéré, en J/(m<sup>2</sup>.jour);

- On calcule l'ensoleillement direct journalier d'un plan non ombragé et l'ensoleillement direct journalier d'un plan horizontal non ombragé pour le jour caractéristique du mois considéré comme suit:

$$Q_{s,dir,char,j} = 240 \sum_{\omega_1}^{\omega_2} \max\{0, [q_{s,dir,n} \cos \chi_{s,j} \Delta\omega]\} \quad (J/(m^2 \cdot \text{jour}))$$

$$Q_{s,dir,char,hor} = 240 \sum_{\omega_3}^{\omega_4} \max\{0, [q_{s,dir,n} \cos \chi_{s,hor} \Delta\omega]\} \quad (J/(m^2 \cdot \text{jour}))$$

avec:

$q_{s,dir,n}$  l'ensoleillement direct d'un plan perpendiculaire à la direction du soleil pour le jour caractéristique du mois, en  $W/m^2$ , tel que calculé ci-dessous;

$\omega$  l'angle horaire ( $180^\circ$  à minuit,  $90^\circ$  à 6 h,  $0^\circ$  à midi,  $-90^\circ$  à 18 h);

$\Delta\omega$  le pas dans l'angle horaire en  $^\circ$  (1 heure =  $15^\circ$ );

$\omega_1$  le plus petit angle horaire (le matin) pour lequel  $\cos\chi_{s,j}$  et  $\cos\chi_{s,hor}$  sont supérieurs à zéro;

$\omega_2$  le plus grand angle horaire (le soir) pour lequel  $\cos\chi_{s,hor}$  et  $\cos\chi_{s,j}$  sont encore supérieurs à zéro;

$\omega_3$  le plus petit angle horaire (le matin) pour lequel  $\cos\chi_{s,hor}$  est supérieur à zéro;

$\omega_4$  le plus grand angle horaire (le soir) pour lequel  $\cos\chi_{s,hor}$  est encore supérieur à zéro;

$\chi_{s,j}$  l'angle d'incidence par pas  $\Delta\omega$  du soleil sur le plan j, en  $^\circ$ , tel que calculé ci-dessous;

$\chi_{s,hor}$  l'angle d'incidence par pas  $\Delta\omega$  du soleil sur le plan horizontal, en  $^\circ$ , tel que calculé ci-dessous;

240 facteur de conversion de l'angle horaire en s.

On prend comme pas de temps, pour le calcul, un angle horaire de  $15^\circ$ .

- On détermine l'ensoleillement direct d'un plan perpendiculaire à la direction du soleil pour le jour caractéristique de chaque mois par heure comme suit:

$$q_{s,dir,n} = \max[0, 1353[1 + 0.033 \cos[360d/365]] \exp(- m d_R T_L)] \quad (W/m^2)$$

avec:

d le numéro de chacun des jours caractéristiques, voir [Tableau 1](#);

m le facteur de chemin en  $m^{-1}$ ;

$d_R$  le chemin optique en m;

$T_L$  le facteur de trouble de l'atmosphère (-);

Le facteur de chemin, le chemin optique et le facteur de trouble sont donnés par:

$$m = \frac{0.992}{\sin(\beta) + 0.15(\pi\beta/180 + 3.885)^{-1.253}} \quad (m^{-1})$$

$$d_R = 1.4899 - 2.1099 \cos(\beta) + 0.6322 \cos(2\beta) + 0.0253 \cos(3\beta) \\ - 1.0022 \sin(\beta) + 1.0077 \sin(2\beta) - 0.2606 \sin(3\beta) \quad (m)$$

$$T_L = 3.372 + 0.053(\pi\beta/180) - 0.296 \cos(30m) \quad (-)$$

avec:

$\beta$  l'angle d'élévation du soleil en ° ;

$m$  le rang du mois (1 pour janvier, 2 pour février, etc.), l'argument du cos est exprimé en ° ;

Cet angle d'élévation du soleil est égal à:

$$\beta = \max[0, 90 - \arccos[\cos \varphi \cos \delta \cos \omega + \sin \varphi \sin \delta]] \quad (^\circ)$$

avec:

$\varphi$  la latitude, pour Uccle, +50.8°

$\delta$  l'inclinaison pour chacun des jours caractéristiques, en °, égal à

$$\delta = \arcsin\left[-\sin(23.45) \cos\left(\frac{360}{365}(d + 10)\right)\right] \quad (^\circ)$$

avec:

$d$  le numéro de chacun des jours caractéristiques, voir, **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ;

- On détermine l'angle d'incidence du soleil sur le plan  $j$  et sur le plan horizontal comme suit:

$$\cos \chi_{s,j} = 0.775[\sin \delta \cos \theta_j + \cos \delta \sin \theta_j \cos \phi_j \cos \omega] \\ - 0.632[\sin \delta \sin \theta_j \cos \phi_j - \cos \delta \cos \theta_j \cos \omega] \\ + \cos \delta \sin \theta_j \sin \phi_j \sin \omega$$

$$\chi_{s,hor} = 90 - \beta$$

### Ensoleillement diffus

On détermine l'ensoleillement diffus mensuel d'un plan non ombragé comme suit:

$$I_{s,dif,m,j,unshad} = I_{s,dif,m,hor} C_m \left( \frac{1 + \cos \theta_j}{2} \right) \quad (\text{MJ/m}^2)$$

avec:

$I_{s,dif,m,hor}$  l'ensoleillement mensuel diffus d'un plan horizontal non ombragé pour l'année de référence à Uccle en MJ/m<sup>2</sup>, voir [Tableau 1](#);

$C_m$

un facteur de correction pour le caractère anisotrope du rayonnement diffus, voir tableau ci-dessus.

		Orientation (°)								
		0 (S)	22.5	45	67.5	90 (E/O)	112.5	135	157.5	180 (N)
Pente (°)	0 (H)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	22.5	1.03	1.03	1.02	1.01	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96
	45	1.05	1.04	1.03	1.01	0.99	0.96	0.94	0.92	0.92
	67.5	1.06	1.05	1.03	0.99	0.94	0.90	0.86	0.84	0.83
	90 (V)	1.06	1.04	1.00	0.94	0.87	0.81	0.76	0.73	0.71
	112.5	0.98	0.97	0.92	0.85	0.76	0.68	0.63	0.60	0.60
	135	0.80	0.78	0.74	0.67	0.59	0.53	0.49	0.47	0.47
	157.5	0.58	0.56	0.51	0.48	0.46	0.43	0.41	0.40	0.34
	180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Pour les pentes et les orientations intermédiaires, on commence par interpoler dans le tableau selon l'orientation à pente constante. Ensuite, on interpole dans un second temps selon la pente à orientation constante.

### Ensoleillement réfléchi

On détermine l'ensoleillement réfléchi mensuel d'un plan non ombragé comme suit:

$$I_{s,refl,m,j,unshad} = 0.2I_{s,tot,m,hor} \left( \frac{1 - \cos \theta_j}{2} \right) \quad (\text{MJ/m}^2)$$

avec:

$I_{s,tot,m,hor}$  l'enseleillement mensuel total d'un plan horizontal non ombragé pour l'année de référence à Uccle en MJ/m<sup>2</sup>, voir [Tableau 1](#).

#### C.4 Enseleillement mensuel d'un plan ombragé

##### C.4.1 Pour un angle d'obstruction $\alpha_h \leq 60^\circ$

###### Enseleillement total

On suppose l'enseleillement mensuel d'un plan ombragé j quelconque égal à la somme des enseleillements mensuels directs, diffus et réfléchis:

$$I_{s,m,j,shad} = I_{s,dir,m,j,shad} + I_{s,dif,m,j,shad} + I_{s,refl,m,j,shad} \quad (\text{MJ/m}^2)$$

avec:

$I_{s,dir,m,j,shad}$  l'enseleillement direct pour le mois considéré sur le plan j, en MJ/m<sup>2</sup>;

$I_{s,dif,m,j,shad}$  l'enseleillement diffus pour le mois considéré sur le plan j, en MJ/m<sup>2</sup>;

$I_{s,refl,m,j,shad}$  l'enseleillement réfléchi pour le mois considéré sur le plan j, en MJ/m<sup>2</sup>.

Les différents termes sont calculés aux paragraphes suivants.

###### Enseleillement direct

On détermine l'enseleillement mensuel direct du plan ombragé ( $I_{s,dir,m,j,shad}$ ) de la même manière que pour un plan non ombragé. On applique les règles suivantes pour le calcul de l'enseleillement direct journalier du plan considéré pour le jour caractéristique du mois considéré pour chaque angle horaire où le soleil se trouve au-dessus de l'horizon:

- Pour les angles horaires compris entre  $\omega_1$  et  $\omega_2$ , pour lesquels l'élévation du soleil  $\beta$  est inférieure à l'angle d'obstacle  $\alpha_h$ , on suppose l'enseleillement direct égal à zéro;
- Pour les autres angles horaires, on pratique une transformation des coordonnées sphériques pour l'angle azimutal du soleil  $\gamma_s$  et la hauteur du soleil  $\beta$  en un système d'axes pour lequel les obstacles sont définis. On obtient comme résultat les angles transformés  $\gamma_s'$  et  $\beta'$ ;

- Si le point  $(\gamma_s', \beta')$  tombe en-dehors du plan du ciel, l'ensoleillement direct est supposé égal à zéro. Sinon, l'ensoleillement direct est supposé égal à la valeur non ombragée.

L'angle azimutal du soleil  $\gamma_s$  est donné par:

$$\gamma_s = -\text{signe}(\omega) \arccos\left(\frac{\cos \chi_{s,\text{hor}} \sin \varphi - \sin \delta}{\sin \chi_{s,\text{hor}} \cos \varphi}\right)$$

### Ensoleillement diffus

On détermine l'ensoleillement diffus mensuel d'un plan ombragé comme suit:

$$I_{s,\text{dif},m,j,\text{shad}} = I_{s,\text{dif},m,\text{hor}} \left( \frac{1 + \cos \theta_j}{2} \right) c_m c_n \quad (\text{MJ/m}^2)$$

$$c_n = \frac{\left( \frac{180 - \theta_j}{90} (1 - \sin \alpha_n) - (1 - \cos \alpha_v) \right) (180 - \alpha_{\text{SL}} - \alpha_{\text{SR}})}{2(180 - \theta_j)}$$

avec:

$I_{s,\text{dif},m,\text{hor}}$  l'ensoleillement mensuel diffus d'un plan horizontal non ombragé à Uccle, en  $\text{MJ/m}^2$ , voir Tableau 1.

