

**Annexe 3** à l'arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale établissant les lignes directrices et les critères nécessaires au calcul de la performance énergétique des unités PEB et portant modification de divers arrêtés d'exécution de l'ordonnance du 2 mai 2013 portant le Code bruxellois de l'Air, du Climat et de la Maîtrise de l'Energie

Annexe XII (PER) – Méthode PER

**MÉTHODE DE DÉTERMINATION DE LA CONSOMMATION  
D'ÉNERGIE PRIMAIRE DES UNITES RESIDENTIELLES**

**Table des matières**

AVANT-PROPOS .....	5
1 RÉFÉRENCES VERS D'AUTRES TEXTES.....	6
1.1 Listes des annexes au présent arrêté .....	6
1.2 Normes .....	6
2 DÉFINITIONS.....	8
3 SYMBOLES, ABRÉVIATIONS ET INDICES.....	9
3.1 Symboles et abréviations .....	9
3.2 Indices .....	11
4 STRUCTURE DE LA MÉTHODE.....	15
5 SCHÉMATISATION DU BÂTIMENT.....	16
5.1 Principe .....	16
5.2 Subdivision du bâtiment .....	16
5.3 Subdivision de l'unité PER en zones de ventilation et en secteurs énergétiques .....	16
5.3.1 Principe.....	16
5.3.2 Division en zones de ventilation et en secteurs énergétiques.....	16
5.3.3 Volume et surfaces des parois d'un secteur énergétique.....	17
5.3.4 Absence de système de chauffage.....	18
6 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 .....	21
7.4 Déperditions de chaleur mensuelles par transmission et ventilation ....	22
7.4.1 Principe.....	22
7.4.2 Règle de calcul.....	22
7.5 Gains de chaleur mensuels par ensoleillement et par production interne de chaleur 23 .....	23
7.6 Taux d'utilisation des gains de chaleur mensuels .....	23
7.7 Coefficient de transfert thermique par transmission .....	25
7.7.1 Principe.....	25
7.7.2 Règle de calcul.....	25
7.8 Coefficient de transfert thermique par ventilation .....	27

7.8.1	Principe.....	27
7.8.2	Règle de calcul.....	27
7.8.3	Coefficient de déperdition de chaleur par in/exfiltration.....	28
7.8.4	Débit d'infiltration et d'exfiltration.....	29
7.8.5	Coefficient de déperdition de chaleur par ventilation hygiénique....	30
7.8.6	Débit de ventilation hygiénique.....	30
7.8.7	Coefficient de déperdition de chaleur par surventilation.....	31
7.8.8	Coefficient de déperdition de chaleur par ventilation par l'ouverture manuelle des parties ouvrantes .....	32
7.8.9	Débit de ventilation corrigé pour l'ouverture manuelle des parties ouvrantes .....	32
7.9	Gains de chaleur internes mensuels .....	33
7.9.1	Principe.....	33
7.9.2	Règle de calcul.....	33
7.10	Gains solaires mensuels .....	34
7.10.1	Principe .....	34
7.10.2	Règle de calcul .....	34
7.10.3	Gains solaires par une fenêtre .....	34
7.10.4	Gains solaires par un système d'énergie solaire passif non ventilé	38
8	RISQUE DE SURCHAUFFE ET REFROIDISSEMENT.....	40
8.1	Principe .....	40
8.2	Détermination de l'indicateur de surchauffe .....	41
8.3	Probabilité conventionnelle que du refroidissement actif soit installé	43
8.4	Fraction du temps que la température dépasse les 25°C.....	43
8.5	Refroidissement .....	43
9	BESOINS BRUTS EN ÉNERGIE POUR LE CHAUFFAGE ET L'EAU CHAUDE SANITAIRE.....	46
9.1	Préambule .....	46
9.2	Besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage .....	47
9.2.1	Principe.....	47
9.2.2	Rendement mensuel moyen du système.....	47
9.3	Besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire :.....	51
9.3.1	Principe.....	51
9.3.2	Rendement du système pour l'eau chaude sanitaire.....	52
10	CONSOMMATION FINALE D'ÉNERGIE POUR LE CHAUFFAGE, L'EAU CHAUDE SANITAIRE ET LE REFROIDISSEMENT .....	60
10.1	Préambule .....	60
10.2	Consommation finale mensuelle d'énergie pour le chauffage des locaux ..	60
10.2.1	Principe .....	60
10.2.2	Règle de calcul .....	60
10.2.3	Rendement de production pour le chauffage des locaux et l'humidification .....	66
10.3	Consommation finale mensuelle d'énergie pour l'eau chaude sanitaire ...	74
10.3.1	Principe .....	74
10.3.2	Règle de calcul .....	75
10.3.3	Rendements de production et de stockage pour l'eau chaude sanitaire	78
10.4	Contribution énergétique utile mensuelle d'un système d'énergie solaire thermique .....	86
10.4.1	Chauffage des locaux et eau chaude sanitaire .....	86
10.4.2	Eau chaude sanitaire .....	88

10.5	Consommation d'énergie mensuelle équivalente pour le refroidissement ..	89
11	CONSOMMATION MENSUELLE D'ÉNERGIE DES AUXILIAIRES.....	90
11.1	Consommation mensuelle d'énergie pour les fonctions auxiliaires .....	90
11.1.1	Consommation d'énergie auxiliaire électrique pour la distribution .	90
11.1.2	Energie auxiliaire électrique pour la production .....	93
11.2	Consommation mensuelle d'électricité des ventilateurs .....	96
11.2.1	Principe .....	96
11.2.2	Consommation électrique mensuelle des ventilateurs - méthode simplifiée (méthode 1) .....	97
11.2.3	Consommation électrique mensuelle des ventilateurs - calcul détaillé	99
11.3	Consommation mensuelle d'électricité pour le pré-refroidissement de l'alimentation en air .....	108
11.3.1	Consommation mensuelle d'électricité de l'échangeur sol-eau .....	108
11.3.2	Consommation mensuelle d'électricité pour le refroidissement par évaporation .....	109
12	PRODUCTION MENSUELLE D'ÉLECTRICITÉ DE SYSTÈMES D'ÉNERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE SUR SITE ET DE COGÉNÉRATION SUR SITE .....	110
12.1	Systèmes d'énergie solaire photovoltaïque .....	110
12.1.1	Principe .....	110
12.1.2	Règle de calcul .....	110
12.1.3	Facteur de correction pour l'ombrage .....	111
12.2	Cogénération .....	111
12.2.1	Principe .....	111
12.2.2	Production d'électricité .....	111
13	CONSOMMATION CARACTÉRISTIQUE D'ÉNERGIE PRIMAIRE.....	113
13.1	Préambule .....	113
13.2	La consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire .....	113
13.3	La consommation d'énergie primaire pour le chauffage des locaux .....	113
13.4	La consommation d'énergie primaire pour la préparation d'eau chaude sanitaire .....	114
13.5	La consommation d'énergie primaire des auxiliaires .....	114
13.6	La consommation équivalente d'énergie primaire pour le refroidissement	115
13.7	L'économie d'énergie primaire résultant de la production d'électricité d'une installation solaire photovoltaïque .....	115
13.8	L'économie d'énergie primaire résultant de la production d'électricité d'une installation de cogénération sur site .....	116
14	ÉMISSIONS DE CO <sub>2</sub> .....	117
14.1	Préambule .....	117
14.2	Emissions caractéristiques annuelles de CO <sub>2</sub> .....	117
14.3	Emissions mensuelles de CO <sub>2</sub> résultant du chauffage des locaux .....	117
14.4	Emissions mensuelles de CO <sub>2</sub> résultant de la préparation d'eau chaude sanitaire .....	118
14.5	Emissions mensuelles de CO <sub>2</sub> résultant de la consommation d'énergie auxiliaire .....	119
14.6	Emissions mensuelles de CO <sub>2</sub> résultant du refroidissement .....	119
14.7	Emissions mensuelles de CO <sub>2</sub> évitées résultant de la production d'électricité d'une installation solaire photovoltaïque sur site .....	120
14.8	Emissions mensuelles de CO <sub>2</sub> évitées résultant de la production d'électricité d'une installation de cogénération sur site .....	120
	ANNEXE A TRAITEMENT DES ESPACES ADJACENTS NON CHAUFFÉS.....	121

A.1	Possibilité 1 .....	121
A.2	Possibilité 2 .....	121
ANNEXE B	LE DÉBIT DE VENTILATION HYGIÉNIQUE.....	123
B.1	Détermination du facteur de multiplication $m_{sec\ i}$ pour le débit.....	124
B.1.1	<i>Ventilation naturelle</i> .....	124
B.1.2	<i>Ventilation mécanique simple flux par insufflation</i> .....	127
B.1.3	<i>Ventilation mécanique simple flux par extraction</i> .....	129
B.1.4	<i>Ventilation mécanique double flux</i> .....	131
B.2	Facteur de réduction pour préchauffage .....	132
B.3	Pré-refroidissement de l'air de ventilation .....	136
B.3.1	<i>Règle de calcul</i> .....	136
B.3.2	<i>Echangeur de chaleur sol-eau</i> .....	137
B.3.3	<i>Refroidissement par évaporation</i> .....	142
ANNEXE C	L'ENSOLEILLEMENT MENSUEL.....	143
C.1	Introduction .....	143
C.2	Schématisation de l'ombrage .....	143
C.2.1	<i>Généralités</i> .....	143
C.2.2	<i>Géométrie d'un obstacle</i> .....	143
C.2.3	<i>Géométrie des saillies</i> .....	143
C.2.4	<i>Valeurs par défaut</i> .....	144
C.3	Ensoleillement mensuel d'un plan non ombragé .....	144
C.3.1	<i>Ensoleillement total</i> .....	144
C.3.2	<i>Ensoleillement direct</i> .....	145
C.3.3	<i>Ensoleillement diffus</i> .....	147
C.3.4	<i>Ensoleillement réfléchi</i> .....	148
C.4	Ensoleillement mensuel d'un plan ombragé .....	148
C.4.1	<i>Pour un angle d'obstruction <math>\alpha_h \leq 60^\circ</math></i> .....	148
C.4.2	<i>Pour un angle d'obstruction <math>\alpha_h &gt; 60^\circ</math></i> .....	150
C.5	Facteurs d'utilisation $a_{c,m,j}$ : tableaux.....	153
ANNEXE D	LE RENDEMENT D'ÉMISSION.....	160
D.1	Temps de fonctionnement conventionnel du système d'émission de chaleur	160
D.2	Température moyenne de l'eau dans le circuit d'émission .....	160
D.3	Radiateurs .....	161
D.4	Chauffage par le sol .....	163
D.5	Chauffage mural .....	164
ANNEXE E	LES DÉPERDITIONS DE DISTRIBUTION.....	166
E.1	Rendement de distribution .....	166
E.2	Les déperditions de chaleur du réseau de distribution de chaleur .....	167
E.3	Détermination de la résistance thermique linéaire .....	168
E.3.1	<i>Conduites et gaines rondes</i> .....	168
E.3.2	<i>Gainés rectangulaires</i> .....	169
E.3.3	<i>Conduites souterraines</i> .....	169
ANNEXE F	RAPPORT DU POUVOIR CALORIFIQUE INFÉRIEUR SUR LE POUVOIR CALORIFIQUE SUPÉRIEUR DE DIFFÉRENTS COMBUSTIBLES .....	170
ANNEXE G	DÉTERMINATION DU RENDEMENT THERMIQUE D'UN RÉCUPÉRATEUR DE CHALEUR..	171
G.1	Mesurage .....	171
G.2	Calcul .....	172

**Avant-propos**

La présente annexe décrit la méthode de détermination de la consommation en énergie primaire de l'unité PER. Celle-ci 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 déterminer des spécifications pour calculer l'impact des atriums ou des doubles façades ventilées sur les performances énergétiques d'une unité PER.

## 1 Références vers d'autres textes

### 1.1 Listes des annexes au présent arrêté

Dans ce texte, il est fait référence aux annexes au présent arrêté. Les titres complets de ces annexes sont les suivants.

- Annexe PER : La présente annexe, intitulée « Méthode de détermination de la consommation d'énergie primaire des bâtiments résidentiels » ;
- Annexe PEN : Annexe en vigueur<sup>1</sup>, intitulée « Méthode de détermination de la consommation d'énergie primaire des unités non résidentielles » ;
- Annexe U/R : Annexe en vigueur<sup>1</sup>, intitulée « Valeurs U maximales admissibles ou valeurs R minimales à réaliser » ;
- Annexe NC : Annexe en vigueur<sup>1</sup>, intitulée « Traitement des nœuds constructifs » ;
- Annexe VHR : Annexe en vigueur<sup>1</sup>, intitulée « Dispositifs de ventilation dans les bâtiments résidentiels » ;
- Annexe VHNR : Annexe en vigueur<sup>1</sup>, intitulée « Dispositifs de ventilation des immeubles non résidentiels ».

### 1.2 Normes

Les annexes PER, PEN, U/R, NC et VHR au présent 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. Les références normatives dans l'annexe VHNR au présent arrêté sont données dans cette annexe.

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 -

---

<sup>1</sup> Conformément aux dispositions de l'article 21bis du présent arrêté

---

	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 14825:2013	Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps, with electrically driven compressors, for space heating and cooling - Testing and rating at part load conditions and calculation of seasonal performance
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**

Les définitions sont reprises à l'arrêté « Lignes directrices ».

### 3 Symboles, abréviations et indices

#### 3.1 Symboles et abréviations

< signifie : dérivé de

Symbole	Signification	Unités
A	surface (projetée) (synonymes : aire, superficie)	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)	-
D	diamètre	m
E	consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire	MJ
EANC	espace adjacent non chauffé	-
EEI	indice d'efficacité énergétique	-
EER	efficacité frigorifique (energy efficiency ratio)	-
F	facteur (de réduction)	-
H	coefficient de transfert thermique	W/K
I	ensoleillement	MJ/m <sup>2</sup>
L	profondeur	m
I	indicateur (pour la surchauffe)	Kh
Nu	nombre de Nusselt	-
P	périmètre	m
P	puissance	W
P	pression	Pa
Pr	nombre de Prandtl	-
Q	quantité de chaleur ou d'énergie	MJ
R	résistance thermique	m <sup>2</sup> .K/W
Re	nombre de Reynolds	(-)
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

d	numéro du jour caractéristique	-
e	facteur adimensionnel	-
f	facteur	-
g	facteur solaire	-
h	hauteur	m
l	longueur	m
m	facteur de multiplication	-
m	rang du mois	-
n	taux de ventilation	$h^{-1}$
p	distance	m
q	flux de chaleur	$W/m^2$
q	débit volumique	$m^3/h$
r	facteur de réduction, facteur de correction	-
t	temps, pas de temps	s
w	facteur de multiplication	-
z	profondeur	m
$\alpha$	coefficient d'absorption	-
$\alpha_h$	angle d'obstacle	degrés
$\alpha_v, \alpha_{sL}, \alpha_{sR}$	angles de saillie	degrés
$\beta$	angle d'élévation du soleil	degrés
$\beta$	rapport	-
$\delta$	inclinaison	degrés
$\gamma$	rapport gains-déperditions	-
$\eta$	rendement	-
$\lambda$	rapport gains-déperditions	-
$\lambda$	conductivité thermique	$W/(m.K)$
$\omega$	angle horaire	degrés
$\theta$	température	$^{\circ}C$
$\theta$	angle	degrés
$\phi$	latitude	degrés
$\Phi$	flux de chaleur, puissance	W
$\rho$	masse volumique	$kg/m^3$
$\tau$	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	constructions parois de la surface de	
abs	en absence	déperdition	
add	ventilation additionnelle	cool	refroidissement
add m	ventilation additionnelle mécanique	ct	tour de refroidissement
add w	ventilation additionnelle par ouverture des fenêtres	ctrl	contrôle
adj	réglage (< adjustment)	cw	mur-rideau (< curtain wall)
AHU	caisson de traitement d'air (< air handling unit)	d	ouverture-jour
al	couche d'air	D	diamètre
all	tous	D	vers air extérieur et eau
amb	ambiant	D	porte
ann	annuel	day	jour
annih	annihilation	dayl	lumière du jour (< daylight)
app	appareil	dayl area	zone de lumière du jour
artif	artificiel	def	par défaut
artif area	zone d'éclairage artificiel	demand	demande en énergie
as	système d'énergie solaire active (< active solar)	depth	profondeur
aux	(énergie) auxiliaire	design	conception
ave	moyen	dh	fourniture de chaleur externe (< district heating)
b	eau dans chaudière	dif	diffus
bath	salle de bains	dir	direct
bf	sous-sol	distr	distribution
		duct	gaine
boiler	chaudière	e	extérieur, externe
bw	mur de cave	eb	température extérieure de base
c	conventionnel	eff	effectif
C	protection solaire	elec	électrique
calc	calculé	electr	électronique
		em	émission (< emission)
char	caractéristique	en	énergie
circ	circulation, conduite de circulation	env obst	obstacles environnants
co	condenseur	EPstor	stockage, au niveau d'une unité PEB
		EPR	unité PER (< energy performance of residential buildings)
cogen	cogénération	eq	équivalent
combi	combilus	ev	évaporateur
compac	compacité	evap	évaporation
cons	consommation	exc	exception

excess	excédentaire	instal	installé
exh	bouche d'évacuation (<exhaust)	int	intérieur
extr	extraction	int	intermittence
f	plancher (< floor)	insul	isolation (< insulation)
f	profilé de fenêtre (< frame)	j	nombre ordinal
f	utilisation	January	janvier
fans	ventilateur(s)	junctions	nœuds constructifs
fct	fonction	k	nombre ordinal
final	consommation finale	kitchen	cuisine
fitting	armature	L	longueur
flow	débit	L	dépense de chaleur (transmission + ventilation) (< loss)
fl.h	chauffage par le sol	l	linéaire
free	ouverture manuelle des parties ouvrantes	leak	fuite, défaut d'étanchéité
free	free-chilling	light	éclairage
g	vitrage (< glazing)	m	nombre
g	gains (de chaleur) (< gain)	m	mensuel (sur base mensuelle)
g	sol (< ground)	max	maximal
GCV	pouvoir calorifique supérieur (< gross calorific value)	meas	mesuré
gen	production (<generator)	mech	mécanique
go	vitrage de la partie ouvrante	min	minimal
gross	brut	mod	modulant
h	rayonnement hémisphérique	n	nombre ordinal, nombre
h	humidité	nat	naturel
heat	chauffage (de l'espace)	ncalc	(dans une) unité pas calculée
hr	récupération de chaleur (< heat recovery)	NCV	pouvoir calorifique inférieur (< net calorific value)
hor	horizontal	net	net
HP	pompe à chaleur (< heat pump)	netw	réseau de distribution de chaleur (< network)
horshad	ombrage par l'horizon (< horizon shading)	night	nuit
hum	humidification	norm	normalisé
hyg	hygiénique	nom	nominal
hx	échangeur de chaleur (< heat exchanger)	npref	non préférentiel
i	interne	nres	non résidentiel
i	nombre ordinal	OAR	ouverture d'alimentation réglable
i	partie opaque	obst from build	obstacles liés au bâtiment
in	entrant	occ	occupation (période d')
in/exfilt	in/exfiltration	on	allumé
		oper	en service (< in operation)

operation	prenant en compte les limites des conditions de fonctionnement	sh+wh	chauffage de l'air ambiant et de l'eau (< space heating + water heating)
out	hors tension	shad	ombragé (< shaded)
over	surventilation	si	flux de chaleur entrant dans la construction
overh	surchauffe (< overheating)	sink	évier
p	panneau	sizing	pas de limitation sur les conditions de fonctionnement
p	primaire	stack	gaine d'extraction
pilot	veilleuse	stor	stockage
po	panneau opaque de la partie ouvrante	soil	sol (< soil)
precool	pré-refroidissement	supply	amenée, insuflation
pref	préférentiel	switch	commutation
preh	préchauffage	sys	système (d'installation)
pres	présent	T	transmission
princ	principal	t	transparent
prim	primaire	tap	élément de robinetterie (< tap)
ps	système d'énergie solaire passif	te	de la surface à l'environnement extérieur
pumps	pompes	test	en conditions d'essai
pv	photovoltaïque	th	thermique
r	nombre	thresh	valeur de seuil (< threshold)
r	rayonnement	throttle	vanne gaz
rad	radiateur	tot	total
real	réel	tr	transparent
rec	récupération	tube	conduit
red	réduction	tubing	tuyauterie
reduc	réduction	turb	flow turbulent
ref	référence	U	espace adjacent non chauffé (< unheated)
refl	réflexion	unit	unité PEB habitation individuelle
req	exigé	unocc	inoccupation (période d') (< unoccupied)
res	résidentiel	unshad	non ombragé (< unshaded)
return	retour	usable	utilisable
rm	(par) espace	util	utilisation
ro	grille de ventilation de la partie opaque	V	ventilation
s	soleil, ensoleillement	vent	ventilation
s	par le sol (< soil)	vert	vertical
se	flux de chaleur sortant de la construction		
sec	secteur énergétique		
setpoint	Point de consigne		

vrf	débit de réfrigération variable (< variable refrigerant flow)
w	fenêtre (< window)
W	eau
wall	façade
wall.h	chauffage mural
water	eau chaude sanitaire
wC	avec protection solaire (< with curtain)
well	source
win	ouverture de fenêtre
wOC	sans protection solaire (< without curtain)
ws	combinaison fenêtre & volet
wt	échangeur de chaleur sol-eau
x	vide sanitaire ou cave
z	nombre ordinal
zone	zone de ventilation

#### 4 Structure de la méthode

La détermination de la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire 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.

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 du bâtiment**

### **5.1 Principe**

La performance énergétique concerne souvent un sous-volume d'un bâtiment, selon, par exemple, que les espaces sont chauffés (et/ou refroidis) ou non, selon la fonction des différentes parties, etc. C'est pourquoi, pour déterminer la performance énergétique, on subdivise par convention le bâtiment en différentes parties. Chaque sous-volume qui doit satisfaire en soi à une exigence de performance énergétique relative à une unité PEB Habitation Individuelle, est appelé "unité PER". Au besoin, on procède à une subdivision supplémentaire en zones de ventilation et secteurs énergétiques afin de pouvoir tenir compte correctement des différents types d'installations dans les calculs.

### **5.2 Subdivision du bâtiment**

Toutes les définitions, tous les principes et toutes les règles à respecter relatifs à la subdivision d'un bâtiment sont déterminés à l'arrêté « Lignes directrices ».

### **5.3 Subdivision de l'unité PER en zones de ventilation et en secteurs énergétiques**

#### **5.3.1 Principe**

Le volume protégé de l'unité PER est divisé en zone de ventilation et en secteurs énergétiques selon la définition mentionnée ci-dessus et selon les règles ci-dessous.

#### **5.3.2 Division en zones de ventilation et en secteurs énergétiques**

Généralement, dans une unité PER, il n'y a qu'une seule installation de ventilation, tous les espaces individuels sont chauffés de la même façon et un seul appareil central produit la chaleur. Dans ces cas, il n'est pas nécessaire de subdiviser l'unité PER en zones de ventilation et en secteurs énergétiques : l'ensemble de l'unité PER constitue alors la seule zone de ventilation et le seul secteur énergétique.

C'est uniquement quand plusieurs types d'installations sont présents (ce qui est beaucoup moins fréquent), qu'il faut effectuer une subdivision en zones de ventilation et/ou en secteurs énergétiques tel que décrit ci-dessous.

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

- système A : ventilation naturelle,
- système B : ventilation mécanique simple flux par insufflation,
- système C : ventilation mécanique simple flux par extraction,
- système D : ventilation mécanique double flux.

Si des installations de ventilation indépendantes sont présentes dans différentes parties fermées de l'unité PER, 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 la zone de ventilation sont chauffés de différentes façons (après application de la convention ci-dessus en matière de chauffage central et local combiné) 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 la présente annexe.

Enfin, le fait que plusieurs générateurs de chaleur centraux fournissent séparément de la chaleur à différentes parties de la zone de ventilation entraîne, en principe, une nouvelle subdivision en secteurs énergétiques. Mais cette subdivision n'est pas nécessaire si les générateurs de chaleur ont (arithmétiquement) le même rendement de production (par exemple, dans le cas de l'utilisation de deux chaudières de chauffage identiques pour différentes parties de la zone de ventilation).

(Les mêmes règles de subdivision s'appliquent également quand chaque partie de la zone de ventilation 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 PER 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 PER contient des espaces qui ne sont pas équipés d'un système d'émission de chaleur (par exemple, W.-C., couloirs, rangements, espaces qui ne sont pas immédiatement utilisés comme des chambres à coucher, ...), 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 passage ou d'extraction, ou d'un espace de rangement), on affecte l'espace au (à un des) secteur(s) 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 PER selon la présente méthode de détermination.

### **5.3.3 Volume et surfaces des parois d'un secteur énergétique**

Lors de la détermination du volume  $V_{\text{sec } i}$  et des surfaces des parois (tous deux sur la base des dimensions extérieures), la limite entre deux secteurs énergétiques est formée par l'axe de la paroi intermédiaire.

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

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

## 6 Consommation d'énergie primaire

La consommation spécifique annuelle d'énergie primaire de l'unité PER,  $E_{\text{spec ann prim en cons}}$ , en kWh par m<sup>2</sup> et par an, est donnée par le rapport entre la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire et la surface de l'unité PER :

$$\text{Eq. 254 } E_{\text{spec ann prim en cons}} = \frac{1}{3,6} \cdot \frac{E_{\text{char ann prim en cons}}}{A_{\text{EPR}}} \quad (\text{kWh/m}^2)$$

avec :

$E_{\text{char ann prim en cons}}$  la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire de l'unité PER, calculée selon le § 13.2, en MJ ;

$A_{\text{EPR}}$  la surface plancher de l'unité PER, en m<sup>2</sup>.

## 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 du volume de l'unité PER. 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 PER (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 :

**Eq. 15** Si  $\gamma_{\text{heat,sec } i,m}$  est supérieur ou égal à 2,5, on a :

$$Q_{\text{heat,net,sec } i,m} = 0$$

Si  $\gamma_{\text{heat,sec } i,m}$  est inférieur à 2,5, on a :

$$Q_{\text{heat,net,sec } i,m} = Q_{L,\text{heat,sec } i,m} - \eta_{\text{util,heat,sec } i,m} \cdot Q_{g,\text{heat,sec } i,m} \quad (\text{MJ})$$

avec :

$\gamma_{\text{heat,sec } i,m}$	le rapport entre les gains de chaleur mensuels et les déperditions de chaleur mensuelles du secteur énergétique $i$ , (-), déterminé selon le § 7.6 ;
$Q_{\text{heat,net,sec } i,m}$	les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage du secteur énergétique $i$ , en MJ ;
$Q_{L,\text{heat,sec } i,m}$	les déperditions de chaleur mensuelles par transmission et par ventilation du secteur énergétique $i$ , en MJ, déterminées selon le § 7.4 ;
$\eta_{\text{util,heat,sec } i,m}$	le taux d'utilisation mensuel des gains de chaleur du secteur énergétique $i$ , (-), déterminé selon le § 7.6 ;
$Q_{g,\text{heat,sec } i,m}$	les gains de chaleur mensuels par ensoleillement et production de chaleur interne dans le secteur énergétique $i$ , en MJ, déterminés selon le § 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 :

$$\text{Eq. 16} \quad Q_{\text{water,bath } i,\text{net,m}} = r_{\text{water,bath } i,\text{net}} \cdot f_{\text{bath } i} \cdot \max[64; 64 + 0,220 \cdot (V_{\text{EPR}} - 192)] \cdot t_m \quad (\text{MJ})$$

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

$$\text{Eq. 17} \quad Q_{\text{water,sink } i,\text{net,m}} = r_{\text{water,sink } i,\text{net}} \cdot f_{\text{sink } i} \cdot \max[16; 16 + 0,055 \cdot (V_{\text{EPR}} - 192)] \cdot t_m \quad (\text{MJ})$$

avec :

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

$Q_{\text{water,sink } i,\text{net,m}}$  les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un évier de cuisine  $i$ , en MJ ;

$r_{\text{water,bath } i,\text{net}}$  un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage de l'amenée d'eau froide vers la douche ou la baignoire  $i$  par récupération thermique de l'écoulement, à calculer selon des spécifications déterminées par le Ministre, (-) ;

$r_{\text{water,sink } i,\text{net}}$  un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage de l'amenée d'eau froide vers l'évier de cuisine  $i$  grâce à la récupération de chaleur de l'écoulement, à calculer selon des spécifications déterminées par le Ministre, (-) ;

$f_{\text{bath } i}$  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 PER, tel que déterminé ci-dessous, (-) ;

$f_{\text{sink } i}$  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 PER, tel que déterminé ci-dessous, (-) ;

$V_{\text{EPR}}$  le volume total de l'unité PER, voir ci-dessous, en  $\text{m}^3$  ;

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

Le volume total de l'unité PER est déterminé comme suit:

$$\text{Eq. 325} \quad V_{\text{EPR}} = \sum_i V_{\text{sec } i} \quad (\text{m}^3)$$

avec :

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

Dans l'Eq. 325, il faut faire une somme sur tous les secteurs énergétiques  $i$  de l'unité PER.