Si la formule pour la détermination de  $c_n$  conduit à une valeur négative, alors  $c_n = 0$ .

### Ensoleillement réfléchi

On calcule l'ensoleillement réfléchi mensuel d'un plan quelconque comme suit:

$$I_{s,\text{refl},m,j,\text{shad}} = 0.2 I_{s,\text{tot},m,\text{hor}} \left( \frac{1 - \cos \theta_j}{2} \right) \quad (\text{MJ/m}^2)$$

avec:

$I_{s,\text{tot},m,\text{hor}}$  l'ensoleillement mensuel total d'un plan horizontal non ombragé à Uccle, en  $\text{MJ/m}^2$ , voir Tableau 1.

#### C.4.2 Pour un angle d'obstruction $\alpha_h > 60^\circ$

Pour un angles d'obstruction  $\alpha_h > 60^\circ$ , une distinction est faite entre obstacles liés au bâtiment et obstacles environnants.

L'ensoleillement mensuel d'un plan ombragé j se calcule alors suivant la relation suivante :

$$I_{s,m,j,\text{shad}} = F_{s,m,j,\text{env obst}} \cdot I_{s,m,j,\text{shad,obst from build}}$$

avec :

$F_{s,m,j,env\ obst}$  le facteur d'ombrage dû aux obstacles environnants  
[-] ;

$I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build}$  l'ensoleillement de la fenêtre j pour le mois  
considéré, compte tenu de l'ombrage dû aux obstacles  
liés au bâtiment [MJ/m<sup>2</sup>].

**Ensoleillement  $I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build}$**

L'ensoleillement  $I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build}$  de la fenêtre j pour le mois  
considéré, compte tenu de l'ombrage dû aux obstacles liés au bâtiment,  
se calcule selon C.4.1.

On suppose donc l'ensoleillement  $I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build}$  égal à la somme des  
ensoleillements mensuels directs, diffus et réfléchis mais en ne prenant  
en compte que les obstacles liés au bâtiment (angle d'obstruction  $\alpha_h =$   
 $0^\circ$ ):

$$I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build} = I_{s,dir,m,j,shad} + I_{s,dif,m,j,shad} + I_{s,refl,m,j,shad}$$

**Facteur d'ombrage**

Le facteur d'ombrage  $F_{s,m,j,env\ obst}$  est calculé par interpolation linéaire  
par la relation suivante :

$$F_{s,m,j,env\ obst} = F_{s,m,j,env\ obst,60^\circ} \cdot (90 - \alpha_h) / 30$$

où  $F_{s,m,j,env\ obst,60^\circ}$  est le facteur d'ombrage dû aux obstacles environnants  
d'angle d'obstruction de  $60^\circ$ . Les valeurs de  $F_{s,m,j,env\ obst,60^\circ}$  sont reprises  
dans les tableaux C0, en fonction de l'orientation et de l'inclinaison  
de la surface vitrée.

### Facteur d'ombrage

Ce paragraphe contient les tableaux C0 reprenant les valeurs mensuelles des facteurs d'ombrage  $F_{s,m,j,env\ obst,60^\circ}$  pour une série d'orientations et d'inclinaisons de surface vitrées.

Les valeurs sont données pour l'angle d'obstruction de  $60^\circ$ , angle à partir duquel le mode de prise en compte détaillé de l'ombrage est modifié.

Pour les orientations et les inclinaisons non reprises dans les tableaux, il faut faire une interpolation linéaire, en premier lieu suivant l'orientation, ensuite suivant l'inclinaison.

Pour les inclinaisons supérieures à  $90^\circ$ , les valeurs pour un angle d'inclinaison de  $90^\circ$  sont d'application.

**Tableaux C0 : Facteurs d'ombrage - Angle d'obstruction de  $60^\circ$**

Tableau C0 / Orientation $\phi = 0^\circ$ (SUD)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
Janvier	0,08	0,05	0,04	0,04	0,04
Février	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04
Mars	0,06	0,05	0,04	0,04	0,05
Avril	0,06	0,05	0,05	0,05	0,07
Mai	0,08	0,08	0,08	0,08	0,10
Juin	0,21	0,21	0,22	0,22	0,20
Juillet	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12
Août	0,06	0,05	0,05	0,06	0,07
Septembre	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06
Octobre	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03
Novembre	0,08	0,05	0,04	0,04	0,04
Décembre	0,09	0,06	0,05	0,05	0,05

Tableau C0 / Orientation $\phi = 45^\circ$ (SUD-OUEST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
Janvier	0,08	0,05	0,05	0,04	0,05
Février	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04
Mars	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
Avril	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06
Mai	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Juin	0,21	0,21	0,20	0,18	0,14
Juillet	0,11	0,12	0,12	0,11	0,11
Août	0,06	0,05	0,05	0,06	0,07
Septembre	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
Octobre	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03
Novembre	0,08	0,05	0,04	0,04	0,04
Décembre	0,09	0,06	0,06	0,05	0,05

Tableau C0 / Orientation $\phi = 90^\circ$ (OUEST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
Janvier	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07
Février	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Mars	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Avril	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Mai	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07
Juin	0,21	0,14	0,12	0,11	0,08
Juillet	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09
Août	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Septembre	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Octobre	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
Novembre	0,08	0,07	0,06	0,06	0,06
Décembre	0,09	0,09	0,09	0,08	0,09

Tableau C0 / Orientation $\phi = 135^\circ$ (NORD-OUEST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
Janvier	0,08	0,12	0,12	0,12	0,12
Février	0,06	0,11	0,11	0,11	0,11
Mars	0,06	0,09	0,09	0,09	0,10
Avril	0,06	0,08	0,08	0,08	0,09
Mai	0,08	0,07	0,07	0,07	0,08
Juin	0,21	0,09	0,08	0,08	0,09
Juillet	0,11	0,09	0,09	0,09	0,10
Août	0,06	0,08	0,08	0,08	0,09
Septembre	0,06	0,09	0,09	0,09	0,09
Octobre	0,05	0,08	0,08	0,08	0,08
Novembre	0,08	0,11	0,11	0,11	0,11
Décembre	0,09	0,13	0,13	0,13	0,13

Tableau C0 / Orientation $\phi = 180^\circ$ (NORD)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,13	0,13	0,13	0,13
Février	0,06	0,12	0,12	0,12	0,12
Mars	0,06	0,12	0,12	0,12	0,12
Avril	0,06	0,11	0,11	0,12	0,12
Mai	0,08	0,10	0,10	0,10	0,11
Juin	0,21	0,11	0,11	0,11	0,12
Juillet	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12
Août	0,06	0,11	0,11	0,11	0,11
Septembre	0,06	0,12	0,12	0,12	0,12
Octobre	0,05	0,12	0,12	0,12	0,12
Novembre	0,08	0,13	0,13	0,13	0,13
Décembre	0,09	0,13	0,13	0,13	0,13

Tableau C0 / Orientation $\phi = -135^\circ$ (NORD-EST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,12	0,12	0,12	0,12
Février	0,06	0,11	0,11	0,11	0,12
Mars	0,06	0,10	0,10	0,10	0,11
Avril	0,06	0,09	0,09	0,10	0,10
Mai	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09
Juin	0,21	0,09	0,09	0,09	0,11
Juillet	0,11	0,09	0,09	0,09	0,10
Août	0,06	0,09	0,09	0,09	0,10
Septembre	0,06	0,10	0,10	0,10	0,11
Octobre	0,05	0,11	0,11	0,11	0,11
Novembre	0,08	0,13	0,13	0,13	0,13
Décembre	0,09	0,13	0,13	0,13	0,13

Tableau C0 / Orientation $\phi = -90^\circ$ (EST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09
Février	0,06	0,08	0,07	0,07	0,08
Mars	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08
Avril	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08
Mai	0,08	0,06	0,06	0,06	0,07
Juin	0,21	0,15	0,14	0,13	0,11
Juillet	0,11	0,10	0,09	0,09	0,09
Août	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08
Septembre	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08
Octobre	0,05	0,07	0,07	0,07	0,08
Novembre	0,08	0,10	0,09	0,09	0,10
Décembre	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10

Tableau C0 / Orientation $\phi = -45^\circ$ (SUD - EST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,06	0,05	0,05	0,06
Février	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
Mars	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06
Avril	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Mai	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Juin	0,21	0,22	0,21	0,20	0,17
Juillet	0,11	0,12	0,11	0,11	0,11
Août	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Septembre	0,06	0,06	0,05	0,06	0,07
Octobre	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05
Novembre	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06
Décembre	0,09	0,07	0,06	0,06	0,06

### C.5 Facteur d'utilisation $a_{c,m,j}$ : tableaux

Cette annexe contient les tableaux reprenant les valeurs mensuelles des facteurs d'utilisation  $a_{c,m,j}$  des protections solaires pour une série d'orientations et d'inclinaisons de surfaces ensoleillées.

Pour les orientations et les inclinaisons non reprises dans les tableaux, il faut faire une interpolation linéaire, en premier lieu suivant l'orientation, ensuite suivant l'inclinaison.

Pour les inclinaisons supérieures à 90°, les valeurs pour un angle d'inclinaison de 90° sont d'application.