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

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

$$\text{Eq. 18} \quad f_{\text{bath } i} = 1/N_{\text{bath}} \quad \text{et} \quad f_{\text{sink } i} = 1/N_{\text{sink}} \quad (-)$$

avec :

$N_{\text{bath}}$  le nombre total de douches et de baignoires dans l'unité PER ;

$N_{\text{sink}}$  le nombre total d'éviers de cuisine dans l'unité PER.

**Tableau [1] : Le numéro du jour caractéristique, 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

## 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 :

$$\text{Eq. 19} \quad Q_{L,heat,sec i,m} = Q_{T,heat,sec i,m} + Q_{V,heat,sec i,m} \quad (\text{MJ})$$

avec :

$$\text{Eq. 20} \quad Q_{T,heat,sec\ i,m} = H_{T,heat,sec\ i} \cdot (18 - \theta_{e,m}) \cdot t_m \quad (\text{MJ})$$

$$\text{Eq. 21} \quad Q_{V,heat,sec\ i,m} = H_{V,heat,sec\ i} \cdot (18 - \theta_{e,m}) \cdot t_m \quad (\text{MJ})$$

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, déterminé selon le § 7.7 ;
$H_{V,heat,sec\ i}$	le coefficient de transfert thermique par ventilation du secteur énergétique $i$ , en W/K, déterminé selon le § 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, déterminée selon le Tableau [1] ;
$t_m$	la longueur du mois considéré, en Ms, déterminée selon le Tableau [1].

### 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 :

$$\text{Eq. 22} \quad Q_{g,heat,sec\ i,m} = Q_{i,sec\ i,m} + Q_{s,heat,sec\ i,m} \quad (\text{MJ})$$

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 le § 7.9 ;
$Q_{s,heat,sec\ i,m}$	les gains de chaleur mensuels par ensoleillement dans le secteur énergétique $i$ , en MJ, déterminés selon le § 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 :

$$\text{Eq. 23} \quad \eta_{util,heat,sec\ i,m} = a/(a + 1) \text{ pour } \gamma_{heat,sec\ i,m} = 1$$

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

avec :

$$\text{Eq. 24} \quad \gamma_{heat,sec\ i,m} = Q_{g,heat,sec\ i,m} / Q_{L,heat,sec\ i,m} \quad (-)$$

$$\text{Eq. 25} \quad a = 1 + \frac{\tau_{\text{heat,sec } i}}{54000} \quad (-)$$

où :

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

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

$$\text{Eq. 26} \quad \tau_{\text{heat,sec } i} = \frac{C_{\text{sec } i}}{H_{T,\text{heat,sec } i} + H_{V,\text{heat,sec } i}} \quad (s)$$

avec :

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

On prend, pour la capacité thermique effective du secteur énergétique  $i$ , les valeurs du Tableau [2] :

- Le terme 'lourd' 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, un élément de construction est considéré comme :

- horizontal si sa pente est égale à  $0^\circ$  ;
- incliné si sa pente est strictement supérieure à  $0^\circ$  et inférieure à  $60^\circ$  ;
- vertical si sa pente est supérieure ou égale à  $60^\circ$  ;
- massif si sa masse est d'au moins  $100 \text{ kg/m}^2$ , déterminée en partant de l'intérieur jusqu'à une lame d'air ou une couche à conductivité thermique inférieure à  $0,20 \text{ W/(m.K)}$ .

**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	217000 $V_{\text{sec } i}$
Mi-lourd	117000 $V_{\text{sec } i}$
Peu-lourd	67000 $V_{\text{sec } i}$
Léger	27000 $V_{\text{sec } i}$

avec :

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

## 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 :

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

Une paroi plane de surface  $A$  se caractérise par un coefficient de transmission thermique  $U$ . Tous les nœuds constructifs linéaires de longueur  $l$  entre deux parois sont affectés d'un coefficient linéaire de transmission thermique  $\Psi$  et tous les nœuds constructifs ponctuels sont affectés d'un coefficient ponctuel de transmission thermique  $\chi$ . Les nœuds constructifs 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. Il faut également prendre ces parois en considération dans la détermination du coefficient de transfert thermique si elles donnent sur une parcelle attenante, voir également le § 5.2.

### 7.7.2 Règle de calcul

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

$$\text{Eq. 27} \quad H_{T,\text{heat,sec } i} = H_{T,\text{sec } i}^{\text{constructions}} + H_{T,h \text{ sec } i}^{\text{junctions}} \quad (\text{W/K})$$

avec :

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

$H_{T,hsec\ i}^{junctions}$  le coefficient de transfert thermique total par transmission due aux nœuds constructifs du secteur énergétique  $i$ , en 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 :

$$\text{Eq. 28} \quad H_{T,sec\ i}^{constructions} = H_{D,sec\ i}^{constructions} + H_{g,sec\ i}^{constructions} + H_{U,sec\ i}^{constructions} \quad (\text{W/K})$$

avec :

$H_{T,sec\ i}^{constructions}$  le coefficient de transfert thermique total 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 les spécifications complémentaires déterminées par le Ministre, conformément à l'article 19 du présent arrêté.

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 PER 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>3</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 le prérefroidissement ;
- 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 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 VHNR au présent arrêté. En ce qui concerne la consommation d'énergie des ventilateurs des systèmes mécaniques, on se reportera au § 11.2.

### 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 :

$$\text{Eq. 29} \quad H_{V,\text{heat},\text{sec } i} = H_{V,\text{inf/exfilt},\text{heat},\text{sec } i} + H_{V,\text{hyg},\text{heat},\text{sec } i} + H_{V,\text{over},\text{heat},\text{sec } i} \quad (\text{W/K})$$

- pour les calculs de refroidissement :

$$\text{Eq. 30} \quad H_{V,\text{cool},\text{sec } i,\text{m}} = H_{V,\text{inf/exfilt},\text{cool},\text{sec } i} + H_{V,\text{hyg},\text{cool},\text{sec } i,\text{m}} + H_{V,\text{over},\text{cool},\text{sec } i} \quad (\text{W/K})$$

- pour les calculs de l'indicateur de surchauffe :

$$\text{Eq. 31} \quad H_{V,\text{overh},\text{sec } i,\text{m}} = H_{V,\text{inf/exfilt},\text{overh},\text{sec } i} + H_{V,\text{hyg},\text{overh},\text{sec } i,\text{m}} + H_{V,\text{over},\text{overh},\text{sec } i} + H_{V,\text{free,nat},\text{overh},\text{sec } i} \quad (\text{W/K})$$

<sup>3</sup> Si les volets ne sont pas commandés depuis l'intérieur, aucune réduction ne s'applique.

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 de surchauffe, en W/K ;
$H_{V,in/exfilt,heat,seci}$ , $H_{V,in/exfilt,cool,seci}$ et $H_{V,in/exfilt,overh,seci}$	le coefficient de déperdition de chaleur par in/exfiltration pour la détermination des besoins de chauffage, de refroidissement et pour l'indicateur de surchauffe, déterminé selon le § 7.8.3, en W/K ;
$H_{V,hyg,heat,seci}$	le coefficient de déperdition de chaleur par ventilation hygiénique pour la détermination des besoins de chauffage, déterminé selon le § 7.8.5, en W/K ;
$H_{V,hyg,cool,seci,m}$ et $H_{V,hyg,overh,seci,m}$	le coefficient de déperdition mensuel de chaleur par ventilation hygiénique pour la détermination des besoins de refroidissement et pour l'indicateur de surchauffe, déterminé selon le § 7.8.5, en W/K ;
$H_{V,over,heat,seci}$ , $H_{V,over,cool,seci}$ et $H_{V,over,overh,seci}$	le coefficient de déperdition de chaleur par surventilation pour la détermination des besoins de chauffage, de refroidissement et pour l'indicateur de surchauffe, déterminé selon le § 7.8.7, 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 de surchauffe, déterminé selon le § 7.8.8, 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 :

$$\text{Eq. 32} \quad H_{V,in/exfilt,heat,seci} = 0,34 \cdot \dot{V}_{in/exfilt,heat,seci} \quad (\text{W/K})$$

- pour les calculs de refroidissement :

$$\text{Eq. 33} \quad H_{V,in/exfilt,cool,seci} = 0,34 \cdot \dot{V}_{in/exfilt,cool,seci} \quad (\text{W/K})$$

- pour les calculs de l'indicateur de surchauffe :

$$\text{Eq. 34} \quad H_{V,in/exfilt,overh,seci} = 0,34 \cdot \dot{V}_{in/exfilt,overh,seci} \quad (\text{W/K})$$

avec :

$\dot{V}_{in/exfilt,heat,seci}$ ,  $\dot{V}_{in/exfilt,cool,seci}$  et  $\dot{V}_{in/exfilt,overh,seci}$  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 les calculs de refroidissement et pour l'indicateur de surchauffe, tel que déterminé ci-après, en  $\text{m}^3/\text{h}$ .

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

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

- pour les calculs de chauffage :

$$\text{Eq. 35} \quad \dot{V}_{\text{in/exfilt,heat,sec } i} = 0,04 \cdot \dot{v}_{50,\text{heat}} \cdot A_{\text{T,E,sec } i} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

- pour les calculs de refroidissement :

$$\text{Eq. 36} \quad \dot{V}_{\text{in/exfilt,cool,sec } i} = 0,04 \cdot \dot{v}_{50,\text{cool}} \cdot A_{\text{T,E,sec } i} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

- pour les calculs de l'indicateur de surchauffe :

$$\text{Eq. 37} \quad \begin{aligned} \text{si } H_{\text{V,free,nat,overh,sec } i} = 0 : \dot{V}_{\text{in/exfilt,overh,sec } i} &= 0,04 \cdot \dot{v}_{50,\text{overh}} \cdot A_{\text{T,E,sec } i} \\ \text{si } H_{\text{V,free,nat,overh,sec } i} > 0 : \dot{V}_{\text{in/exfilt,overh,sec } i} &= 0 \end{aligned} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

avec :

$\dot{v}_{50,\text{heat}}$ ,  $\dot{v}_{50,\text{cool}}$  et  $\dot{v}_{50,\text{overh}}$  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 de surchauffe, tel que déterminé ci-après, en  $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$  ;

$A_{\text{T,E,sec } i}$  la surface 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>4</sup> (voir également les § 5 et 7.7), en  $\text{m}^2$ .

Si une mesure de l'étanchéité à l'air de l'ensemble de l'unité PER (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,  $\dot{v}_{50,\text{heat}}$  et  $\dot{v}_{50,\text{cool}}$ , en  $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ , est de :

$$\text{Eq. 38} \quad \dot{v}_{50,\text{heat}} = \dot{v}_{50,\text{cool}} = \dot{v}_{50,\text{overh}} = \frac{\dot{V}_{50}}{A_{\text{test}}} \quad (\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2))$$

avec :

$A_{\text{test}}$  la surface 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  $\text{m}^2$  ;

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

<sup>4</sup> Par conséquent, seules les constructions qui constituent la séparation entre le secteur énergétique et des espaces adjacents chauffés, ne sont pas prises en compte dans le calcul de  $A_{\text{T,E,sec } i}$ .

Sinon, les valeurs par défaut suivantes sont d'application, en  $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$  :

- pour les calculs de chauffage :  $\dot{V}_{50,\text{heat}} = 12$  ;
- pour les calculs de refroidissement :  $\dot{V}_{50,\text{cool}} = 0$  ;
- pour les calculs de l'indicateur de surchauffe :  $\dot{V}_{50,\text{overh}} = 0$ .

Le Ministre peut déterminer des spécifications concernant les mesures d'étanchéité à l'air.

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

Le coefficient de déperdition de chaleur par ventilation hygiénique est donné par :

- pour les calculs de chauffage :

$$\text{Eq. 39} \quad H_{V,\text{hyg,heat,sec } i} = 0,34 r_{\text{preh,heat,sec } i} \dot{V}_{\text{hyg,heat,sec } i} \quad (\text{W/K})$$

- pour les calculs de refroidissement :

$$\text{Eq. 40} \quad H_{V,\text{hyg,cool,sec } i,m} = 0,34 r_{\text{preh,cool,sec } i} r_{\text{precool,sec } i,m} \dot{V}_{\text{hyg,cool,sec } i} \quad (\text{W/K})$$

- pour les calculs de l'indicateur de surchauffe :

$$\text{Eq. 41} \quad H_{V,\text{hyg,overh,sec } i,m} = 0,34 r_{\text{preh,overh,sec } i} r_{\text{precool,sec } i,m} \dot{V}_{\text{hyg,overh,sec } i} \quad (\text{W/K})$$

avec :

$r_{\text{preh,heat,sec } i}$ ,  $r_{\text{preh,cool,sec } i}$  et  $r_{\text{preh,overh,sec } i}$  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 de surchauffe, calculé selon l'Annexe B de la présente annexe, (-) ;

$\dot{V}_{\text{hyg,heat,sec } i}$ ,  $\dot{V}_{\text{hyg,cool,sec } i}$  et  $\dot{V}_{\text{hyg,overh,sec } i}$  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 de surchauffe, tel que déterminé ci-après, en  $\text{m}^3/\text{h}$  ;

$r_{\text{precool,sec } i,m}$  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 de surchauffe, calculée selon l'Annexe B de la présente annexe, (-).

### 7.8.6 Débit de ventilation hygiénique

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

$$\text{Eq. 42} \quad \dot{V}_{\text{hyg,heat,sec } i} = \left[ 0,2 + 0,5 \cdot e^{\left(\frac{-V_{\text{PER}}}{500}\right)} \right] \cdot f_{\text{reduc,vent,heat,sec } i} \cdot m_{\text{heat,sec } i} \cdot V_{\text{sec } i} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

$$\text{Eq. 43} \quad \dot{V}_{\text{hyg,cool,sec } i} = \left[ 0,2 + 0,5 \cdot e^{\left(\frac{-V_{\text{EPR}}}{500}\right)} \right] \cdot f_{\text{reduc,vent,cool,sec } i} \cdot m_{\text{cool,sec } i} \cdot V_{\text{sec } i} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

$$\text{Eq. 44} \quad \dot{V}_{\text{hyg,overh,sec } i} = \left[ 0,2 + 0,5 \cdot e^{\left(\frac{-V_{\text{EPR}}}{500}\right)} \right] \cdot f_{\text{reduc,vent,overh,sec } i} \cdot m_{\text{overh,sec } i} \cdot V_{\text{sec } i} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

avec :

$V_{\text{EPR}}$  le volume total de l'unité PER, voir le § 7.3, en  $\text{m}^3$  ;

$f_{\text{reduc,vent,heat,sec } i}$ ,  $f_{\text{reduc,vent,cool,sec } i}$  et  $f_{\text{reduc,vent,overh,sec } i}$  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 de surchauffe, comme déterminé ci-dessous, (-) ;

$m_{\text{heat,sec } i}$ ,  $m_{\text{cool,sec } i}$  et  $m_{\text{overh,sec } i}$  un facteur 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 de surchauffe comme déterminé ci-dessous ;

$V_{\text{sec } i}$  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 spécifications déterminées 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 de  $m_{\text{heat,sec } i}$  est de 1,5. La valeur par défaut pour  $m_{\text{cool,sec } i}$  et  $m_{\text{overh,sec } i}$  est de 1,0. Pour déterminer des valeurs plus favorables, on se référera à l'Annexe B de la présente annexe.

### 7.8.7 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 :

$$\text{Eq. 45} \quad H_{V,\text{over,heat,sec } i} = H_{V,\text{over,cool,sec } i} = H_{V,\text{over,overh,sec } i} = 0,34 \cdot \dot{V}_{\text{over,sec } i} \quad (\text{W/K})$$

avec :

$\dot{V}_{\text{over,sec } i}$  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  $\text{m}^3/\text{h}$ .

L'effet de la surventilation n'est pas encore pris en compte. On considère donc :  $\dot{V}_{\text{over,sec } i} = 0$ .

### 7.8.8 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 ouvrantes est la suivante :

$$\text{Eq. 46} \quad H_{V,\text{free,nat,overh,sec } i} = 0,34 \cdot \dot{V}_{\text{free,nat,overh,sec } i} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

avec :

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

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

$$\text{Eq. 47} \quad \dot{V}_{\text{free,nat,overh,sec } i} = 45,3 \cdot A_{\text{wo,sec } i} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

avec :

$A_{\text{wo,sec } i}$  la surface 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  $\text{m}^2$  ;

où :

$$\text{Eq. 48} \quad A_{\text{wo,sec } i} = \sum_j r_{\text{win,overh},j} \cdot A_{\text{wo},j} \quad (\text{m}^2)$$

avec :

$A_{\text{wo},j}$  la surface nette des ouvrants considérés de la fenêtre  $j$ , tel que déterminé ci-dessous, en  $\text{m}^2$  ;

$r_{\text{win,overh},j}$  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  $i$ .

#### Surface nette des ouvrants $A_{\text{wo},j}$ de la fenêtre $j$

Seules les surfaces du vitrage  $A_{\text{go}}$ , du panneau de remplissage  $A_{\text{po}}$  et de la grille de ventilation  $A_{\text{ro}}$  des parties ouvrantes de la fenêtre sont prises en considération pour le calcul de la surface nette des ouvrants  $A_{\text{wo},j}$  (ces surfaces sont mesurées et calculées selon les spécifications déterminées par le Ministre) :

$$\text{Eq. 49} \quad A_{\text{wo},j} = \sum_k (A_{\text{go},k} + A_{\text{po},k} + A_{\text{ro},k}) \quad (\text{m}^2)$$

avec :

$A_{\text{go},k}$  la surface du vitrage de la partie ouvrante  $k$ , en  $\text{m}^2$  ;

$A_{po,k}$  la surface du panneau opaque de la partie ouvrante  $k$ , en  $m^2$  ;  
 $A_{ro,k}$  la surface de la grille de ventilation de la partie ouvrante  $k$ , en  $m^2$ .

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 :

**Tableau [25] : Facteur prenant en compte le risque d'effraction  $r_{win,overh}$**

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 exemples l'émission de chaleur des personnes, de l'éclairage et des 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 :

$$\text{Eq. 50} \quad \text{si } V_{EPR} \leq 192 \text{ m}^3 : Q_{i,seci,m} = (1,41 \cdot V_{EPR} + 78) \cdot \frac{V_{seci}}{V_{EPR}} \cdot t_m$$

$$\text{si } V_{EPR} > 192 \text{ m}^3 : Q_{i,seci,m} = (0,67 \cdot V_{EPR} + 220) \cdot \frac{V_{seci}}{V_{EPR}} \cdot t_m \quad (\text{MJ})$$

avec :

$V_{EPR}$  le volume total de l'unité PER, voir le § 7.3, en  $m^3$  ;  
 $V_{sec i}$  le volume du secteur énergétique  $i$ , en  $m^3$  ;  
 $t_m$  la longueur du mois considéré, en Ms, voir le 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 passifs non ventilés ;
- les gains solaires provenant d'espaces adjacents non chauffés.

Les systèmes d'énergie solaire passifs ventilés avec de l'air extérieur ou intérieur doivent être traités selon des spécifications déterminées 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 :

$$\text{Eq. 51} \quad Q_{s,\text{heat},\text{sec } i,m} = \sum_{j=1}^m Q_{s,\text{heat},w,m,j} + \sum_{k=1}^n Q_{s,\text{heat},ps,m,k} + \sum_{l=1}^p Q_{s,\text{heat},\text{sec } i,U,m,l} \quad (\text{MJ})$$

avec :

- $Q_{s,\text{heat},w,m,j}$  les gains solaires par une fenêtre  $j$  pendant le mois considéré, en MJ, déterminés selon le § 7.10.3 ;
- $Q_{s,\text{heat},ps,m,k}$  les gains solaires par un système d'énergie solaire passif non ventilé  $k$  pendant le mois considéré, en MJ, déterminés selon le § 7.10.4 ;
- $Q_{s,\text{heat},\text{sec } i,U,m,l}$  la part des gains solaires, pendant le mois considéré, de l'espace adjacent non chauffé  $l$  qui profite indirectement au secteur énergétique  $i$ , en MJ, déterminée selon les Annexes A et C de la présente annexe.

A cette fin, il faut effectuer une somme sur toutes les fenêtres  $j$ , tous les systèmes d'énergie solaire passifs non ventilés  $k$  et tous les espaces adjacents non chauffés  $l$  du secteur énergétique  $i$ . La façon de traiter les espaces adjacents non chauffés se trouve à l'Annexe A de la présente annexe.

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 'cool' pour la détermination des besoins nets en énergie pour le refroidissement et par l'indice 'overh' pour la détermination de l'indicateur de surchauffe.

### 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 :

$$\text{Eq. 52} \quad Q_{s,\text{heat},w,m,j} = 0,95 \cdot g_{m,j} \cdot A_{g,j} \cdot I_{s,m,j,\text{shad}} \quad (\text{MJ})$$

avec :

0,95	le facteur de réduction lié à la salissure ;
$g_{m,j}$	le facteur solaire mensuel de la fenêtre $j$ , déterminé selon le § 7.10.3.3, (-) ;
$A_{g,j}$	la surface vitrée de la fenêtre $j$ en $\text{m}^2$ ;
$I_{s,m,j,\text{shad}}$	l'ensoleillement de la fenêtre $j$ pour le mois considéré, compte tenu de l'ombrage d'obstacles fixes, en $\text{MJ}/\text{m}^2$ , déterminé selon l'Annexe C de la présente annexe.

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

$$\text{Eq. 53} \quad \begin{aligned} \text{si } U_g \leq U_f : A_{g,j} &= 0,7 A_{w,d,j} \\ \text{si } U_g > U_f : A_{g,j} &= 0,8 A_{w,d,j} \end{aligned} \quad (\text{m}^2)$$

avec :

$A_{w,d,j}$	la surface de l'ouverture de jour de la fenêtre $j$ , en $\text{m}^2$ .
-------------	---

### 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 mensuel d'une fenêtre comme suit :

$$\text{Eq. 54} \quad g_{m,j} = 0,9 \cdot (a_{c,m} F_c + (1 - a_{c,m})) \cdot g_{g,\perp} \quad (-)$$

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 le § 7.10.3.4 ;
$a_{c,m}$	le facteur d'utilisation mensuel de la protection solaire, (-), déterminé selon le § 7.10.3.5 ;
$g_{g,\perp}$	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 de surchauffe et des besoins nets 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 :

$$\text{Eq. 55} \quad F_c = \frac{g_{g+c,\perp}}{g_{g,\perp}} \quad (-)$$

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 les normes NBN EN 13363-1, NBN EN 13363-2 ou ISO 15099, NBN EN 13363-1 peut uniquement être appliqué 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.

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 :

$$\text{Eq. 56} \quad F_c = \frac{I_{s,m,j,shad,wC}}{I_{s,m,j,shad,wO}} \quad (-)$$

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 la présente annexe. 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 de la présente annexe.

#### 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 de la présente annexe. La valeur varie selon qu'il s'agit de la détermination des besoins nets en énergie pour le chauffage ou pour le refroidissement, ou de l'indicateur de surchauffe.

**Tableau [4] : Le facteur d'utilisation moyen  $a_{c,m}$ ,  
en fonction du type de calcul**

Calcul Commande	Chauffage	Refroidissement	Surchauffe
Manuelle	0,0	0,2	Tableaux C1
Automatique	0,0	max(0 ; Tableaux C2 diminué de 0,1)	Tableaux C2

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

##### 7.10.4.1 Définitions

Un système d'énergie solaire passif 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) présente(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 passif non ventilé k pendant le mois considéré comme suit :

$$\text{Eq. 57} \quad Q_{s,heat,ps,m,k} = g_{eff,t,m,k} \cdot A_{ps,g,k} \cdot I_{s,m,k,shad} \quad (\text{MJ})$$

avec :

$g_{eff,t,m,k}$	le facteur solaire effectif du système k, tel que déterminé ci-après, (-) ;
$A_{ps,g,k}$	la surface transparente/translucide du système d'énergie solaire passif 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 la présente annexe.

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 :

$$\text{Eq. 58} \quad g_{eff,t,m,k} = \alpha \cdot (g_{t,h} - c_{m,k} \cdot g_{t,\perp}) \frac{U}{U_{te}} \quad (-)$$

- 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 ventilée) entre le système constructif et la partie opaque :

$$\text{Eq. 59} \quad g_{eff,t,m,k} = (R_{se} + R_t) \cdot (g_{t,h} - c_{m,k} \cdot g_{t,\perp}) \cdot U \quad (-)$$

avec :

$$\text{Eq. 60} \quad U = 1 / (R_{se} + R_t + R_{al} + R_i + R_{si}) \quad (\text{W/m}^2 \cdot \text{K})$$

$$\text{Eq. 61} \quad U_{te} = 1 / (R_{se} + R_t + R_{al}) \quad (\text{W/m}^2 \cdot \text{K})$$

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  $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$  ;
- $U_{te}$  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  $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$  ;
- $R_{se}$  la résistance thermique superficielle externe, en  $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$  ;
- $R_t$  la résistance thermique du système constructif, en  $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$  ;
- $R_{si}$  la résistance thermique superficielle interne, en  $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$  ;
- $R_{al}$  la résistance thermique de la couche d'air (non ventilée) entre la partie opaque et le système constructif, en  $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$  ;
- $R_i$  la résistance thermique de la partie opaque derrière le système constructif, en  $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$ .

**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)**

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aoû	Sept	Oct	Nov	Déc
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
SO/SE	-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
NO/NE	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 Risque de surchauffe et refroidissement

### 8.1 Principe

Dans un climat froid comme celui de la Belgique, une combinaison raisonnable d'interventions constructives et occupationnelles réduit suffisamment le risque de surchauffe estivale dans les bâtiments résidentiels pour pouvoir se passer de refroidissement actif. Il suffit de ne pas prendre une surface de fenêtres trop grande, de prévoir, si nécessaire, une protection solaire extérieure, de conférer aux murs intérieurs, aux plafonds et aux planchers une hauteur suffisante, une masse thermique suffisamment élevée et accessible, et d'assurer une ventilation supplémentaire la nuit.

Quand il y a encore des plaintes, elles sont généralement liées à une pièce. Les gains solaires par pièce, les gains de chaleur internes, la masse thermique accessible, les possibilités de ventilation et la température souhaitée (différente, par exemple, dans une salle de bains et dans une chambre à coucher) déterminent, entre autres, le risque de surchauffe dans cette pièce et la décision éventuelle de prévoir quand même un refroidissement actif. Une évaluation des risques de surchauffe devrait donc se faire au niveau de chaque pièce. Dans le cadre de la présente annexe, on utilise une méthode très simplifiée qui évalue la surchauffe par secteur énergétique sans donner de réponse définitive quant à la surchauffe possible dans une pièce.

L'évaluation se fait en 3 étapes.

Dans une première 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 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 deuxième étape, on définit, en fonction de l'indicateur 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 de surchauffe.
- si on ne place pas de refroidissement actif lors de la construction, on considère un palier pour l'indicateur 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 de surchauffe

L'exigence pour le risque de surchauffe doit être évaluée au niveau de l'unité PER. Le calcul ci-après de l'indicateur de surchauffe s'effectue, lui, par secteur énergétique. Le calcul de l'indicateur de surchauffe pour l'ensemble de l'unité PER 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 l'indice "EPR".

On détermine, par secteur énergétique  $i$ , l'indicateur 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 :

$$\text{Eq. 62} \quad I_{\text{overh,sec } i} = Q_{\text{excess norm,sec } i,a} = \sum_{m=1}^{12} Q_{\text{excess norm,sec } i,m} \quad (\text{Kh})$$

avec :

$$\text{Eq. 63} \quad Q_{\text{excess norm,sec } i,m} = \frac{(1 - \eta_{\text{util,overh,sec } i,m}) \cdot Q_{g,\text{overh,sec } i,m}}{H_{T,\text{overh,sec } i,m} + H_{V,\text{overh,sec } i,m}} \cdot \frac{1000}{3,6} \quad (\text{Kh})$$

et avec :

$$\text{Eq. 64} \quad Q_{g,\text{overh,sec } i,m} = Q_{i,\text{sec } i,m} + Q_{s,\text{overh,sec } i,m} \quad (\text{MJ})$$

$$\text{Eq. 65} \quad \eta_{\text{util,overh,sec } i,m} = a_m / (a_m + 1) \text{ pour } Y_{\text{overh,sec } i,m} = 1$$

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

avec :

$$\text{Eq. 66} \quad Y_{\text{overh,sec } i,m} = Q_{g,\text{overh,sec } i,m} / Q_{L,\text{overh,sec } i,m} \quad (-)$$

$$\text{Eq. 67} \quad a = 1 + \frac{t_{\text{overh,sec } i,m}}{54000} \quad (-)$$

$$\text{Eq. 68} \quad Q_{L,\text{overh,sec } i,m} = Q_{T,\text{overh,sec } i,m} + Q_{V,\text{overh,sec } i,m} \quad (\text{MJ})$$

$$\text{Eq. 69} \quad Q_{T,\text{overh,sec } i,m} = H_{T,\text{overh,sec } i,m} \cdot (23 - (\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m})) \cdot t_m \quad (\text{MJ})$$

$$\text{Eq. 70} \quad Q_{V,overh,sec\ i,m} = H_{V,overh,sec\ i,m} \cdot (23 - (\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m})) \cdot t_m \quad (\text{MJ})$$

$$\text{Eq. 71} \quad \tau_{overh,sec\ i,m} = \frac{C_{sec\ i}}{H_{T,overh,sec\ i,m} + H_{V,overh,sec\ i,m}} \quad (\text{s})$$

avec :

$\eta_{util,overh,sec\ i,m}$	le taux d'utilisation des gains de chaleur mensuels du secteur énergétique $i$ , pour l'indicateur de 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 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 le § 7.9.2 ;
$Q_{s,overh,sec\ i,m}$	les gains de chaleur mensuel par ensoleillement dans le secteur énergétique $i$ pour l'indicateur de surchauffe, en MJ, déterminé selon le § 7.10 ;
$Y_{overh,sec\ i,m}$	le rapport entre les gains de chaleur mensuels et les déperditions de chaleur mensuelles dans le secteur énergétique $i$ pour l'indicateur 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 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 de surchauffe, en MJ ;
$Q_{V,overh,sec\ i,m}$	les déperditions de chaleur mensuelles par ventilation du secteur énergétique $i$ pour l'indicateur de surchauffe, en MJ ;
$\theta_{e,m}$	la température extérieure moyenne mensuelle, en °C, voir le 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 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 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 de surchauffe, en W/K, déterminé selon le § 7.8.2 ;
$\tau_{overh,sec\ i,m}$	la constante de temps mensuel du secteur énergétique $i$ pour l'indicateur de surchauffe, en s ;
$C_{sec\ i}$	la capacité thermique effective du secteur énergétique $i$ , en J/K, déterminée selon le § 7.6 ;
$t_m$	la longueur du mois considéré, en Ms, voir le Tableau [1].