**Tableaux C1 : Facteurs d'utilisation - Commande manuelle (résidentiel et non-résidentiel) - Commande automatique (non-résidentiel, pour calculs de chauffage)**

Tableau C1/Orientation $\phi = 0^\circ$ (SUD)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,31	0,46	0,51	0,53
Février	0,10	0,53	0,58	0,62	0,59
Mars	0,46	0,64	0,67	0,68	0,62
Avril	0,57	0,67	0,67	0,65	0,53
Mai	0,67	0,68	0,69	0,68	0,45
Juin	0,70	0,70	0,71	0,67	0,42
Juillet	0,66	0,68	0,66	0,63	0,33
Août	0,63	0,70	0,70	0,67	0,46
Septembre	0,49	0,65	0,66	0,67	0,56
Octobre	0,33	0,65	0,71	0,73	0,72
Novembre	0,00	0,34	0,45	0,51	0,49
Décembre	0,00	0,21	0,36	0,44	0,42

Tableau C1 / Orientation $\phi = 30^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,31	0,43	0,48	0,51
Février	0,10	0,49	0,59	0,62	0,61
Mars	0,46	0,66	0,67	0,69	0,63
Avril	0,57	0,67	0,68	0,66	0,57
Mai	0,67	0,71	0,69	0,66	0,51
Juin	0,70	0,72	0,70	0,66	0,47
Juillet	0,66	0,68	0,66	0,60	0,34
Août	0,63	0,70	0,70	0,65	0,52
Septembre	0,49	0,66	0,69	0,68	0,61
Octobre	0,33	0,68	0,73	0,75	0,76
Novembre	0,00	0,36	0,47	0,51	0,54
Décembre	0,00	0,20	0,27	0,34	0,35

Orientation $\phi = 45^\circ$ (SUD-OUEST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,29	0,39	0,47	0,45
Février	0,10	0,45	0,56	0,59	0,60
Mars	0,46	0,63	0,67	0,67	0,61
Avril	0,57	0,67	0,66	0,68	0,60
Mai	0,67	0,70	0,70	0,67	0,53
Juin	0,70	0,71	0,71	0,68	0,51
Juillet	0,66	0,68	0,67	0,63	0,37
Août	0,63	0,70	0,69	0,66	0,54
Septembre	0,49	0,65	0,68	0,69	0,63
Octobre	0,33	0,68	0,73	0,76	0,75
Novembre	0,00	0,33	0,47	0,52	0,52
Décembre	0,00	0,18	0,24	0,27	0,29

Orientation $\phi = 60^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,20	0,33	0,40	0,42
Février	0,10	0,43	0,53	0,56	0,57
Mars	0,46	0,63	0,61	0,62	0,57
Avril	0,57	0,64	0,68	0,65	0,59
Mai	0,67	0,71	0,68	0,66	0,57
Juin	0,70	0,72	0,70	0,66	0,55
Juillet	0,66	0,69	0,66	0,60	0,40
Août	0,63	0,68	0,68	0,64	0,54
Septembre	0,49	0,65	0,67	0,66	0,62
Octobre	0,33	0,66	0,70	0,73	0,71
Novembre	0,00	0,32	0,43	0,50	0,49
Décembre	0,00	0,15	0,18	0,22	0,22

Tableau C1 / Orientation $\phi = 90^\circ$ (OUEST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,04	0,08	0,18	0,12
Février	0,10	0,28	0,35	0,38	0,32
Mars	0,46	0,50	0,51	0,49	0,44
Avril	0,57	0,61	0,61	0,59	0,51
Mai	0,67	0,66	0,64	0,62	0,54
Juin	0,70	0,67	0,68	0,66	0,56
Juillet	0,66	0,64	0,60	0,50	0,38
Août	0,63	0,63	0,62	0,57	0,50
Septembre	0,49	0,57	0,59	0,59	0,52
Octobre	0,33	0,55	0,59	0,61	0,64
Novembre	0,00	0,19	0,26	0,30	0,37
Décembre	0,00	0,00	0,03	0,06	0,03

Tableau C1 / Orientation $\phi = 120^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,46	0,34	0,31	0,30	0,17
Avril	0,57	0,52	0,50	0,45	0,33
Mai	0,67	0,62	0,59	0,52	0,41
Juin	0,70	0,65	0,64	0,58	0,47
Juillet	0,66	0,59	0,47	0,40	0,29
Août	0,63	0,55	0,50	0,47	0,37
Septembre	0,49	0,40	0,40	0,36	0,28
Octobre	0,33	0,26	0,32	0,35	0,32
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Orientation $\phi = 135^\circ$ (NORD-OUEST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,46	0,13	0,06	0,07	0,04
Avril	0,57	0,47	0,38	0,30	0,20
Mai	0,67	0,58	0,51	0,46	0,34
Juin	0,70	0,62	0,57	0,52	0,40
Juillet	0,66	0,54	0,39	0,33	0,23
Août	0,63	0,49	0,41	0,36	0,25
Septembre	0,49	0,30	0,19	0,17	0,11
Octobre	0,33	0,05	0,06	0,07	0,10
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Orientation $\phi = 150^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,46	0,01	0,00	0,00	0,00
Avril	0,57	0,36	0,18	0,13	0,06
Mai	0,67	0,54	0,43	0,33	0,25
Juin	0,70	0,60	0,48	0,40	0,30
Juillet	0,66	0,50	0,31	0,23	0,15
Août	0,63	0,41	0,29	0,20	0,08
Septembre	0,49	0,09	0,05	0,04	0,01
Octobre	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C1 / Orientation $\phi = 180^\circ$ (NORD)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00
Avril	0,57	0,15	0,00	0,00	0,00
Mai	0,67	0,49	0,00	0,00	0,00
Juin	0,70	0,55	0,11	0,00	0,00
Juillet	0,66	0,44	0,06	0,01	0,00
Août	0,63	0,21	0,00	0,00	0,00
Septembre	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00
Octobre	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C1 / Orientation $\phi = -150^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00
Avril	0,57	0,28	0,07	0,01	0,00
Mai	0,67	0,51	0,36	0,26	0,08
Juin	0,70	0,57	0,46	0,30	0,10
Juillet	0,66	0,46	0,33	0,25	0,09
Août	0,63	0,34	0,15	0,10	0,03
Septembre	0,49	0,06	0,00	0,00	0,00
Octobre	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Orientation $\phi = -135^\circ$ (NORD-EST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,46	0,08	0,00	0,00	0,00
Avril	0,57	0,37	0,23	0,14	0,03
Mai	0,67	0,57	0,47	0,38	0,25
Juin	0,70	0,61	0,52	0,43	0,28
Juillet	0,66	0,52	0,43	0,35	0,20
Août	0,63	0,42	0,32	0,26	0,13
Septembre	0,49	0,20	0,07	0,04	0,00
Octobre	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Orientation $\phi = -120^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,46	0,23	0,18	0,15	0,04
Avril	0,57	0,44	0,38	0,31	0,16
Mai	0,67	0,60	0,53	0,47	0,36
Juin	0,70	0,64	0,56	0,54	0,40
Juillet	0,66	0,57	0,48	0,44	0,32
Août	0,63	0,49	0,39	0,35	0,26
Septembre	0,49	0,29	0,24	0,18	0,09
Octobre	0,33	0,02	0,01	0,00	0,00
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C1 / Orientation $\phi = -90^\circ$ (EST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,02	0,05	0,08	0,09
Février	0,10	0,26	0,31	0,33	0,29
Mars	0,46	0,44	0,43	0,40	0,33
Avril	0,57	0,55	0,51	0,49	0,37
Mai	0,67	0,66	0,63	0,59	0,46
Juin	0,70	0,67	0,65	0,61	0,49
Juillet	0,66	0,62	0,58	0,53	0,42
Août	0,63	0,58	0,56	0,50	0,39
Septembre	0,49	0,49	0,46	0,43	0,33
Octobre	0,33	0,28	0,28	0,30	0,18
Novembre	0,00	0,02	0,04	0,04	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C1 / Orientation $\phi = -60^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,15	0,22	0,24	0,28
Février	0,10	0,39	0,45	0,46	0,48
Mars	0,46	0,56	0,57	0,58	0,48
Avril	0,57	0,62	0,59	0,58	0,47
Mai	0,67	0,69	0,68	0,64	0,50
Juin	0,70	0,70	0,69	0,66	0,53
Juillet	0,66	0,66	0,64	0,59	0,45
Août	0,63	0,63	0,63	0,60	0,43
Septembre	0,49	0,59	0,59	0,60	0,46
Octobre	0,33	0,48	0,53	0,54	0,46
Novembre	0,00	0,14	0,18	0,21	0,16
Décembre	0,00	0,02	0,09	0,17	0,17

Orientation $\phi = -45^\circ$ (SUD-EST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,18	0,26	0,32	0,33
Février	0,10	0,41	0,46	0,48	0,51
Mars	0,46	0,59	0,62	0,60	0,53
Avril	0,57	0,63	0,64	0,60	0,49
Mai	0,67	0,69	0,68	0,65	0,49
Juin	0,70	0,70	0,68	0,67	0,50
Juillet	0,66	0,66	0,64	0,60	0,42
Août	0,63	0,66	0,65	0,61	0,44
Septembre	0,49	0,61	0,64	0,61	0,50
Octobre	0,33	0,55	0,58	0,60	0,54
Novembre	0,00	0,20	0,26	0,30	0,27
Décembre	0,00	0,05	0,28	0,31	0,28

Orientation $\phi = -30^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,21	0,36	0,40	0,39
Février	0,10	0,46	0,53	0,56	0,51
Mars	0,46	0,62	0,63	0,64	0,59
Avril	0,57	0,66	0,65	0,64	0,50
Mai	0,67	0,69	0,70	0,67	0,47
Juin	0,70	0,70	0,69	0,66	0,46
Juillet	0,66	0,67	0,66	0,60	0,40
Août	0,63	0,67	0,66	0,63	0,46
Septembre	0,49	0,63	0,64	0,66	0,55
Octobre	0,33	0,58	0,64	0,65	0,62
Novembre	0,00	0,26	0,33	0,36	0,34
Décembre	0,00	0,12	0,32	0,35	0,38



**Tableaux C2 : Facteurs d'utilisation - Commande automatique (résidentiel)**

Tableau C2 / Orientation $\phi = 0^\circ$ (SUD)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal	Vertical			
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
Janvier	0,04	0,56	0,62	0,65	0,68
Février	0,34	0,70	0,72	0,73	0,74
Mars	0,64	0,77	0,78	0,78	0,75
Avril	0,74	0,79	0,78	0,76	0,65
Mai	0,79	0,80	0,79	0,75	0,59
Juin	0,81	0,81	0,79	0,75	0,59
Juillet	0,82	0,81	0,79	0,76	0,55
Août	0,78	0,81	0,82	0,78	0,62
Septembre	0,68	0,78	0,79	0,78	0,72
Octobre	0,56	0,76	0,79	0,81	0,81
Novembre	0,10	0,50	0,60	0,62	0,64
Décembre	0,00	0,41	0,52	0,58	0,56

Tableau C2 / Orientation $\phi = 30^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal	Vertical			
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
Janvier	0,04	0,50	0,59	0,62	0,63
Février	0,34	0,65	0,69	0,72	0,71
Mars	0,64	0,76	0,77	0,78	0,74
Avril	0,74	0,79	0,78	0,77	0,68
Mai	0,79	0,81	0,79	0,78	0,63
Juin	0,81	0,81	0,79	0,77	0,62
Juillet	0,82	0,81	0,79	0,75	0,53
Août	0,78	0,81	0,81	0,78	0,64
Septembre	0,68	0,77	0,77	0,79	0,73
Octobre	0,56	0,77	0,81	0,82	0,82
Novembre	0,10	0,51	0,58	0,63	0,64
Décembre	0,00	0,36	0,50	0,58	0,58

Tableau C2 / Orientation $\phi = 45^\circ$ (SUD-OUEST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal	Vertical			
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
Janvier	0,04	0,46	0,54	0,57	0,60
Février	0,34	0,60	0,67	0,69	0,68
Mars	0,64	0,74	0,76	0,76	0,70
Avril	0,74	0,78	0,77	0,75	0,67
Mai	0,79	0,80	0,80	0,75	0,65
Juin	0,81	0,80	0,80	0,74	0,61
Juillet	0,82	0,81	0,79	0,73	0,51
Août	0,78	0,81	0,79	0,77	0,65
Septembre	0,68	0,77	0,77	0,77	0,72
Octobre	0,56	0,74	0,78	0,81	0,82
Novembre	0,10	0,50	0,57	0,61	0,62
Décembre	0,00	0,23	0,41	0,52	0,42

Tableau C2 / Orientation $\phi = 60^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal	Vertical			
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
Janvier	0,04	0,37	0,48	0,54	0,54
Février	0,34	0,55	0,61	0,64	0,64
Mars	0,64	0,73	0,75	0,71	0,67
Avril	0,74	0,76	0,75	0,72	0,66
Mai	0,79	0,79	0,77	0,75	0,64
Juin	0,81	0,81	0,79	0,77	0,68
Juillet	0,82	0,79	0,77	0,72	0,52
Août	0,78	0,80	0,78	0,76	0,62
Septembre	0,68	0,75	0,76	0,74	0,69
Octobre	0,56	0,75	0,79	0,79	0,80
Novembre	0,10	0,48	0,55	0,59	0,62
Décembre	0,00	0,21	0,28	0,34	0,33

Tableau C2 / Orientation $\phi = 90^\circ$ (OUEST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal	Vertical			
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
Janvier	0,04	0,14	0,25	0,30	0,27
Février	0,34	0,41	0,46	0,50	0,49
Mars	0,64	0,63	0,63	0,62	0,55
Avril	0,74	0,71	0,69	0,65	0,60
Mai	0,79	0,78	0,75	0,71	0,62
Juin	0,81	0,80	0,77	0,75	0,64
Juillet	0,82	0,78	0,73	0,67	0,50
Août	0,78	0,76	0,74	0,69	0,59
Septembre	0,68	0,70	0,69	0,68	0,62
Octobre	0,56	0,68	0,71	0,72	0,70
Novembre	0,10	0,30	0,38	0,44	0,43
Décembre	0,00	0,02	0,09	0,10	0,09

Tableau C2 / Orientation $\phi = 120^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal	Vertical			
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
Janvier	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,34	0,09	0,03	0,04	0,00
Mars	0,64	0,45	0,39	0,38	0,30
Avril	0,74	0,65	0,59	0,55	0,41
Mai	0,79	0,73	0,67	0,64	0,51
Juin	0,81	0,78	0,71	0,68	0,55
Juillet	0,82	0,75	0,67	0,56	0,38
Août	0,78	0,71	0,64	0,55	0,45
Septembre	0,68	0,60	0,55	0,51	0,40
Octobre	0,56	0,45	0,47	0,51	0,46
Novembre	0,10	0,00	0,06	0,15	0,16
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation $\phi = 135^\circ$ (NORD-OUEST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,64	0,36	0,25	0,17	0,07
Avril	0,74	0,60	0,52	0,44	0,31
Mai	0,79	0,72	0,63	0,56	0,41
Juin	0,81	0,76	0,69	0,60	0,47
Juillet	0,82	0,73	0,62	0,45	0,31
Août	0,78	0,69	0,55	0,44	0,34
Septembre	0,68	0,51	0,39	0,28	0,22
Octobre	0,56	0,16	0,17	0,16	0,14
Novembre	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation $\phi = 150^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,64	0,13	0,03	0,02	0,01
Avril	0,74	0,55	0,38	0,24	0,12
Mai	0,79	0,69	0,57	0,43	0,29
Juin	0,81	0,74	0,65	0,53	0,34
Juillet	0,82	0,73	0,54	0,34	0,21
Août	0,78	0,65	0,43	0,30	0,18
Septembre	0,68	0,38	0,08	0,07	0,06
Octobre	0,56	0,03	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation $\phi = 180^\circ$ (NORD)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00
Avril	0,74	0,42	0,00	0,00	0,00
Mai	0,79	0,72	0,36	0,04	0,00
Juin	0,81	0,74	0,62	0,07	0,00
Juillet	0,82	0,73	0,46	0,03	0,01
Août	0,78	0,58	0,02	0,00	0,00
Septembre	0,68	0,10	0,00	0,00	0,00
Octobre	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation $\phi = -150^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,64	0,13	0,00	0,00	0,00
Avril	0,74	0,53	0,31	0,09	0,00
Mai	0,79	0,72	0,58	0,42	0,22
Juin	0,81	0,76	0,64	0,51	0,27
Juillet	0,82	0,74	0,60	0,44	0,19
Août	0,78	0,63	0,40	0,25	0,08
Septembre	0,68	0,29	0,06	0,00	0,00
Octobre	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation $\phi = -135^\circ$ (NORD-EST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,64	0,32	0,17	0,05	0,00
Avril	0,74	0,59	0,46	0,35	0,16
Mai	0,79	0,72	0,63	0,51	0,34
Juin	0,81	0,75	0,68	0,60	0,40
Juillet	0,82	0,75	0,65	0,53	0,31
Août	0,78	0,67	0,55	0,39	0,25
Septembre	0,68	0,43	0,24	0,13	0,04
Octobre	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation $\phi = -120^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,34	0,13	0,08	0,06	0,04
Mars	0,64	0,47	0,35	0,30	0,16
Avril	0,74	0,63	0,53	0,45	0,29
Mai	0,79	0,74	0,66	0,59	0,43
Juin	0,81	0,76	0,70	0,64	0,50
Juillet	0,82	0,76	0,70	0,61	0,40
Août	0,78	0,71	0,61	0,51	0,33
Septembre	0,68	0,56	0,43	0,36	0,20
Octobre	0,56	0,11	0,07	0,04	0,00
Novembre	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation $\phi = -90^\circ$ (EST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,16	0,18	0,19	0,13
Février	0,34	0,39	0,40	0,42	0,38
Mars	0,64	0,59	0,58	0,54	0,46
Avril	0,74	0,71	0,67	0,58	0,47
Mai	0,79	0,76	0,75	0,68	0,56
Juin	0,81	0,78	0,74	0,71	0,60
Juillet	0,82	0,79	0,75	0,68	0,50
Août	0,78	0,75	0,73	0,66	0,47
Septembre	0,68	0,65	0,62	0,57	0,45
Octobre	0,56	0,48	0,45	0,42	0,35
Novembre	0,10	0,09	0,12	0,11	0,04
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation $\phi = -60^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,28	0,38	0,40	0,43
Février	0,34	0,52	0,56	0,55	0,55
Mars	0,64	0,69	0,67	0,67	0,63
Avril	0,74	0,73	0,72	0,71	0,57
Mai	0,79	0,78	0,78	0,75	0,61
Juin	0,81	0,81	0,78	0,73	0,61
Juillet	0,82	0,81	0,78	0,73	0,55
Août	0,78	0,78	0,76	0,74	0,53
Septembre	0,68	0,73	0,71	0,69	0,61
Octobre	0,56	0,64	0,65	0,65	0,57
Novembre	0,10	0,26	0,35	0,39	0,38
Décembre	0,00	0,22	0,31	0,35	0,32

Tableau C2 / Orientation $\phi = -45^\circ$ (SUD-EST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,37	0,46	0,48	0,46
Février	0,34	0,61	0,63	0,62	0,60
Mars	0,64	0,71	0,73	0,70	0,66
Avril	0,74	0,75	0,75	0,71	0,61
Mai	0,79	0,80	0,78	0,75	0,64
Juin	0,81	0,81	0,78	0,74	0,63
Juillet	0,82	0,81	0,79	0,75	0,57
Août	0,78	0,79	0,77	0,73	0,58
Septembre	0,68	0,76	0,75	0,71	0,66
Octobre	0,56	0,67	0,70	0,71	0,67
Novembre	0,10	0,35	0,42	0,47	0,48
Décembre	0,00	0,33	0,40	0,44	0,46

Tableau C2 / Orientation $\phi = -30^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,45	0,56	0,59	0,54
Février	0,34	0,66	0,70	0,71	0,69
Mars	0,64	0,75	0,76	0,75	0,69
Avril	0,74	0,79	0,75	0,75	0,64
Mai	0,79	0,79	0,77	0,74	0,62
Juin	0,81	0,79	0,79	0,74	0,58
Juillet	0,82	0,81	0,80	0,75	0,55
Août	0,78	0,81	0,78	0,75	0,61
Septembre	0,68	0,76	0,76	0,76	0,69
Octobre	0,56	0,73	0,77	0,78	0,72
Novembre	0,10	0,45	0,53	0,56	0,54
Décembre	0,00	0,38	0,47	0,51	0,51

**Tableaux C3 : Facteurs d'utilisation - Commande automatique (non-résidentiel)**

Tableau C3 / Orientation $\phi = 0^\circ$ (SUD)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,59	0,64	0,68	0,69
Février	0,39	0,71	0,74	0,75	0,75
Mars	0,70	0,79	0,81	0,82	0,76
Avril	0,77	0,81	0,82	0,79	0,68
Mai	0,81	0,82	0,82	0,78	0,65
Juin	0,84	0,85	0,82	0,78	0,61
Juillet	0,84	0,84	0,82	0,79	0,63
Août	0,84	0,85	0,84	0,82	0,68
Septembre	0,75	0,82	0,82	0,81	0,74
Octobre	0,62	0,77	0,81	0,83	0,83
Novembre	0,14	0,56	0,66	0,69	0,69
Décembre	0,00	0,46	0,57	0,62	0,65