$H_{T,overh,sec\ i}$  est déterminé selon le § 7.7.2. Toutefois si l'influence des nœuds constructifs est calculée 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 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 le § 8.1 pour plus d'explications) :

- si du refroidissement actif est installé dans le secteur énergétique  $i$ , on a :  $p_{\text{cool,sec } i} = 1$  (-)
- si aucun refroidissement actif n'est installé dans le secteur énergétique  $i$ , on a :

$$\text{Eq. 72} \quad p_{\text{cool,sec } i} = \max \left\{ 0 ; \min \left( \frac{I_{\text{overh,sec } i} - I_{\text{overh,thresh}}}{I_{\text{overh,max}} - I_{\text{overh,thresh}}} ; 1 \right) \right\} \quad (-)$$

avec :

$I_{\text{overh,thresh}}$  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 1000 Kh ;

$I_{\text{overh,max}}$  la valeur maximale autorisée pour l'indicateur de surchauffe, cette valeur est par hypothèse égale à 6500 Kh.

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

La fraction du temps que la température dépasse les 25°C dans l'unité PER est déterminée suivant :

$$\text{Eq. 240} \quad f_{\text{cool,PER}} = \max \left\{ 0 ; \min \left( 0,05 \cdot \frac{I_{\text{overh,PER}}}{I_{\text{overh,max}}} ; 1 \right) \right\} \quad (-)$$

avec :

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

$I_{\text{overh,max}}$  la valeur maximale autorisée pour l'indicateur de surchauffe, cette valeur est par hypothèse égale à 6500 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 besoins nets en énergie fondamentaux pour le refroidissement :

$$\text{Eq. 73} \quad Q_{\text{cool,net,seci,m}} = p_{\text{cool,sec } i} \cdot Q_{\text{cool,net,princ,seci,m}} \quad (\text{MJ})$$

avec :

$p_{\text{cool,sec } i}$  la probabilité conventionnelle d'installation d'un refroidissement actif, déterminé selon le § 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,  $Q_{cool,net,princ,sec\ i,m}$ , comme suit :

**Eq. 74** si  $\lambda_{cool,sec\ i,m}$  est supérieur ou égal à 2,5, on a :

$$Q_{cool,net,princ,sec\ i,m} = 0$$

si  $\lambda_{cool,sec\ i,m}$  est inférieur à 2,5, on a :

$$Q_{cool,net,princ,sec\ i,m} = Q_{g,cool,sec\ i,m} - \eta_{util,cool,sec\ i,m} \cdot Q_{L,cool,sec\ i,m} \quad (MJ)$$

avec :

$$\mathbf{Eq. 75} \quad Q_{g,cool,seci,m} = Q_{i,seci,m} + Q_{s,cool,seci,m} \quad (MJ)$$

$$\mathbf{Eq. 76} \quad \eta_{util,cool,sec\ i,m} = a_m / (1 + a_m) \text{ pour } \lambda_{cool,sec\ i,m} = 1$$

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

et :

$$\mathbf{Eq. 77} \quad \lambda_{cool,seci,m} = Q_{L,cool,seci,m} / Q_{g,cool,seci,m} \quad (-)$$

$$\mathbf{Eq. 78} \quad a_m = 1 + \frac{\tau_{cool,seci,m}}{54000} \quad (-)$$

$$\mathbf{Eq. 79} \quad Q_{L,cool,seci,m} = Q_{T,cool,seci,m} + Q_{V,cool,seci,m} \quad (MJ)$$

$$\mathbf{Eq. 80} \quad Q_{T,cool,seci,m} = H_{T,cool,seci} \cdot [23 - (\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m})] \cdot t_m \quad (MJ)$$

$$\mathbf{Eq. 81} \quad Q_{V,cool,seci,m} = H_{V,cool,seci,m} \cdot [23 - (\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m})] \cdot t_m \quad (MJ)$$

$$\mathbf{Eq. 82} \quad \tau_{cool,seci,m} = \frac{C_{seci}}{H_{T,cool,seci} + H_{V,cool,seci,m}} \quad (s)$$

avec :

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

$Q_{g,cool,sec\ i,m}$  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 ;

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

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

$\lambda_{cool,sec\ i,m}$	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, (-) ;
$Q_{L,cool,sec\ i,m}$	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 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 ;
$H_{T,cool,sec\ i}$	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 au § 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 le § 7.8 ;
$\tau_{cool,sec\ i,m}$	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 le § 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 le 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 quelque peu supérieures 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 installation de production de chaleur. En cas de chauffage central, il s'agit de chaudières (hydroniques), de générateurs (d'air chaud), de pompes à chaleur ou d'installations de cogénération. En cas de chauffage local, la production de chaleur s'effectue dans les émetteurs de chaleur proprement dits ;
- éventuellement un système de stockage de chaleur ;
- un système de distribution de chaleur. Il s'agit de conduites en cas de chauffage central hydronique et de gaines en cas de chauffage à air chaud. Un chauffage local n'a pas de système de distribution de chaleur ;
- un système d'émission de chaleur. 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 systèmes.

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 destiné 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 mensuels bruts en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique  $i$  en divisant les besoins mensuels nets 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 :

- les déperditions de stockage et de distribution non récupérées ;
- un flux de déperdition supplémentaire à travers les parois extérieures à l'arrière, au-dessous ou au-dessus du corps de chauffe ;
- 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 ;
- 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 ;
- 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 mensuels bruts en énergie pour le chauffage sont calculés comme suit :

$$\text{Eq. 83} \quad Q_{\text{heat,gross,sec } i,m} = \frac{Q_{\text{heat,net,sec } i,m}}{\eta_{\text{sys,heat,sec } i,m}} \quad (\text{MJ})$$

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 le § 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 le § 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 :

$$\text{Eq. 84} \quad \eta_{\text{sys,heat,sec } i,m} = \eta_{\text{em,heat,sec } i,m} \cdot \eta_{\text{distr,heat,sec } i,m} \cdot \eta_{\text{stor,heat,sec } i,m} \quad (-)$$

avec :

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

- 
- $\eta_{distr,heat,sec\ i,m}$  le rendement mensuel moyen de distribution d'un secteur énergétique  $i$ , (-), déterminé selon le § 9.2.2.3 ;
- $\eta_{stor,heat,sec\ i,m}$  le rendement mensuel moyen de stockage d'un secteur énergétique  $i$ , (-), déterminé selon le § 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 l'/les installation(s) de production de chaleur et/ou le/les ballon(s) de stockage transmet(tent) 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 l'/les installation(s) de production de chaleur transmet(tent) chaque mois au(x) ballon(s) de stockage.

Le rendement de système mensuel moyen d'un système dit "Combilus" est calculé selon des spécifications déterminées par le Ministre. Par "Combilus", on entend une conduite de circulation commune (dans le sens où plusieurs unités PEB sont alimentées par le même appareil "Combilus") 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 la présente annexe.

Si, dans le cas d'un chauffage central, il y a plus d'un 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 la présente annexe.

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 qu'un seul type dans chaque secteur : voir également le § 5.3.

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

<b>Chauffage central</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>Chauffage local</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>Chauffage collectif</b>		
Si plusieurs unités PEB habitation individuelle disposent d'une installation de production de chaleur commune, les valeurs ci-dessus (relatives au chauffage central) doivent être diminuées comme suit :		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• si un décompte individuel des coûts de chauffage est établi par unité PEB habitation individuelle sur la base d'une mesure individuelle de la consommation réelle : on multiplie la valeur d'application ci-dessus par le facteur 0,95</li> <li>• 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</li> </ul>		

(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>5</sup> :

<sup>5</sup> Exemple : une valeur de consigne variable peut être réalisée à l'aide d'une régulation glissante de la température de la chaudière ou 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.

- 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 la présente annexe.

**Tableau [7] : Rendement de distribution**

Installation de chauffage	$\eta_{\text{distr,heat,sec } i,m}$
Chauffage local	1,00
Chauffage central à eau chaude ou à air chaud, chauffage collectif	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Toutes les conduites ou les gaines à l'intérieur de la couche d'isolation du volume protégé</li> </ul>	1,00
<ul style="list-style-type: none"> <li>Une partie des conduites ou des gaines à l'extérieur de la couche d'isolation du volume protégé</li> </ul>	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)	$\eta_{\text{stor,heat,sec } i,m}$
Absent	1,00
Présent	
<ul style="list-style-type: none"> <li>à l'intérieur du volume protégé</li> </ul>	1,00
<ul style="list-style-type: none"> <li>à l'extérieur du volume protégé</li> </ul>	0,97

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

### 9.3.1 Principe

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

$$\text{Eq. 85} \quad Q_{\text{water,bath } i,\text{gross},m} = r_{\text{water,bath } i,\text{gross}} \cdot \frac{Q_{\text{water,bath } i,\text{net},m}}{\eta_{\text{sys,bath } i,m}} \quad (\text{MJ})$$

$$\text{Eq. 86} \quad Q_{\text{water,sink } i,\text{gross},m} = r_{\text{water,sink } i,\text{gross}} \cdot \frac{Q_{\text{water,sink } i,\text{net},m}}{\eta_{\text{sys,sink } i,m}} \quad (\text{MJ})$$

avec :

$Q_{\text{water,bath } i,\text{net,m}}$	les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire $i$ , en MJ, déterminés selon le § 7.3 ;
$Q_{\text{water,sink } i,\text{net,m}}$	les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un évier de cuisine $i$ , en MJ, déterminés selon le § 7.3 ;
$\eta_{\text{sys,bath } i,\text{m}}$	le rendement mensuel moyen du système pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire $i$ , déterminé selon le § 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 le § 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 calculer selon des spécifications déterminées 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 déterminées 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. Cee cas doit être traité sur base d'une demande 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 PER (par exemple, une habitation individuelle) que plusieurs unités PEB (par exemple, les différentes unités PEB habitation individuelle d'un immeuble à appartements à production centrale collective d'eau chaude sanitaire).

Le rendement de système d'un système dit "Combilus" est déterminé selon des spécifications déterminées 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 :

$$\text{Eq. 87} \quad \eta_{\text{sys,bath } i,m} = \eta_{\text{tubing,bath } i}$$

$$\eta_{\text{sys,sink } i,m} = \eta_{\text{tubing,sink } i} \quad (-)$$

- avec conduite de circulation :

$$\text{Eq. 88} \quad \eta_{\text{sys,bath } i,m} = \eta_{\text{tubing,bath } i} \cdot \eta_{\text{water,circ } k,m}$$

$$\eta_{\text{sys,sink } i,m} = \eta_{\text{tubing,sink } i} \cdot \eta_{\text{water,circ } k,m} \quad (-)$$

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, (-) ;
$\eta_{\text{tubing,sink } i}$	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 :

$$\text{Eq. 284} \quad \eta_{\text{tubing,bath } i} = \frac{100}{100 + l_{\text{tubing,bath } i}/r_{\text{water,bath } i,\text{net}}} \quad (-)$$

$$\text{Eq. 285} \quad \eta_{\text{tubing,sink } i} = \frac{20}{20 + l_{\text{tubing,sink } i}/r_{\text{water,sink } i,\text{net}}} \quad (-)$$

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 du/des producteur(s) de chaleur concerné(s) 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 calculer selon des spécifications déterminées 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 le(s) producteur(s) de chaleur concerné(s) 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 ;
$f_{\text{water, sink } i, \text{net}}$	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 calculer selon des spécifications déterminées par le Ministre, (-) ;

Comme valeurs par défaut, on utilise :

- $l_{\text{tubing, bath } i} = 10$  m
- $l_{\text{tubing, sink } i} = 20$  m

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

$$\text{Eq. 286 } \eta_{\text{water, circ } k, m} = \frac{Q_{\text{water out, circ } k, m}}{Q_{\text{water out, circ } k, m} + t_m \cdot f_{\text{insul, circ } k} \cdot \sum_j \frac{l_{\text{circ } k, j} \cdot (60 - \theta_{\text{amb, m, j}})}{R_{1, j}}} \quad (-)$$

avec :

$$\begin{aligned} Q_{\text{water out, circ } k, m} &= \sum_i \frac{Q_{\text{water, bath } i, \text{net, m}}}{\eta_{\text{tubing, bath } i}} + \sum_i \frac{Q_{\text{water, sink } i, \text{net, m}}}{\eta_{\text{tubing, sink } i}} \\ \text{Eq. 287 } &+ \sum_i \frac{Q_{\text{water, other } i, \text{net, m}}}{\eta_{\text{tubing, other } i}} + \sum_l Q_{\text{water, ncalc, res, unit } l, \text{gross, m}} \quad (\text{MJ}) \\ &+ \sum_m Q_{\text{water, ncalc, nres, bath } m, \text{gross, m}} + \sum_n Q_{\text{water, ncalc, nres, sink } n, \text{gross, m}} \end{aligned}$$

et :

$t_m$	la longueur du mois considéré, en Ms, voir le Tableau [1] ;
$f_{\text{insul, circ } k}$	un facteur de correction pour prendre en compte l'effet des ponts thermiques sur la résistance thermique des segments de la conduite de circulation $k$ , telle que déterminé ci-dessous en fonction des propriétés de la conduite de circulation, (-) ;
$l_{\text{circ } k, j}$	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 : $\theta_{\text{amb, m, j}} = 11 + 0,4 \cdot \theta_{e, m}$ ;

- 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] ;

$R_{1,j}$  la résistance thermique linéaire du segment de conduite  $j$ , en m.K/W, déterminée selon le § E.3 de la présente annexe ;

$Q_{water,bath\ i,net,m}$  les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire  $i$ , en MJ, déterminés selon le § 7.3 pour les unités PER et selon le § 5.10 de l'annexe PEN pour les unités PEN, 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, déterminés selon le § 7.3 pour les unités PER et selon le § 5.10 de l'annexe PEN pour les unités PEN.