Tableau C3 / Orientation $\phi = 30^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,56	0,63	0,68	0,70
Février	0,39	0,69	0,74	0,75	0,73
Mars	0,70	0,78	0,80	0,80	0,77
Avril	0,77	0,81	0,80	0,80	0,72
Mai	0,81	0,82	0,82	0,80	0,66
Juin	0,84	0,84	0,81	0,80	0,65
Juillet	0,84	0,84	0,82	0,80	0,62
Août	0,84	0,86	0,83	0,82	0,70
Septembre	0,75	0,82	0,83	0,82	0,76
Octobre	0,62	0,79	0,83	0,84	0,83
Novembre	0,14	0,57	0,64	0,67	0,67
Décembre	0,00	0,42	0,56	0,59	0,62

Tableau C3 / Orientation $\phi = 45^\circ$ (SUD-OUEST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,51	0,58	0,64	0,63
Février	0,39	0,65	0,70	0,72	0,72
Mars	0,70	0,77	0,78	0,79	0,74
Avril	0,77	0,80	0,81	0,78	0,70
Mai	0,81	0,82	0,81	0,78	0,68
Juin	0,84	0,84	0,82	0,78	0,68
Juillet	0,84	0,83	0,81	0,77	0,62
Août	0,84	0,84	0,83	0,80	0,68
Septembre	0,75	0,81	0,81	0,79	0,75
Octobre	0,62	0,78	0,81	0,82	0,84
Novembre	0,14	0,55	0,60	0,63	0,65
Décembre	0,00	0,35	0,50	0,55	0,55

Tableau C3 / Orientation $\phi = 60^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,45	0,53	0,60	0,60
Février	0,39	0,61	0,65	0,67	0,67
Mars	0,70	0,75	0,77	0,76	0,69
Avril	0,77	0,80	0,78	0,78	0,67
Mai	0,81	0,80	0,81	0,78	0,66
Juin	0,84	0,82	0,83	0,79	0,68
Juillet	0,84	0,82	0,80	0,76	0,58
Août	0,84	0,84	0,81	0,79	0,66
Septembre	0,75	0,80	0,78	0,78	0,73
Octobre	0,62	0,76	0,80	0,81	0,83
Novembre	0,14	0,53	0,58	0,61	0,64
Décembre	0,00	0,23	0,31	0,38	0,40

Tableau C3 / Orientation $\phi = 90^\circ$ (OUEST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,29	0,30	0,34	0,37
Février	0,39	0,48	0,52	0,53	0,54
Mars	0,70	0,70	0,66	0,64	0,60
Avril	0,77	0,76	0,74	0,69	0,62
Mai	0,81	0,79	0,78	0,75	0,63
Juin	0,84	0,82	0,79	0,76	0,65
Juillet	0,84	0,81	0,78	0,72	0,53
Août	0,84	0,80	0,77	0,74	0,60
Septembre	0,75	0,75	0,73	0,70	0,64
Octobre	0,62	0,70	0,72	0,74	0,71
Novembre	0,14	0,38	0,44	0,49	0,50
Décembre	0,00	0,08	0,17	0,22	0,18

Tableau C3 / Orientation $\phi = 120^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,39	0,23	0,16	0,10	0,03
Mars	0,70	0,54	0,46	0,41	0,35
Avril	0,77	0,70	0,64	0,57	0,46
Mai	0,81	0,77	0,72	0,65	0,53
Juin	0,84	0,80	0,74	0,69	0,58
Juillet	0,84	0,79	0,74	0,60	0,41
Août	0,84	0,76	0,70	0,62	0,49
Septembre	0,75	0,66	0,60	0,54	0,43
Octobre	0,62	0,54	0,53	0,53	0,49
Novembre	0,14	0,06	0,12	0,16	0,20
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C3 / Orientation $\phi = 135^\circ$ (NORD-OUEST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,70	0,39	0,29	0,25	0,15
Avril	0,77	0,65	0,56	0,49	0,32
Mai	0,81	0,75	0,69	0,59	0,44
Juin	0,84	0,78	0,72	0,65	0,48
Juillet	0,84	0,78	0,69	0,54	0,32
Août	0,84	0,72	0,64	0,52	0,38
Septembre	0,75	0,60	0,47	0,41	0,27
Octobre	0,62	0,28	0,23	0,21	0,22
Novembre	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C3 / Orientation $\phi = 150^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,70	0,22	0,06	0,02	0,01
Avril	0,77	0,61	0,46	0,29	0,15
Mai	0,81	0,73	0,62	0,50	0,31
Juin	0,84	0,78	0,68	0,57	0,37
Juillet	0,84	0,76	0,66	0,42	0,23
Août	0,84	0,70	0,53	0,36	0,22
Septembre	0,75	0,48	0,23	0,12	0,06
Octobre	0,62	0,08	0,00	0,00	0,01
Novembre	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C3 / Orientation $\phi = 180^\circ$ (NORD)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,70	0,03	0,00	0,00	0,00
Avril	0,77	0,55	0,03	0,00	0,00
Mai	0,81	0,74	0,58	0,07	0,01
Juin	0,84	0,78	0,72	0,12	0,02
Juillet	0,84	0,78	0,66	0,12	0,01
Août	0,84	0,68	0,10	0,00	0,00
Septembre	0,75	0,21	0,00	0,00	0,00
Octobre	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C3 / Orientation $\phi = -150^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,70	0,18	0,00	0,00	0,00
Avril	0,77	0,60	0,40	0,16	0,03
Mai	0,81	0,75	0,64	0,45	0,22
Juin	0,84	0,78	0,70	0,57	0,32
Juillet	0,84	0,79	0,70	0,50	0,22
Août	0,84	0,72	0,54	0,31	0,14
Septembre	0,75	0,41	0,09	0,02	0,00
Octobre	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C3 / Orientation $\phi = -135^\circ$ (NORD-EST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,39	0,02	0,00	0,00	0,00
Mars	0,70	0,41	0,25	0,13	0,02
Avril	0,77	0,65	0,54	0,39	0,19
Mai	0,81	0,76	0,69	0,58	0,35
Juin	0,84	0,79	0,74	0,62	0,42
Juillet	0,84	0,80	0,73	0,61	0,35
Août	0,84	0,74	0,64	0,46	0,26
Septembre	0,75	0,50	0,34	0,21	0,07
Octobre	0,62	0,08	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C3 / Orientation $\phi = -120^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,39	0,16	0,15	0,11	0,08
Mars	0,70	0,51	0,40	0,35	0,19
Avril	0,77	0,69	0,60	0,50	0,31
Mai	0,81	0,75	0,71	0,64	0,47
Juin	0,84	0,80	0,75	0,67	0,52
Juillet	0,84	0,81	0,75	0,66	0,45
Août	0,84	0,77	0,69	0,58	0,36
Septembre	0,75	0,62	0,53	0,38	0,25
Octobre	0,62	0,24	0,14	0,06	0,03
Novembre	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C3 / Orientation $\phi = -90^\circ$ (EST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,20	0,26	0,26	0,21
Février	0,39	0,43	0,43	0,42	0,40
Mars	0,70	0,64	0,59	0,56	0,46
Avril	0,77	0,74	0,71	0,66	0,50
Mai	0,81	0,80	0,77	0,72	0,59
Juin	0,84	0,80	0,78	0,74	0,62
Juillet	0,84	0,83	0,79	0,74	0,57
Août	0,84	0,80	0,76	0,71	0,53
Septembre	0,75	0,72	0,65	0,61	0,48
Octobre	0,62	0,55	0,50	0,47	0,38
Novembre	0,14	0,17	0,16	0,14	0,10
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00

Tableau C3 / Orientation $\phi = -60^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,39	0,43	0,44	0,45
Février	0,39	0,60	0,59	0,60	0,56
Mars	0,70	0,73	0,71	0,69	0,64
Avril	0,77	0,79	0,76	0,74	0,59
Mai	0,81	0,81	0,80	0,77	0,65
Juin	0,84	0,83	0,79	0,76	0,63
Juillet	0,84	0,83	0,82	0,76	0,62
Août	0,84	0,84	0,81	0,77	0,61
Septembre	0,75	0,79	0,76	0,72	0,63
Octobre	0,62	0,68	0,68	0,67	0,61
Novembre	0,14	0,34	0,43	0,45	0,43
Décembre	0,00	0,31	0,37	0,41	0,42

Tableau C3 / Orientation $\phi = -45^\circ$ (SUD-EST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,43	0,50	0,53	0,49
Février	0,39	0,66	0,67	0,66	0,63
Mars	0,70	0,76	0,76	0,73	0,68
Avril	0,77	0,80	0,78	0,76	0,62
Mai	0,81	0,83	0,79	0,77	0,65
Juin	0,84	0,84	0,80	0,77	0,64
Juillet	0,84	0,84	0,82	0,79	0,63
Août	0,84	0,84	0,82	0,78	0,64
Septembre	0,75	0,80	0,80	0,75	0,68
Octobre	0,62	0,72	0,71	0,73	0,68
Novembre	0,14	0,42	0,54	0,58	0,56
Décembre	0,00	0,39	0,43	0,52	0,47

Tableau C3 / Orientation $\phi = -30^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,54	0,61	0,63	0,62
Février	0,39	0,68	0,72	0,73	0,72
Mars	0,70	0,78	0,77	0,78	0,71
Avril	0,77	0,81	0,79	0,77	0,65
Mai	0,81	0,82	0,81	0,78	0,65
Juin	0,84	0,84	0,81	0,78	0,63
Juillet	0,84	0,83	0,82	0,79	0,62
Août	0,84	0,85	0,84	0,79	0,65
Septembre	0,75	0,82	0,81	0,79	0,71
Octobre	0,62	0,75	0,78	0,79	0,74
Novembre	0,14	0,49	0,58	0,62	0,63
Décembre	0,00	0,45	0,54	0,56	0,58

## Annexe D Le rendement d'émission

La méthode de calcul de détaillée donné ici s'applique uniquement aux secteurs énergétiques qui n'ont qu'un seul système d'émission de chaleur composé de radiateurs, d'un chauffage par le sol ou d'un chauffage mural.