$Q_{water,other\ i,net,m}$  les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un autre point de puisage d'eau chaude  $i$ , en MJ, déterminés selon le § 5.10 de l'annexe PEN ;

$\eta_{tubing,other\ i}$  la contribution au rendement du système des conduites d'eau sanitaire vers un autre point de puisage d'eau chaude  $i$ , (-), déterminée selon le § 6.5 de l'annexe PEN ;

$Q_{water,ncalc,res,unit\ l,gross,m}$  les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une unité PEB habitation individuelle  $l$  qui n'est pas une unité PER, en MJ, tels que déterminés ci-dessous ;

$Q_{water,ncalc,nres,bath\ m,gross,m}$  les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire  $m$  se trouvant dans une unité PEB non résidentielle et ne faisant pas partie d'une unité PEN, en MJ, tels que déterminés ci-dessous ;

$Q_{water,ncalc,nres,sink\ n,gross,m}$  les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un évier de cuisine  $n$  se trouvant dans une unité PEB non résidentielle et ne faisant pas partie d'une unité PEN, en MJ, tels que déterminés ci-dessous.

Pour la détermination de  $\eta_{water,circ\ k,m}$ , il faut effectuer une somme sur tous les segments  $j$  de la conduite de circulation  $k$ .

Pour la détermination de  $Q_{water\ out,circ\ k,m}$ , il faut effectuer une somme sur :

- l'ensemble des douches, baignoires et éviers de cuisine  $i$  se trouvant dans une unité PER ou PEN et connectés à la conduite de circulation  $k$  ;
- l'ensemble des autres points de puisage d'eau chaude  $i$  se trouvant dans une unité PEN et connectés à la conduite de circulation  $k$  ;
- l'ensemble des unités PEB habitation individuelle  $l$  qui ne sont pas des unités PER et qui sont connectés à la conduite de circulation  $k$  ;
- l'ensemble des douches et baignoires  $m$  et éviers de cuisine  $n$  se trouvant dans une unité PEN non résidentielle, ne faisant pas partie d'une unité PEN, et qui sont connectés à la conduite de circulation  $k$ .

Le facteur de correction  $f_{insul,circ\ k}$  dépend des propriétés de la conduite de circulation et des accessoires. Trois cas sont distingués.

**Cas 1**

Si la conduite de circulation et les accessoires satisfont à toutes les exigences ci-dessous, alors  $f_{\text{insul,circ } k} = 1,1$ .

- L'isolation de chaque coude (\*) est exécutée dans le même matériau et a la même épaisseur que l'isolation des segments de conduites adjacentes. Elle est posée de manière telle que l'isolation soit continue.
- L'isolation n'est interrompue par aucune fixation de la conduite.
- L'isolation de la conduite principale n'est pas interrompue au niveau des branchements (\*) et l'isolation thermique des conduites de puisage, le cas échéant, sera continue par rapport à l'isolation de la conduite principale.
- Chaque élément de robinetterie (\*\*) a une résistance thermique équivalente satisfaisant à la règle suivante :

$$\text{Eq. 288 } R_{\text{eq,tap}} \geq \max(R_{1,j}) \quad (\text{m.K/W})$$

avec :

- $R_{\text{eq,tap}}$  la résistance thermique équivalente de l'isolation thermique de l'élément de robinetterie, déterminé comme ci-dessous, en m.K/W ;
- $R_{1,j}$  la résistance thermique linéaire du segment de conduite j auquel l'élément de robinetterie est connecté, tel qu'établi au § E.3, en m.K/W.

Il faut prendre la valeur maximale de tous les segments de conduite j connectés à l'élément de robinetterie.

- Chaque corps de pompe est pourvu d'un manteau en matériau isolant avec un coefficient de conductivité  $\lambda_{\text{insul,pumps}}$  et une épaisseur minimale d'isolant  $d_{\text{insul,pumps}}$  pour lesquels :

$$\text{Eq. 289 } \frac{d_{\text{insul,pumps}}}{\lambda_{\text{insul,pumps}}} \geq 0,5 \quad (\text{m.K/W})$$

avec :

- $d_{\text{insul,pumps}}$  la plus courte distance entre les surfaces intérieure et extérieure de l'enveloppe isolante autour de la pompe, en ne tenant pas compte des pièces mobiles de commande, d'écrans d'affichage et des parties spécifiquement destinées à protéger l'électronique de la pompe contre la surchauffe (ailettes de refroidissement), en m ;
- $\lambda_{\text{insul,pumps}}$  la conductivité thermique de l'isolation thermique autour de la pompe, en W/(m.K).

NOTE (\*) Pour la conduite de circulation complète, il est possible de s'écarter des exigences décrites ci-dessus pour  $n_{\text{exc}}$  coudes ou branchements,  $n_{\text{exc}}$  étant déterminé comme ci-dessous.

NOTE (\*\*) Élément de robinetterie : sont considérés dans cette annexe comme élément de robinetterie (à isoler) : collecteur, vanne d'isolement, vanne de régulation, robinet de purge, clapet anti-retour, débourbeur ou pot de décantation et bouteille casse-pression. .

**Cas 2**

Si le cas 1 n'est pas d'application mais que la conduite de circulation et les accessoires satisfont à toutes les exigences ci-dessous, alors  $f_{insul,circ k} = 1,3$ .

- L'isolation de chaque coude (\*) est exécutée dans le même matériau et a la même épaisseur que l'isolation des segments de conduites adjacentes. Elle est posée de manière telle que l'isolation soit continue.
- L'isolation n'est interrompue par aucune fixation de la conduite
- L'isolation de la conduite principale n'est pas interrompue au niveau des branchements (\*) et l'isolation thermique des conduites de puisage, le cas échéant, sera continue par rapport à l'isolation de la conduite principale.

NOTE (\*) Pour la conduite de circulation complète, il est possible de s'écarter des exigences décrites ci-dessus pour  $n_{exc}$  coudes ou branchements,  $n_{exc}$  étant déterminé comme ci-dessous.

### Cas 3

Dans tous les autres cas,  $f_{insul,circ k} = 2$ . Cette valeur est aussi la valeur par défaut.

On détermine la résistance thermique équivalente de l'élément de robinetterie,  $R_{eq,tap}$ , comme suit :

$$\text{Eq. 290 } R_{eq,tap} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{insul,tap}} \ln \left( \frac{D_{e,eq,tap}}{D_{i,eq,tap}} \right) + \frac{1}{h_{se,tap} \cdot \pi \cdot D_{e,eq,tap}} \quad (\text{m.K/W})$$

avec :

$$\text{Eq. 291 } D_{e,eq,tap} = D_{i,eq,tap} + 2 \cdot d_{insul,tap} \quad (\text{m})$$

$$\text{Eq. 292 } D_{i,eq,tap} = \max(D_{i,j}) \quad (\text{m})$$

et :

$\lambda_{insul,tap}$  la conductivité thermique de l'isolation thermique autour de l'élément de robinetterie, en W/(m.K) ;

$D_{e,eq,tap}$  le diamètre extérieur équivalent de l'isolation autour de l'élément de robinetterie, en m ;

$D_{i,eq,tap}$  le diamètre extérieur équivalent de l'élément de robinetterie non isolé, en m ;

$d_{insul,tap}$  la plus courte distance entre les surfaces intérieure et extérieure de l'enveloppe isolante autour de l'élément de robinetterie, ne tenant pas compte des organes de commande, en m ;

$D_{i,j}$  le diamètre extérieur du segment de conduite j non isolée auquel l'élément de robinetterie est connecté, en m ;

$h_{se,tap}$  le total des coefficients de transmission thermique externe (par convection et par rayonnement) de l'élément de robinetterie, en W/(m<sup>2</sup>.K), supposé égal à :

- à l'intérieur du volume protégé :  $h_{se,tap} = 8$  ;
- dans un espace adjacent non chauffé :  $h_{se,tap} = 10$  ;
- à l'extérieur :  $h_{se,tap} = 25$ .

Il faut prendre la valeur maximale de tous les segments de conduite  $j$  connectés à l'élément de robinetterie.

Le nombre de coudes ou de branchements pour lequel le non respect des exigences d'isolation est accepté,  $n_{exc}$ , est déterminé comme suit :

$$\text{Eq. 293 } n_{exc} = \frac{\sum_j l_{circ\ k, j}}{100} \quad (-)$$

avec :

$l_{circ\ k, j}$  la longueur du segment  $j$  de la conduite de circulation  $k$ , en m.

Il faut faire une somme sur tous les segments  $j$  de la conduite de circulation  $k$ . Le résultat doit être arrondi à l'unité supérieure.

On détermine les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une unité PEB habitation individuelle  $l$  qui n'est pas une unité PER,  $Q_{water, ncalc, res, unit\ l, gross, m}$ , comme suit :

$$\text{Eq. 294 } Q_{water, ncalc, res, unit\ l, gross, m} = \frac{\max[64; 64 + 0,220 \cdot (V_{unit\ l} - 192)] \cdot t_m}{\eta_{tubing, ncalc, res, unit\ l}} \quad (\text{MJ})$$

avec :

$V_{unit\ l}$  le volume total de l'unité PEB habitation individuelle  $l$ , en  $m^3$  ;

$t_m$  la longueur du mois considéré, en Ms, voir le Tableau [1] ;

$\eta_{tubing, ncalc, res, unit\ l}$  la contribution au rendement du système des conduites d'eau chaude sanitaire dans l'unité PEB habitation individuelle  $l$ , (-), déterminée comme  $\eta_{tubing, bath\ i}$  avec, par convention :

-  $r_{water, bath\ i, net} = 1$  et

-  $l_{tubing, bath\ i} = 5$  m.

Comme valeur par défaut, on utilise :  $V_{unit\ l} = 0$ .

On détermine les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire  $m$  se trouvant dans une unité PEB non résidentielle et ne faisant pas partie d'une unité PEN,  $Q_{water, ncalc, nres, bath\ m, gross, m}$ , comme suit :

$$\text{Eq. 295 } Q_{water, ncalc, nres, bath\ m, gross, m} = \frac{213 \cdot t_m}{\eta_{tubing, ncalc, nres, bath\ m}} \quad (\text{MJ})$$

avec :

$t_m$  la longueur du mois considéré, en Ms, voir le Tableau [1] ;

$\eta_{tubing, ncalc, nres, bath\ m}$  la contribution au rendement du système des conduites d'eau chaude sanitaire vers une douche ou une baignoire  $m$ , (-), déterminée comme  $\eta_{tubing, bath\ i}$  avec, par convention :

-  $r_{water, bath\ i, net} = 1$  et

-  $l_{tubing, bath\ i} = 5$  m.

On détermine les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un évier de cuisine  $n$  se trouvant dans une unité PEB non résidentielle et ne faisant pas partie d'une unité PEN,  $Q_{\text{water,ncalc,nres,sink } n,\text{gross,m}}$ , comme suit :

$$\text{Eq. 296 } Q_{\text{water,ncalc,nres,sink } n,\text{gross,m}} = \frac{A_{f,\text{sink}} \cdot 30,53 \cdot t_m}{\eta_{\text{tubing,ncalc,nres,sink } n}} \quad (\text{MJ})$$

avec :

$A_{f,\text{sink}}$  la surface d'utilisation des espaces nécessaires à la préparation des repas, en  $\text{m}^2$ , déterminée selon le § 5.10.2 de l'annexe PEN ;

$t_m$  la longueur du mois considéré, en Ms, voir le Tableau [1] ;

$\eta_{\text{tubing,ncalc,nres,sink } n}$  la contribution au rendement du système des conduites d'eau chaude sanitaire vers un évier de cuisine  $n$ , (-), déterminée comme  $\eta_{\text{tubing,sink } i}$  avec, par convention :

- $r_{\text{water,sink } i,\text{net}} = 1$  et
- $l_{\text{tubing,sink } i} = 5 \text{ m.}$

## 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 (SPF). 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.

### 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 un 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 d'une part et d'un ou des appareil(s) connecté(s) non préférentiel(s) d'autre part. Dans le cas (le plus courant) où il n'y a pas d'appareils connectés en parallèle, cela correspond à une part préférentielle de 100%. Les expressions ci-après donnent alors comme résultat une consommation nulle pour les appareils non préférentiels.

Ce principe s'applique également aux pompes à chaleur équipées d'une résistance électrique intégrée, où la pompe à chaleur et la résistance électrique peuvent fonctionner comme des appareils de production connectés en parallèle. Le Ministre peut déterminer des spécifications pour la prise en compte des pompes à chaleur équipées d'une résistance électrique intégrée.

#### 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 :

$$\text{Eq. 93} \quad Q_{\text{heat,final,sec } i,m,\text{pref}} = \frac{f_{\text{heat,m,pref}} \cdot (1 - f_{\text{as,heat,sec } i,m}) \cdot Q_{\text{heat,gross,sec } i,m}}{\eta_{\text{gen,heat,pref}}} \quad (\text{MJ})$$

$$\text{Eq. 297} \quad Q_{\text{heat,final,sec } i,m,\text{npref}} = \sum_k \frac{f_{\text{heat,m,npref } k} \cdot (1 - f_{\text{as,heat,sec } i,m}) \cdot Q_{\text{heat,gross,sec } i,m}}{\eta_{\text{gen,heat,npref } k}} \quad (\text{MJ})$$

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 déterminée ci-dessous ;

$f_{\text{heat,m,npref } k}$  la fraction mensuelle de la production de chaleur totale fournie par le(s) producteur(s) de chaleur non préférentiel(s)  $k$ , tel que déterminée 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 le § 10.4, (-) ;

$Q_{\text{heat,gross,sec } i,m}$  les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique  $i$ , déterminés selon le § 9.2, en MJ ;

$\eta_{\text{gen,heat,pref}}$	le rendement de production mensuel du/des producteur(s) de chaleur préférentiel(s), déterminé selon le § 10.2.3, (-) ;
$\eta_{\text{gen,heat,npref}}$	le rendement de production mensuel du/des producteur(s) de chaleur non préférentiel(s), déterminé selon le § 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 aux § 7.1 et § 7.2.1 de l'annexe PEN au présent arrêté.

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

- s'il n'y a qu'un seul type de générateur de chaleur,  $f_{\text{heat,m,pref}} = 1$ ;
- sinon :
  - si le générateur de chaleur préférentiel n'est ni une cogénération sur site, ni une pompe à chaleur utilisant l'air extérieur comme source de chaleur, les valeurs de  $f_{\text{heat,m,pref}}$  doivent être reprises du Tableau [34]. Pour appliquer le Tableau [34], il faut faire une interpolation linéaire pour les valeurs intermédiaires de  $x_m$  ;
  - si le générateur de chaleur préférentiel est une installation de cogénération, les valeurs de  $f_{\text{heat,m,pref}}$  doivent être reprises du Tableau [10] ;
  - si le générateur de chaleur préférentiel est une pompe à chaleur utilisant l'air extérieur comme source de chaleur, les valeurs de  $f_{\text{heat,m,pref}}$  doivent être reprises du Tableau [35]. Pour appliquer le Tableau [35], il faut faire une interpolation linéaire pour les valeurs intermédiaires de  $x_m$ .

La régulation entre appareils préférentiels et non préférentiels est une "régulation additionnelle de puissance de pointe" si le(s) appareil(s) non préférentiel(s) ne fonctionne(nt) qu'au moment où la demande de puissance est supérieure à la puissance que peut fournir l'appareil préférentiel, et si durant cette période l'appareil préférentiel fonctionne à pleine puissance. Si l'appareil préférentiel est coupé pendant cette période et dans tout autre cas, une "régulation de commutation de puissance de pointe" est d'application.

Un appareil préférentiel est acceptable en tant qu'appareil avec modulation restreinte si la puissance ne peut être modulée sous le seuil des 80% de la puissance nominale, en réponse à une demande de chaleur variable. Sinon, l'appareil est considéré comme appareil préférentiel modulant.

Les valeurs de  $f_{\text{heat,m,pref}}$  sont toujours exprimées en fonction de la variable auxiliaire  $x_m$ . Cette variable auxiliaire est déterminée selon le § 7.3.1 de l'annexe PEN au présent arrêté.

**Tableau [34] : Fraction mensuelle de la chaleur totale fournie par le(s) générateur(s) préférentiel(s),  $f_{\text{heat,m,pref}}$  - cas où le système de production préférentiel n'est ni une cogénération, ni une pompe à chaleur utilisant l'air extérieur comme source de chaleur**

Variable auxiliaire $x_m$	Appareil préférentiel modulant		Appareil préférentiel avec modulation restreinte	
	Régulation de commutation de puissance de pointe	Régulation additionnelle de puissance de pointe	Régulation de commutation de puissance de pointe	Régulation additionnelle de puissance de pointe
$x_m = 0$	1,00	1,00	0	0

$x_m = 0,05$	0,99	1,00	0	0
$x_m = 0,15$	0,97	0,99	0,04	0,06
$x_m = 0,25$	0,93	0,99	0,08	0,14
$x_m = 0,35$	0,87	0,97	0,15	0,25
$x_m = 0,45$	0,78	0,96	0,20	0,38
$x_m = 0,55$	0,62	0,92	0,19	0,49
$x_m = 0,65$	0,48	0,86	0,16	0,55
$x_m = 0,75$	0,35	0,79	0,13	0,56
$x_m = 0,85$	0,28	0,74	0,11	0,57
$x_m = 0,95$	0,25	0,71	0,10	0,56
$x_m = 1,05$	0,16	0,63	0,06	0,53
$x_m = 1,15$	0,15	0,61	0,06	0,52
$x_m = 1,25$	0,14	0,59	0,06	0,52
$x_m = 1,35$	0,09	0,51	0	0,45
$x_m = 1,45$	0,08	0,47	0	0,41
$x_m = 1,55$	0,07	0,46	0	0,41
$x_m = 1,65$	0,07	0,46	0	0,40
$x_m = 1,75$	0,06	0,44	0	0,40
$x_m = 1,85$	0,05	0,44	0	0,37
$x_m = 1,95$	0	0,39	0	0,33
$x_m = 2,05$	0	0,36	0	0,32
$x_m = 2,15$	0	0,35	0	0,31
$x_m = 2,25$	0	0,34	0	0,29
$x_m = 2,35$	0	0,31	0	0,28
$x_m = 2,45$	0	0,30	0	0,28
$x_m = 2,55$	0	0,30	0	0,28
$x_m = 2,65$	0	0,30	0	0,27
$x_m = 2,75$	0	0,28	0	0,26
$x_m = 2,85$	0	0,28	0	0,26
$x_m = 2,95$	0	0,27	0	0,26
$x_m = 3,00$	0	0,25	0	0,24
$3,00 < x_m$	0	0,25	0	0,24

Tableau [10] : Valeurs de la fraction mensuelle de chaleur totale fournie par le(s) générateur(s) préférentiel(s),  $f_{\text{heat},m,\text{pref}}$  - cas où le système de production préférentiel est une cogénération

Cas	Fraction mensuelle
$0 \leq x_m < 0,3$	0
$0,3 \leq x_m < 0,9$	$\frac{2}{3} \cdot x_m - 0,2$
$0,9 \leq x_m < 1,3$	$0,43 \cdot x_m + 0,013$

	$1,3 \leq x_m < 8,9$	$\frac{1,05 \cdot x_m - 0,245}{(x_m + 0,1)^2}$
	$8,9 \leq x_m$	$\frac{1}{x_m}$
$V_{stor,cogen} \geq V_{stor,30 min}$	$0 \leq x_m < 0,05$	0
	$0,05 \leq x_m < 0,35$	$1,66 \cdot x_m - 0,083$
	$0,35 \leq x_m < 0,9$	$0,36 \cdot x_m + 0,376$
	$0,9 \leq x_m < 8,9$	$\frac{1,05 \cdot x_m - 0,245}{(x_m + 0,1)^2}$
	$8,9 \leq x_m$	$\frac{1}{x_m}$

Les symboles présents dans le tableau sont définis comme suit :

$V_{stor,cogen}$  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 au § A.6 de l'annexe PEN au présent arrêté, en m<sup>3</sup>.

Tableau [35] : Valeurs de la fraction mensuelle de chaleur totale fournie par le(s) générateur(s) préférentiel(s),  $f_{\text{heat},m,\text{pref}}$  - cas où le système de production préférentiel est une pompe à chaleur utilisant l'air extérieur comme source de chaleur

Régulation	Régulation de commutation de puissance de pointe						Régulation supplémentaire de puissance de pointe					
	<2,25	<2,50	<2,75	<3,00	<3,50	≥3,50	<2,25	<2,50	<2,75	<3,00	<3,50	≥3,50
$f_{\theta,\text{heat}} \cdot \text{COP}_{\text{test}}$												
$x_m = 0$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$x_m = 0,05$	0,73	0,82	0,91	0,97	0,99	0,99	0,73	0,82	0,91	0,97	1,00	1,00
$x_m = 0,15$	0,65	0,79	0,89	0,94	0,97	0,97	0,65	0,80	0,90	0,96	0,99	0,99
$x_m = 0,25$	0,53	0,68	0,79	0,85	0,93	0,93	0,53	0,70	0,81	0,89	0,98	0,99
$x_m = 0,35$	0,40	0,54	0,66	0,73	0,83	0,84	0,41	0,56	0,69	0,79	0,92	0,96
$x_m = 0,45$	0,33	0,45	0,56	0,64	0,73	0,75	0,34	0,48	0,61	0,72	0,88	0,93
$x_m = 0,55$	0,30	0,41	0,50	0,56	0,62	0,63	0,33	0,46	0,59	0,70	0,84	0,89
$x_m = 0,65$	0,27	0,35	0,42	0,46	0,51	0,52	0,31	0,44	0,56	0,66	0,80	0,84
$x_m = 0,75$	0,23	0,28	0,33	0,37	0,40	0,41	0,31	0,42	0,54	0,63	0,74	0,78
$x_m = 0,85$	0,20	0,25	0,29	0,31	0,34	0,34	0,31	0,42	0,53	0,61	0,71	0,74
$x_m = 0,95$	0,17	0,21	0,24	0,27	0,29	0,30	0,30	0,40	0,49	0,57	0,67	0,71
$x_m = 1,05$	0,13	0,15	0,18	0,20	0,21	0,21	0,28	0,38	0,46	0,53	0,62	0,64
$x_m = 1,15$	0,12	0,15	0,17	0,18	0,20	0,20	0,26	0,36	0,45	0,51	0,60	0,62
$x_m = 1,25$	0,11	0,13	0,15	0,17	0,18	0,18	0,25	0,33	0,41	0,48	0,57	0,60
$x_m = 1,35$	0,07	0,09	0,10	0,11	0,11	0,12	0,25	0,33	0,40	0,45	0,52	0,53
$x_m = 1,45$	0,05	0,06	0,08	0,09	0,09	0,10	0,20	0,27	0,34	0,40	0,47	0,49
$x_m = 1,55$	0	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,17	0,24	0,30	0,36	0,44	0,47
$x_m = 1,65$	0	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	0,17	0,24	0,30	0,36	0,44	0,47
$x_m = 1,75$	0	0,05	0,06	0,07	0,07	0,07	0,17	0,24	0,30	0,36	0,44	0,47
$x_m = 1,85$	0	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,17	0,24	0,30	0,36	0,44	0,47
$x_m = 1,95$	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,17	0,24	0,30	0,36	0,40	0,40
$x_m = 2,05$	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,17	0,24	0,30	0,36	0,40	0,40
$x_m = 2,15$	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0,17	0,24	0,30	0,30	0,36	0,40
$x_m = 2,25$	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0,17	0,24	0,30	0,30	0,36	0,36
$x_m = 2,35$	0	0	0	0	0,05	0,05	0,17	0,24	0,30	0,30	0,32	0,32
$x_m = 2,45$	0	0	0	0	0	0	0,17	0,24	0,30	0,30	0,30	0,32
$x_m = 2,55$	0	0	0	0	0	0	0,17	0,24	0,30	0,30	0,30	0,32
$x_m = 2,65$	0	0	0	0	0	0	0,17	0,24	0,30	0,30	0,30	0,32
$x_m = 2,75$	0	0	0	0	0	0	0,10	0,16	0,20	0,24	0,27	0,30
$x_m = 2,80$	0	0	0	0	0	0	0,10	0,14	0,18	0,20	0,25	0,25
$2,80 < x_m$	0	0	0	0	0	0	0,10	0,14	0,18	0,20	0,25	0,25

Les symboles représentés dans le tableau sont définis comme suit :

$\text{COP}_{\text{test}}$  le coefficient de performance de la pompe à chaleur, déterminé selon § 10.2.3.3, (-) ;

$f_{\theta, \text{heat}}$  un facteur de correction pour la différence entre la température de départ de conception vers le système d'émission de chaleur (ou installations à accumulation, dans ce cas-ci) et la température de sortie du condenseur, déterminé selon § 10.2.3.3, (-).

S'il y a un générateur de chaleur non préférentiel pour le secteur énergétique considéré, ou si tous les générateurs de chaleurs non préférentiels ont le même rendement de production selon le § 10.2.3 (et utilisent le même vecteur énergétique), la fraction mensuelle pour le chauffage du/des générateur(s) non préférentiel(s)  $k$  est déterminé comme suit :

$$\text{Eq. 298 } f_{\text{heat}, m, \text{npref } k} = 1 - f_{\text{heat}, m, \text{pref}} \quad (-)$$

S'il y a plusieurs générateurs de chaleur non préférentiels avec différents rendements de production selon le § 10.2.3 (et/ou s'ils utilisent différents vecteurs énergétiques), la fraction mensuelle pour le chauffage du/des générateur(s) non préférentiel(s)  $k$  est déterminée comme suit :

$$\text{Eq. 299 } f_{\text{heat}, m, \text{npref}, k} = (1 - f_{\text{heat}, m, \text{pref}}) \cdot \frac{P_{\text{gen}, \text{heat}, \text{npref } k}}{\sum_k P_{\text{gen}, \text{heat}, \text{npref } k}} \quad (-)$$

où :

$f_{\text{heat}, m, \text{npref } k}$  la fraction mensuelle de la production de chaleur totale fournie par le(s) générateur(s) non préférentiel(s)  $k$ , (-) ;

$f_{\text{heat}, m, \text{pref}}$  la fraction mensuelle de la production de chaleur totale fournie par le(s) générateur(s) préférentiel(s), (-) ;

$P_{\text{gen}, \text{heat}, \text{npref } k}$  la puissance nominale totale du/des générateur(s) non préférentiel(s)  $k$ , en kW.

Il faut effectuer une somme sur tous les générateurs de chaleur non préférentiels  $k$ .

NOTE 1 La puissance nominale des chaudières est la puissance nominale visée par la Directive européenne Chaudières.

NOTE 2 La puissance thermique des pompes à chaleur est déterminée selon la norme NBN EN 14511, dans les conditions de test explicitées au § 10.2.3.3.

NOTE 3 La puissance thermique d'une installation de cogénération sur site est déterminée selon la méthode pour les appareils au gaz.

### **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.

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

#### **10.2.3.2 Rendement de production de producteurs de chaleur qui ne sont pas des pompes à chaleur électriques**

On trouve le rendement de production dans le Tableau [11]. Pour la plupart des types d'appareil, des valeurs par défaut sont reprises dans la troisième colonne du tableau.

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

Appareil de production de chaleur	Rendement de production $\eta_{\text{gen,heat}}$	
	Calcul détaillé	Valeurs par défaut
<b>Chauffage central</b>		
chaudière à eau chaude à condensation (1) (2)	$f_{\text{NCV/GCV}}[\eta_{30\%} + 0,003 \cdot (\theta_{30\%} - \theta_{\text{ave,boiler}})]$	0,73
chaudière à eau chaude non à condensation (1) (2)	$f_{\text{NCV/GCV}} \eta_{30\%}$	0,73
générateur d'air chaud (1)	$f_{\text{NCV/GCV}} \eta_{30\%}$	0,73
cogénération sur site	$\varepsilon_{\text{cogen,th}}$	- <sup>6</sup>
fourniture de chaleur externe	$\eta_{\text{heat,dh}}$	0,97
chauffage électrique par résistance (1)	1,00	1,00
<b>Chauffage local (3)</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 à température 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. Si l'on ne

<sup>6</sup> Le rendement de conversion thermique d'une cogénération est déterminé selon le § A.2 de l'annexe PEN au présent arrêté. Vu que la performance d'une cogénération est déterminée sur base de rendements fixes déterminés en fonction de la puissance électrique, aucune valeur par défaut n'est spécifiée. Une méthode simplifiée pour la détermination de la puissance électrique pourrait éventuellement être précisée au § A.2.1 de l'annexe PEN au présent arrêté.