Les éléments calculés de manière plus détaillée sont les déperditions de chaleur supplémentaires à travers la paroi extérieure située derrière ou sous les systèmes d'émission de chaleur.

Dans la présente annexe, on établit à plusieurs reprises une distinction entre une valeur de consigne variable et une valeur de consigne constante de la température de départ de l'eau du circuit : voir [9.2.2.2](#) pour une description plus détaillée de cette distinction.

### D.1 Temps de fonctionnement conventionnel du système d'émission de chaleur

On détermine le temps de fonctionnement mensuel conventionnel du système d'émission de chaleur d'un secteur énergétique  $i$  comme suit:

- Si la valeur de consigne de la température de départ de l'eau du circuit est variable, on a:

$$t_{heat,seci,m} = \frac{Q_{heat,net,seci,m}}{[29(H_{T,heat,seci} + 0.27V_{seci}) + 10V_{seci}](18 - \theta_{e,m})/29} \quad (\text{Ms})$$

- Si la valeur de consigne de la température de départ de l'eau du circuit est constante, on a:

$$t_{heat,seci,m} = \frac{Q_{heat,net,seci,m}}{29(H_{T,heat,seci,m} + 0.27V_{seci}) + 10V_{seci}} \quad (\text{Ms})$$

Dans les deux formules:

$Q_{heat,net,seci,m}$	les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage du secteur énergétique $i$ , en MJ, déterminés selon <a href="#">7.2</a> ;
$H_{T,heat,seci}$	le coefficient de transfert thermique par transmission du secteur énergétique $i$ à la température extérieure de base, en W/K;
$V_{seci}$	le volume du secteur énergétique $i$ , en $\text{m}^3$ ;
$\theta_{e,m}$	la température extérieure moyenne mensuelle, voir <a href="#">Tableau 1</a> .

## D.2 Température moyenne de l'eau dans le circuit d'émission

On détermine, pour chaque mois de la saison de chauffe, la température moyenne de l'eau dans le circuit d'émission du secteur énergétique  $i$  pendant le temps de fonctionnement comme suit:

- Si la valeur de consigne de la température de départ de l'eau du circuit est variable, on a:

$$\theta_{c,sec i,m} = 21 + \left( \theta_{c,sec i,\theta_{eb}} - 21 \right) \left[ \frac{21 - \theta_{e,m}}{29} \right]^{0.75} \quad (^\circ\text{C})$$

- Si la valeur de consigne de la température de départ de l'eau du circuit est constante, on a:

$$\theta_{c,sec i,m} = \theta_{c,sec i,\theta_{eb}} \quad (^\circ\text{C})$$

mais en présence d'une chaudière standard sans post-mélange à l'aide d'une vanne à trois voies, il faut toujours calculer avec  $\theta_{c,sec i,m} = 80^\circ\text{C}$ , indépendamment de la température de conception du circuit d'émission.

avec:

$\theta_{c,sec i,\theta_{eb}}$  la température moyenne de l'eau dans le circuit d'émission pour la température extérieure de base, tel que déterminé ci-dessous, en  $^\circ\text{C}$ ;

$\theta_{e,m}$  la température extérieure moyenne mensuelle, voir [Tableau 1](#).

On détermine la température moyenne de l'eau dans le circuit d'émission pour une température extérieure de base (c.-à-d. pour les conditions de conception), comme suit:

$$\theta_{c,sec i,\theta_{eb}} = 0.5 (\theta_{design,supply,sec i} + \theta_{design,return,sec i})$$

avec:

$\theta_{design,supply,sec i}$  la température de départ de conception de l'eau dans le circuit d'émission du secteur énergétique  $i$  (pour la température extérieure de base), en  $^\circ\text{C}$ ;

$\theta_{design,return,sec i}$  la température de retour de conception de l'eau dans le circuit d'émission du secteur énergétique  $i$  (à la température extérieure de base), en  $^\circ\text{C}$ ;

On peut prendre comme valeurs par défaut:

- pour le chauffage par le sol et le chauffage mural:

$$\theta_{design,supply,sec i} = 55^\circ\text{C}$$

$$\theta_{design,return,sec i} = 45^\circ\text{C}$$

- pour des radiateurs:

$$\theta_{\text{design, supply, sec } i} = 90^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_{\text{design, return, sec } i} = 70^{\circ}\text{C}$$

De meilleures valeurs peuvent être adoptées conformément à des règles déterminées par le ministre.

### D.3 Radiateurs

- On calcule les déperditions de chaleur mensuelles supplémentaires ( $\Delta Q_{\text{rad, sec } i, m}$ ) pour les radiateurs du secteur énergétique  $i$ , à travers les parois situées derrière les radiateurs, comme suit:

$$\Delta Q_{\text{rad, sec } i, m} = t_{\text{heat, sec } i, m} \sum_j \{U_j A_{\text{rad, } j} \max(0, w\theta_{c, \text{sec } i, m} + (1 - w)\theta_{e, m} - 18)\} \text{ (MJ)}$$

avec:

$\theta_{c, \text{sec } i, m}$  la température moyenne de l'eau dans le circuit d'émission du secteur énergétique  $i$  pendant le temps de fonctionnement conventionnel pour le mois considéré, déterminée selon D.2, en °C;

$\theta_{e, m}$  la température extérieure mensuelle moyenne, voir [Tableau 1](#);

$t_{\text{heat, sec } i, m}$  le temps de fonctionnement mensuel conventionnel du système d'émission de chaleur dans le secteur énergétique  $i$ , déterminé selon D.1, en Ms;

$w$  un facteur de pondération. Il est de 0.4 dans le cas où un écran réfléchissant possédant un facteur d'émissivité inférieur à 0.2 est présent derrière un radiateur  $j$  et de 0.8 dans tous les autres cas, (-);

$U_j$  la valeur  $U$  des parois extérieures situées derrière le radiateur  $j$ , en  $\text{W/m}^2\text{K}$ ;

$A_{\text{rad, } j}$  la surface projetée du radiateur  $j$ , en  $\text{m}^2$ .

Il faut faire une sommation sur tous les radiateurs  $j$  du secteur énergétique  $i$  qui sont placés contre une paroi extérieure.

- Le rendement d'émission mensuel du secteur énergétique  $i$  ( $\eta_{\text{em, heat, sec } i, m}$ ) est égal à:

$$\eta_{\text{em, heat, sec } i, m} = \eta \frac{Q_{\text{heat, net, sec } i, m}}{Q_{\text{heat, net, sec } i, m} + \Delta Q_{\text{rad, sec } i, m}} \quad (-)$$

avec:

$\eta$  le multiplicateur repris au [Tableau 22](#) **Erreur ! Source du renvoi introuvable**. Ce multiplicateur tient compte des déperditions supplémentaires de régulation et des déperditions résultant de la stratification de la température;

$Q_{\text{heat,net,sec } i,m}$  les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique  $i$ , en MJ, déterminés selon [7.2](#);

$\Delta Q_{\text{rad,sec } i,m}$  la déperdition de chaleur supplémentaire mensuelle derrière les radiateurs du secteur énergétique  $i$ , en MJ.

**Tableau 22: Multiplicateur  $\eta$**

Chauffage central à eau chaude		
régulation de la température intérieure	régulation de la température de départ de l'eau du circuit	
	valeur de consigne constante	valeur de consigne variable
commande de la température par local	0.92	0.94
autres	0.90	0.92

#### D.4 Chauffage par le sol

- On calcule la déperdition de chaleur mensuelle supplémentaire à travers les planchers du secteur énergétique  $i$  ( $\Delta Q_{\text{fl.h,sec } i,m}$ ) comme suit:

$$\Delta Q_{\text{fl.h,sec } i,m} = (\theta_{c,\text{sec } i,m} - 18) t_{\text{heat,sec } i,m} \sum_j (U_{f,j}^* A_{f,j}) \quad (\text{MJ})$$

avec:

$\theta_{c,\text{sec } i,m}$  la température moyenne de l'eau dans le circuit d'émission du secteur énergétique  $i$  pendant le temps de fonctionnement conventionnel pour le mois considéré, déterminée selon D.2, en °C;

$t_{\text{heat,sec } i,m}$  le temps de fonctionnement mensuel conventionnel du système d'émission de chaleur dans le secteur énergétique  $i$ , déterminé selon D.1, en Ms;

$A_{f,j}$  la surface de plancher occupée par le chauffage par le sol  $j$ , au prorata de la part de ce plancher à travers lequel surviennent des déperditions par transmission, en m<sup>2</sup>;

$U_{f,j}^*$  la valeur U équivalente du plancher sous le chauffage par le sol j,

égale à:

- dans le cas de planchers sur terre-plein:

$$\frac{1}{U_{f,j}^*} = \frac{1}{U_{f,j}} + 0.75 \quad (\text{m}^2\text{K/W})$$

avec:

$U_{f,j}$  la valeur U du plancher, calculée à partir de l'environnement intérieur jusqu'à la surface de séparation avec le sol, en W/m<sup>2</sup>K.

- dans le cas de planchers au-dessus d'une cave ou d'un vide sanitaire:

$$\frac{1}{U_{f,j}^*} = \frac{1}{U_{f,j}} - 0.25 + \frac{1}{U_{g,j} + U_{x,j}} \quad (\text{m}^2\text{K/W})$$

où  $U_{f,j}$ ,  $U_{g,j}$  et  $U_{x,j}$  sont calculées selon les spécifications du DRT, en W/(m<sup>2</sup>K).

- dans le cas de planchers en contact avec l'air extérieur:

$$\frac{1}{U_{f,j}^*} = \frac{1}{U_{f,j}} - 0.25 \quad (\text{m}^2\text{K/W})$$

avec  $U_{f,j}$ , le coefficient de transmission thermique du plancher de l'environnement intérieur jusqu'à l'air extérieur, calculé selon les spécifications du DRT, en W/(m<sup>2</sup>K).

Il faut faire une sommation sur tous les chauffages par le sol j du secteur énergétique i qui sont intégrés dans des parois délimitant le volume protégé.

- On suppose que le rendement d'émission mensuel du secteur énergétique i ( $\eta_{em,heat,seci,m}$ ) est égal à:

$$\eta_{em,heat,seci,m} = \eta \frac{Q_{heat,net,seci,m}}{Q_{heat,net,seci,m} + \Delta Q_{fl.h,seci,m}} \quad (-)$$

avec:

$\eta$  le multiplicateur repris au Tableau 22;

$Q_{\text{heat,net,sec } i,m}$  les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique  $i$ , en MJ, déterminés selon [7.2](#);

$\Delta Q_{\text{fl.h,sec } i,m}$  la déperdition de chaleur supplémentaire mensuelle par les planchers dans le secteur énergétique  $i$ , en MJ.

#### D.5 Chauffage mural

- On calcule la déperdition de chaleur mensuelle supplémentaire à travers les murs du secteur énergétique  $i$  ( $\Delta Q_{\text{wall.h,sec } i,m}$ ) comme suit:

$$\Delta Q_{\text{wall.h,sec } i,m} = (\theta_{c,\text{sec } i,m} - 18) t_{\text{heat,sec } i,m} \sum_j (U_{\text{wall},j}^* A_{\text{wall},j}) \quad (\text{MJ})$$

avec:

$\theta_{c,\text{sec } i,m}$  la température moyenne de l'eau dans le circuit d'émission du secteur énergétique  $i$  pendant le temps de fonctionnement conventionnel pour le mois considéré, déterminée selon D.2, en °C;

$t_{\text{heat,sec } i,m}$  le temps de fonctionnement mensuel conventionnel du système d'émission de chaleur dans le secteur énergétique  $i$ , déterminé selon D.1, en Ms;

$A_{\text{wall},j}$  la surface de la paroi verticale extérieure  $j$ , derrière le plan contenant le chauffage mural, en m<sup>2</sup>;

$U_{\text{wall},j}^*$  le coefficient de transmission thermique équivalente de la paroi verticale extérieure  $j$ , derrière le plan contenant le chauffage mural, donné par:

$$U_{\text{wall},j}^* = \frac{1}{1/U_{\text{wall},j} - 0.175} \quad (\text{W/m}^2\text{K})$$

avec:

$U_{\text{wall},j}$  le coefficient de transmission thermique de la paroi verticale extérieure  $j$  située derrière l'élément.

Il faut faire une sommation sur toutes les parois verticales extérieures  $j$  du secteur énergétique  $i$ , dans lesquelles un chauffage mural est intégré.

- On suppose que le rendement d'émission mensuel du secteur énergétique  $i$  ( $\eta_{\text{em,heat,sec } i,m}$ ) est égal à:

$$\eta_{\text{em,heat,sec } i,m} = \eta \frac{Q_{\text{heat,net,sec } i,m}}{Q_{\text{heat,net,sec } i,m} + \Delta Q_{\text{wall.h,sec } i,m}} \quad (-)$$

avec:

$\eta$	le multiplicateur repris au Tableau 22;
$Q_{\text{heat,net,sec } i,m}$	les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage du secteur énergétique $i$ , en MJ, déterminés selon <a href="#">7.2</a> ;
$\Delta Q_{\text{wall.h,sec } i,m}$	les déperditions de chaleur mensuelles supplémentaires par les murs dans le secteur énergétique $i$ , en MJ.

## Annexe E Les déperditions de distribution

La présente annexe s'applique uniquement aux secteurs énergétiques alimentés par 1 seul réseau en-dehors du volume protégé. Si ce réseau fournit également de la chaleur à d'autres secteurs énergétiques, il faut en outre que chacun de ces autres secteurs énergétiques n'ait pas recours à un second réseau indépendant en-dehors du volume protégé. (Si l'ensemble du volume protégé constitue 1 seul secteur énergétique, chacune de ces conditions est remplie automatiquement.)

On calcule tout d'abord le rendement de l'ensemble du réseau. Ce rendement s'applique alors à tous les secteurs énergétiques approvisionnés en chaleur par ce réseau, même quand un secteur énergétique n'utilise qu'une partie du réseau.

### E.1 Rendement de distribution

Le rendement moyen mensuel de distribution,  $\eta_{\text{distr,heat,sec } i,m}$ , d'un secteur énergétique  $i$  est égal au rendement moyen mensuel de distribution du réseau de distribution de chaleur  $n$  qui approvisionne le secteur énergétique en chaleur:

$$\eta_{\text{distr,heat,sec } i,m} = \eta_{\text{distr,heat,netw } n,m} \quad (-)$$

avec:

$$\eta_{\text{distr,heat,netw } n,m} = \frac{Q_{\text{out,heat,netw } n,m}}{Q_{\text{in,heat,netw } n,m}} \quad (-)$$

avec:

$$Q_{\text{in,heat,netw } n,m} = Q_{\text{out,heat,netw } n,m} + Q_{\text{distr,heat,netw } n,m} \quad (\text{MJ})$$

et

$$Q_{\text{out,heat,netw } n,m} = \sum_i \frac{Q_{\text{heat,net,sec } i,m}}{\eta_{\text{em,heat,sec } i,m}} \quad (\text{MJ})$$

avec:

$Q_{\text{out,heat,netw } n,m}$  la quantité mensuelle de chaleur fournie par le réseau de distribution de chaleur  $n$  aux secteurs énergétiques que le réseau dessert, en MJ;

$Q_{\text{in,heat,netw } n,m}$  la quantité mensuelle de chaleur fournie par l'installation de production de chaleur ou par le réservoir de stockage au réseau de distribution de chaleur  $n$ , en MJ;

$Q_{distr,heat,netw\ n,m}$	la quantité mensuelle de chaleur perdue par le réseau de distribution de chaleur n en dehors du volume protégé, en MJ;
$\eta_{em,heat,sec\ i,m}$	le rendement mensuel d'émission d'un secteur énergétique i, déterminé selon <a href="#">9.2.2.2</a> ou selon l'annexe D, (-);
$Q_{heat,net,sec\ i,m}$	les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique i, en MJ, déterminés selon <a href="#">7.2</a> .

Il faut faire une sommation sur tous les secteurs énergétiques i desservis par le réseau. Si le réseau de distribution de chaleur fournit aussi de l'énergie à des parties du bâtiment pour lesquelles on n'effectue aucun calcul PE, on ne tient pas compte de l'effet de ces autres parties du bâtiment:

- on ne tient pas compte des déperditions des conduites de distribution qui desservent uniquement ces autres parties de bâtiment
- l'énergie fournie par le réseau à ces autres parties de bâtiment n'est pas non plus prise en compte dans le calcul de l'output du réseau.

## E.2 Les déperditions de chaleur du réseau de distribution de chaleur

On détermine la déperdition de distribution du réseau, tant dans le cas de conduites d'eau que de gaines d'air, comme suit:

$$Q_{distr,heat,netw\ n,m} = t_{heat,netw\ n,m} \cdot \sum_j (\theta_{c,netw\ n,m} - \theta_{amb,m,j}) \left( \frac{l_j}{R_{l,j}} \right) \quad (MJ)$$

avec:

$t_{heat,netw\ n,m}$  le temps de fonctionnement mensuel conventionnel du réseau de distribution de chaleur n, en Ms. On suppose leur valeur égale au maximum des temps de fonctionnement conventionnels  $t_{heat,sec\ i,m}$  (déterminés selon l'annexe D.1, tant pour les systèmes de chauffage par eau que pour les systèmes de chauffage par air) des secteurs énergétiques i desservis par le réseau;

$\theta_{c,netw\ n,m}$  la température moyenne mensuelle du fluide caloporteur dans le réseau de distribution n, en °C. On suppose sa valeur égale au maximum des températures moyennes mensuelles du fluide caloporteur dans les circuits d'émission de chacun des secteurs énergétiques desservis par le réseau. Ces

températures sont déterminées comme suit par secteur énergétique:

- dans le cas de l'eau comme fluide caloporteur:  
il s'agit de la température  $\theta_{c,sec\ i,m}$ , déterminée selon l'annexe D.2 (même lorsqu'il s'agit d'un autre système de chauffage que des radiateurs, ou qu'un chauffage par le sol ou par le mur; par exemple des convecteurs)
- dans le cas de l'air comme fluide caloporteur:  
on utilise, pour chaque mois, la valeur moyenne pendant la saison de chauffe, donnée par:  
$$\theta_{c,sec\ i} = 8 + 0.6 \theta_{design, supply, sec\ i}$$
avec  $\theta_{design, supply, sec\ i}$  la température de départ de conception de l'air pour la température extérieure de base. On peut prendre 50°C comme valeur par défaut. Si l'on utilise une autre température de conception, des calculs détaillés de la conception du système d'émission (pour chaque local chauffé du secteur énergétique i) doivent faire partie de la déclaration EPB.

$\theta_{amb,m,j}$  la température ambiante moyenne mensuelle du segment j du réseau de distribution de chaleur, en °C:  
- si le segment se trouve dans un espace adjacent non chauffé, on a:  $\theta_{amb,m,j} = 11 + 0.4 \theta_{e,m}$ ;  
- si le segment de conduite se trouve à l'extérieur, on a:  
 $\theta_{amb,m,j} = \theta_{e,m}$ ;  
avec:  
 $\theta_{e,m}$  la température extérieure moyenne mensuelle, en °C, selon le [Tableau 1](#);

$l_j$  la longueur du segment j, en m;

$R_{1,j}$  la résistance thermique linéaire du segment j, en mK/W, déterminée selon l'annexe E.3;

Il faut faire une sommation sur tous les segments j du réseau de distribution de chaleur n en dehors du volume protégé.

### E.3 Détermination de la résistance thermique linéaire

La résistance thermique linéaire donne le flux de chaleur d'un segment du réseau de distribution de chaleur par unité de longueur et par degré de différence de température.

On peut la calculer de manière détaillée comme donnée d'entrée pour les calculs ci-dessus. On prendra comme base l'équation E.3.1 en remplaçant le facteur 0.6 par 1 ; il faut en plus tenir compte de l'effet des ponts thermiques dus aux suspensions, écarteurs, flasques, etc. Dans ce cas,

il faut aussi intégrer dans les calculs tous les segments spéciaux et/ou non isolés comme des segments séparés: robinets d'arrêt, régulateurs, coudes éventuellement non isolés, etc.

Si l'on n'effectue pas de calcul de détail, il faut utiliser les équations ci-dessous. Elles sont basées sur la norme NBN EN ISO 12241.

Le multiplicateur 0.6 utilisé ci-dessous tient compte du fait que, à la suite de ponts thermiques et de la non-isolation des robinets, coudes éventuels, etc., les déperditions réelles sont plus élevées que dans le cas d'une isolation parfaite. La résistance de transmission thermique interne et la résistance propre de la conduite ou de la gaine sont supposées négligeables dans la formule.

En ce qui concerne les manteaux isolants multi-coques, on fait directement référence à cette norme; il faut tenir compte de ce même facteur de réduction 0.6.

### E.3.1 Conduites et gaines rondes

On calcule la résistance thermique linéaire  $R_{l,j}$  du segment  $j$  comme suit:

$$R_{l,j} = \frac{0.6}{2\pi\lambda_{\text{insul},j}} \ln\left(\frac{D_{e,j}}{D_{i,j}}\right) + \frac{1}{h_{se,j}\pi D_{e,j}}$$

avec:

$\lambda_{\text{insul},j}$  la conductivité thermique de l'isolation thermique autour du segment  $j$ , en W/(.K);

$D_{e,j}$  le diamètre extérieur de l'isolation, en m;

$D_{i,j}$  le diamètre extérieur de la conduite non isolée, en m;

$h_{se,j}$  le total des coefficients de transmission thermique externe (par convection + par rayonnement) du segment  $j$ , en W/m<sup>2</sup>K, supposé égal à:

- à l'intérieur du volume protégé:  $h_{se,j} = 8$ ;
- dans un espace adjacent non chauffé:  $h_{se,j} = 10$ ;
- à l'extérieur:  $h_{se,j} = 25$ .

### E.3.2 Gaines rectangulaires

On calcule la résistance thermique linéaire  $R_{l,j}$  du segment  $j$  comme suit:

$$R_{l,j} = \frac{0.6 \times d_{\text{insul},j}}{2\lambda_{\text{insul},j}(H_j + B_j - 2d_{\text{insul},j})} + \frac{1}{2h_{se,j}(H_j + B_j)} \quad (\text{mK/W})$$

avec:

- $\lambda_{\text{insul},j}$  la conductivité thermique de l'isolation thermique autour du segment  $j$ , en  $W/(.K)$ ;
- $d_{\text{insul},j}$  l'épaisseur de l'isolation thermique autour de la gaine, en  $m$ ;
- $H_j$  la hauteur de la gaine isolée (dimension extérieure), en  $m$ ;
- $B_j$  la largeur de la gaine isolée (dimension extérieure), en  $m$ ;
- $h_{\text{se},j}$  le coefficient de transmission thermique externe (par convection + par rayonnement) total du segment  $j$ , en  $W/m^2K$ , tel qu'établi en E.3.1.

### E.3.3 Conduites souterraines

On calcule la résistance thermique linéaire  $R_{1,j}$  du segment  $j$  comme suit:

$$R_{1,j} = R'_{1,j} + R_E \quad (\text{mK/W})$$

avec:

$$R'_{1,j} = \frac{0.6}{2\pi\lambda_{\text{insul},j}} \ln\left(\frac{D_{e,j}}{D_{i,j}}\right) \quad (\text{mK/W})$$

et

$$R_E = \frac{1}{2\pi\lambda_E} \text{ar cosh}\left(\frac{2H_{E,j}}{D_{e,j}}\right) \quad (\text{mK/W})$$

avec:

- $\lambda_{\text{insul},j}$  la conductivité thermique de l'isolation thermique autour du segment  $j$ , en  $W/(.K)$ ;
- $D_{e,j}$  le diamètre extérieur de l'isolation, en  $m$ ;
- $D_{i,j}$  le diamètre extérieur de la conduite non isolée, en  $m$ ;
- $\lambda_E$  la conductivité thermique du sol environnant. On prend comme valeur:  $\lambda_E = 2 \text{ W/(m.K)}$ ;
- $H_{E,j}$  la distance entre le centre de la conduite et la surface du sol, en  $m$ .

**Annexe F Rapport du pouvoir calorifique inférieur sur le pouvoir calorifique supérieur de différents combustibles**

<b>Combustible</b>	<b><math>f_{\text{NCV/GCV}}</math></b>
gaz naturel	0.90
gazole - mazout	0.94
propane/butane/GPL	0.92
charbon	0.96
bois	0.93
autres combustibles (1)	équivalence

(1) En ce qui concerne les combustibles qui ne figurent pas encore explicitement dans le tableau, le ministre peut déterminer la valeur à appliquer.

## **Annexe G Détermination du rendement thermique d'un récupérateur de chaleur**

La détermination du rendement thermique  $\eta_{\text{test}}$  d'un récupérateur de chaleur dépend de rapports de température déterminés sur base d'un test décrit dans la présente annexe. La valeur par défaut du rendement thermique valable quel que soit le débit est de zéro.

On se reportera à la norme NBN EN 308 pour les définitions des catégories d'appareils de récupération de chaleur et pour la numérotation conventionnelle des positions.

### **G.1 Mesurage**

Le test doit être réalisé suivant les exigences de mesurage décrites aux paragraphes § 5.5 en § 6.4 de la norme NBN EN 308, à l'exception des points suivants :

- Le test doit être réalisé sur l'appareil de récupération de chaleur complet (incl. châssis, ventilateurs, etc.), non modifié. Le test ne peut par exemple pas comprendre d'isolation supplémentaire.
- Il n'y a pas d'exigence concernant l'équilibre thermique (cfr. § 6.6 de la norme NBN EN 308).
- Il n'y a pas d'exigence concernant les fuites internes et externes.
- Il n'est pas exigé que le test soit réalisé pour différentes combinaisons de débit d'alimentation et d'extraction tel que décrit dans la norme, par contre il est exigé que le test :
  - o Porte sur un ou plusieurs débits, au choix. Le champ d'application du résultat final sera fonction du/ des débit(s) testés (voir texte principal de la présente annexe).
  - o On s'appliquera autant que possible à établir un équilibre entre les débits volumiques d'alimentation et d'extraction.
- Seules les conditions d'admission d'air du test telles que reprises dans la table ci-dessous, extraite de la norme NBN EN 308 sont à considérer. Les mesurages réalisés à d'autres températures ne sont pas valables pour déterminer le rendement thermique décrit ci-après.

<b>Categorie du récupérateur de chaleur (voir definitions de NBN EN 308)</b>	<b>I II IIIa</b>	<b>IIIb</b>
température de l'air extrait	25°C	25°C
température humide de l'air extrait	< 14°C	18°C
température de l'air neuf	5°C	5°C
température humide de l'air		3°C

neuf		
------	--	--

Le rapport de test doit comprendre au minimum les données de mesurage suivantes:

- Les températures mesurées à toutes les entrées et sorties du récupérateur de chaleur : la température de l'air neuf ( $t_{21}$ ), de l'air fourni ( $t_{22}$ ), de l'air extrait ( $t_{11}$ ) et de l'air rejeté ( $t_{12}$ ), en °C;
- Les débits volumiques mesurés de l'air fourni ( $q_{v22}$ ) et de l'air extrait ( $q_{v11}$ ), en m<sup>3</sup>/h;
- La puissance électrique totale absorbée par le récupérateur de chaleur pendant l'essai ( $P_{elec,ahu,test}$ ), en W. Il s'agit de la puissance électrique totale de l'appareil complet y inclus tous les ventilateurs, les réglages, etc.
- La position des ventilateurs par rapport à l'échangeur de chaleur dans l'appareil testé.

## G.2 Calcul

Le débit volumique de test,  $q_{v,test}$ , est défini comme le plus petit des deux débits volumiques suivants, respectivement celui de l'air extrait ( $q_{v11}$ ) et de l'air fourni ( $q_{v22}$ ) pendant le test.

Le rendement thermique d'un récupérateur de chaleur est donné d'après:

$$\eta_{test} = \frac{(\eta_{t,sup} + \eta_{t,eha})}{2}$$

Les rapports de température du côté de l'air fourni ( $\eta_{t,sup}$ ) et du côté de l'air extrait ( $\eta_{t,eha}$ ) sont calculés au moyen des températures mesurées pendant l'essai et sont corrigées par convention pour tenir compte de la chaleur provenant de l'énergie électrique consommée:

$$\eta_{t,sup} = \frac{t_{22} - \Delta t_{22} - t_{21} - \Delta t_{21}}{t_{11} + \Delta t_{11} - t_{21} - \Delta t_{21}} \quad \text{et} \quad \eta_{t,eha} = \frac{t_{11} + \Delta t_{11} - t_{12} + \Delta t_{12}}{t_{11} + \Delta t_{11} - t_{21} - \Delta t_{21}}$$

Les différences de température correspondant à la position des ventilateurs doivent être calculées par convention selon une des 4 configurations décrites dans le tableau ci-dessous:

		ventilateur d'extraction	
		Dans la position air extrait (11)	Dans la position air rejeté (12)

Ventilateur d'amenée d'air	Dans la position air neuf (21)	$\Delta t_{11} = \frac{0.5 \cdot P_{elec,ahu,test}}{0.34 \cdot q_{v11}}$ $\Delta t_{21} = \frac{0.5 \cdot P_{elec,ahu,test}}{0.34 \cdot q_{v22}}$ $\Delta t_{22} = \Delta t_{12} = 0$	$\Delta t_{12} = \frac{0.5 \cdot P_{elec,ahu,test}}{0.34 \cdot q_{v11}}$ $\Delta t_{21} = \frac{0.5 \cdot P_{elec,ahu,test}}{0.34 \cdot q_{v22}}$ $\Delta t_{22} = \Delta t_{11} = 0$
	Dans la position air fourni (22)	$\Delta t_{11} = \frac{0.5 \cdot P_{elec,ahu,test}}{0.34 \cdot q_{v11}}$ $\Delta t_{22} = \frac{0.5 \cdot P_{elec,ahu,test}}{0.34 \cdot q_{v22}}$ $\Delta t_{21} = \Delta t_{12} = 0$	$\Delta t_{12} = \frac{0.5 \cdot P_{elec,ahu,test}}{0.34 \cdot q_{v11}}$ $\Delta t_{22} = \frac{0.5 \cdot P_{elec,ahu,test}}{0.34 \cdot q_{v22}}$ $\Delta t_{21} = \Delta t_{11} = 0$

Pour un récupérateur de chaleur donné, il est possible d'effectuer des tests portant sur plusieurs débits. A chaque rendement thermique correspond un débit d'essai, qui détermine la portée du champ d'application du texte (voir texte principal de la présente annexe).