<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).

sait pas exactement comment la chaudière est contrôlée, il est supposé qu'un tel système de régulation existe (et que la chaudière ne peut pas se refroidir).

(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 spécifications déterminées 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 sur base d'une demande d'équivalence ou, si elles existent, selon des spécifications déterminées par le Ministre. A défaut, on peut également utiliser une valeur par défaut de 0,73.

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 la présente annexe ;
$\eta_{30\%}$	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 ;
$\theta_{\text{ave,boiler}}$	la température moyenne saisonnière de l'eau de la chaudière à appliquer, tel que déterminé ci-dessous, en °C ;
$\epsilon_{\text{cogen,th}}$	le rendement de conversion thermique pour une cogénération sur site, tel que déterminé au § A.2 de l'annexe PEN au présent arrêté ;
$\eta_{\text{heat,dh}}$	le rendement pour une fourniture de chaleur externe, à calculer selon des spécifications déterminées par le Ministre.

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

$$\text{Eq. 95} \quad \theta_{\text{ave,boiler}} = 6,4 + 0,63 \cdot \theta_{\text{return,design}} \quad (^\circ\text{C})$$

où :

$\theta_{\text{ave,boiler}}$	la température moyenne saisonnière de l'eau de la chaudière à utiliser, en °C ;
$\theta_{\text{return,design}}$	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>.

<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.

On peut introduire des valeurs meilleures conformément à des spécifications déterminées par le Ministre ou, à défaut, sur base d'une demande d'équivalence.

Le rendement de production d'un système dit "Combilus" est calculé selon des spécifications déterminées par le Ministre.

### **10.2.3.3 Rendement de production des pompes à chaleur électriques**

En présence de pompes à chaleur électriques, le rendement de production est assimilé au facteur de performance saisonnière moyen (SPF). 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 saisonnière 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 déterminer des spécifications pour calculer le  $COP_{test}$  et le SPF.

#### **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 au § 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.

La valeur par défaut pour  $\eta_{\text{gen,heat}}$  pour les pompes à chaleur utilisant l'air comme source de chaleur et comme fluide caloporteur est fixé à 1,25. Pour tous les autres types de pompes à chaleur, la valeur par défaut pour  $\eta_{\text{gen,heat}}$  est fixée à 2,00. On peut également déterminer le rendement de production en détail selon la méthode suivante.

On suppose alors dans ce cas que le rendement de production des pompes à chaleur est égal au facteur de performance saisonnière moyen, SPF :

$$\text{Eq. 96} \quad \eta_{\text{gen,heat}} = \text{SPF} \quad (-)$$

avec :

$$\text{Eq. 97} \quad \text{SPF} = f_{\theta,\text{heat}} \cdot f_{\Delta\theta} \cdot f_{\text{pumps}} \cdot f_{\text{AHU}} \cdot \text{COP}_{\text{test}} \quad (-)$$

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 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 COP<sub>test</sub>**

Source de chaleur	Emission de chaleur	Conditions de test
<b>sur base du Tableau 3 de la norme 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 norme 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

sur base du Tableau 7 de la norme NBN EN 14511-2		
sol par l'intermédiaire d'un circuit hydraulique	eau	B0/W35
sol par l'intermédiaire d'eau souterraine	eau	W10/W35
sur base du Tableau 12 de la norme NBN EN 14511-2		
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
où :		
A air comme vecteur (air). Le chiffre qui suit est la température d'entrée au bulbe sec, en °C.		
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.		
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.		

NOTE : certaines conditions d'essai correspondent aux "standard rating conditions" de la norme 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 :

$$\text{Eq. 98} \quad f_{\theta,heat} = 1 + 0,01 \cdot (43 - \theta_{supply, design}) \quad (-)$$

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 spécifications déterminées 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 :

$$\text{Eq. 99} \quad f_{\Delta\theta} = 1 + 0,01 \cdot (\Delta\theta_{\text{design}} - \Delta\theta_{\text{test}}) \quad (-)$$

avec :

$\Delta\theta_{\text{design}}$  l'écart de température entre le départ et le retour du système d'émission (ou, le cas échéant, le stockage de chaleur) dans les conditions de conception, en °C ;

$\Delta\theta_{\text{test}}$  l'augmentation de température de l'eau à travers le condenseur, déterminée lors des essais selon la norme NBN EN 14511, en °C.

On peut prendre  $f_{\Delta\theta} = 0,93$  comme valeur par défaut.

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

- 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 :

$$\text{Eq. 100} \quad f_{\text{pumps}} = \frac{1}{1 + P_{\text{pumps}}/P_{\text{HP}}} \quad (-)$$

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).

$$\text{Eq. 101} \quad f_{\text{AHU}} = \frac{0,51 + 0,7 \min(\dot{V}_{\text{supply}}; \dot{V}_{\text{extr}}) / \dot{V}_{\text{max}}}{0,51 + 0,7 \dot{V}_{\text{test}} / \dot{V}_{\text{max}}} \quad (-)$$

<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.

On peut prendre comme valeur par défaut :  $f_{AHU} = 0,51$

- 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 :

$$\text{Eq. 102 } f_{AHU} = \frac{0,75 + 0,35 \dot{V}_{\text{extr}}/\dot{V}_{\text{max}}}{0,75 + 0,35 \dot{V}_{\text{test}}/\dot{V}_{\text{max}}} \quad (-)$$

On peut prendre comme valeur par défaut :  $f_{AHU} = 0,75$

- 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 :

$$\text{Eq. 103 } f_{AHU} = \frac{0,75 + 0,35 \dot{V}_{\text{supply}}/\dot{V}_{\text{max}}}{0,75 + 0,35 \dot{V}_{\text{test}}/\dot{V}_{\text{max}}} \quad (-)$$

On peut prendre comme valeur par défaut :  $f_{AHU} = 0,75$

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

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  $\text{m}^3/\text{h}$  lors de l'essai selon la norme NBN EN 14511 ;

$\dot{V}_{\text{extr}}$  le débit d'évacuation de conception dans l'installation en  $\text{m}^3/\text{h}$  ;

$\dot{V}_{\text{supply}}$  le débit d'alimentation de conception dans l'installation en  $\text{m}^3/\text{h}$ .

### 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 un ou plusieurs appareil(s) non préférentiel(s), de manière tout à fait analogue au cas du chauffage. Dans le cas (le plus courant) où il n'y a pas d'appareil monté en 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.

Ce principe s'applique également aux pompes à chaleur équipées d'une résistance électrique intégrée, où la pompe à chaleur et la résistance électrique peuvent fonctionner comme des appareils de production connectés en parallèle.

Exception : si le rendement de production d'une pompe à chaleur équipée d'une résistance électrique intégrée est déterminé selon le § 10.3.3.4.1 et que la résistance électrique était activée lors du test réalisé conformément au

Règlement Européen concerné, l'appareil est considéré comme un seul générateur. Si le rendement de production d'une pompe à chaleur équipée d'une résistance électrique intégrée est déterminé selon le § 10.3.3.4.1 et que la résistance électrique n'était pas activée lors du test réalisé conformément au Règlement Européen concerné, cette exception ne s'applique pas, le formalisme préférentiel/non-préférentiel est conservé et le rendement de production de la résistance électrique intégrée est déterminé selon le § 10.3.3.4.2.

### 10.3.2 Règle de calcul

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

$$\text{Eq. 104 } Q_{\text{water, bath } i, \text{final, m, pref}} = \frac{f_{\text{water, bath } i, \text{m, pref}} \cdot (1 - f_{\text{as, water, bath } i, \text{m}}) \cdot Q_{\text{water, bath } i, \text{gross, m}}}{\eta_{\text{gen, water, bath } i, \text{m, pref}} \cdot \eta_{\text{stor, water, bath } i, \text{m, pref}}} \quad (\text{MJ})$$

$$\text{Eq. 300 } Q_{\text{water, bath } i, \text{final, m, npref}} = \sum_k \frac{f_{\text{water, bath } i, \text{m, npref } k} \cdot (1 - f_{\text{as, water, bath } i, \text{m}}) \cdot Q_{\text{water, bath } i, \text{gross, m}}}{\eta_{\text{gen, water, bath } i, \text{m, npref } k} \cdot \eta_{\text{stor, water, bath } i, \text{m, npref } k}} \quad (\text{MJ})$$

$$\text{Eq. 106 } Q_{\text{water, sink } i, \text{final, m, pref}} = \frac{f_{\text{water, sink } i, \text{m, pref}} \cdot (1 - f_{\text{as, water, sink } i, \text{m}}) \cdot Q_{\text{water, sink } i, \text{gross, m}}}{\eta_{\text{gen, water, sink } i, \text{m, pref}} \cdot \eta_{\text{stor, water, sink } i, \text{m, pref}}} \quad (\text{MJ})$$

$$\text{Eq. 301 } Q_{\text{water, sink } i, \text{final, m, npref}} = \sum_k \frac{f_{\text{water, sink } i, \text{m, npref } k} \cdot (1 - f_{\text{as, water, sink } i, \text{m}}) \cdot Q_{\text{water, sink } i, \text{gross, m}}}{\eta_{\text{gen, water, sink } i, \text{m, npref } k} \cdot \eta_{\text{stor, water, sink } i, \text{m, npref } k}} \quad (\text{MJ})$$

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 [34], Tableau [10] ou Tableau [35] selon le cas ;

- si plusieurs producteurs de chaleur sont raccordés en parallèles et que ces appareils assurent uniquement la préparation de l'eau chaude sanitaire, on tire la valeur du Tableau [36] ;

$f_{\text{water, m, npref } k}$  la fraction mensuelle de la fourniture totale de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire par le(s) producteur(s) de chaleur non préférentiel(s) k, avec l'indice 'bath i' ou 'sink i' selon le cas (-) :

- s'il y a seulement un appareil, on a :

$$\text{Eq. 302 } f_{\text{water, m, npref } k} = 1 - f_{\text{water, m, pref}} \quad (-)$$

	- si plusieurs producteurs de chaleur sont raccordés en parallèle et que ces appareils assurent également le chauffage, on détermine la valeur de $f_{water,m,npref k}$ selon le § 10.2.2 ;
	- si plusieurs producteurs de chaleur sont raccordés en parallèle et que ces appareils assurent uniquement la préparation de l'eau chaude sanitaire, on détermine la valeur de $f_{water,m,npref k}$ comme expliqué ci-dessous ;
$f_{as,m}$	la part des besoins de chaleur totaux couverte par le système d'énergie solaire thermique, déterminée selon le § 10.4 avec les indices 'water,bath i' et 'water,sink i' pour la préparation de l'eau chaude sanitaire respectivement, soit pour la douche/baignoire, soit pour l'évier de cuisine ;
$Q_{water,bath i,gross,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire i, déterminés selon le § 9.3.1, en MJ ;
$Q_{water,sink i,gross,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un évier de cuisine i, déterminés selon le § 9.3.1, en MJ ;
$\eta_{gen,water,bath i,m,pref}$	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 le § 10.3.3, (-) ;
$\eta_{gen,water,bath i,m,npref k}$	le rendement de production mensuel du/des producteur(s) de chaleur non préférentiel(s) k pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou une baignoire i, déterminé selon le § 10.3.3, (-) ;
$\eta_{gen,water,sink i,m,pref}$	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 le § 10.3.3, (-) ;
$\eta_{gen,water,sink i,m,npref k}$	le rendement de production mensuel du/des producteur(s) de chaleur non préférentiel(s) k pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine i, déterminé selon le § 10.3.3, (-) ;
$\eta_{stor,water,bath i,m,pref}$	et $\eta_{stor,water,bath i,m,npref k}$ le rendement de stockage mensuel du ballon d'eau chaude pour la douche ou la baignoire i, connectée, selon l'indice 'pref' ou 'npref k', au(x) producteur(s) préférentiel(s) ou non préférentiel(s), déterminé selon le § 10.3.3, (-) ;
$\eta_{stor,water,sink i,m,pref}$	et $\eta_{stor,water,sink i,m,npref k}$ le rendement de stockage mensuel du ballon d'eau chaude pour l'évier i, connecté, selon l'indice 'pref' ou 'npref k', au(x) producteur(s) préférentiel(s) ou non préférentiel(s), déterminé selon le § 10.3.3, (-).

Si le ballon d'eau chaude est connecté au(x) producteur(s) préférentiel(s) et au(x) producteur(s) non préférentiel(s) k (ce qui est souvent le cas), on a, avec l'indice 'bath i' ou 'sink i' selon le cas :

$$\text{Eq. 255 } \eta_{stor,water,m,pref} = \eta_{stor,water,m,npref k} \quad (-)$$

Les valeurs pour  $f_{water,m,pref}$  données dans le Tableau [36] sont exprimées en fonction de la variable auxiliaire  $x_m$ , déterminé selon le § 7.3.1 de l'annexe PEN du présent arrêté.

**Tableau [36] : Fractions mensuelles de la chaleur totale fournie par le(s) générateur(s) préférentiel(s) pour la production de l'eau chaude sanitaire,**  
 $f_{\text{water,m,pref}}$

Variable auxiliaire $x_m$	Fraction mensuelle
$x_m = 0$	1,00
$x_m = 0,05$	1,00
$x_m = 0,15$	0,99
$x_m = 0,25$	0,98
$x_m = 0,35$	0,96
$x_m = 0,45$	0,93
$x_m = 0,55$	0,93
$x_m = 0,65$	0,90
$x_m = 0,75$	0,69
$x_m = 0,85$	0,56
$x_m = 0,95$	0,51
$x_m = 1,0$	0,48
$1,0 < x_m$	$0,4765 \cdot x_m^{-0.998}$

S'il y a plusieurs producteurs de chaleurs non préférentiels avec différents rendements de production selon le § 10.2.3 (et/ou qui utilisent différents vecteurs énergétiques) qui n'assurent que la production d'eau chaude sanitaire, les fractions mensuelles pour l'eau chaude sanitaire du/des producteur(s) non préférentiel(s) k sont déterminées comme suit :

$$\text{Eq. 303 } f_{\text{water,m,npref,k}} = (1 - f_{\text{water,m,pref}}) \cdot \frac{P_{\text{gen,water,npref,k}}}{\sum_k P_{\text{gen,water,npref,k}}} \quad (-)$$

où :

$f_{\text{water,m,npref,k}}$  la fraction mensuelle de la chaleur totale fournie pour la préparation d'eau chaude sanitaire par le(s) producteur(s) de chaleur non préférentiel(s) k, (-) ;

$f_{\text{water,m,pref}}$  la fraction mensuelle de la chaleur totale fournie pour la préparation d'eau chaude sanitaire par le(s) producteur(s) de chaleur préférentiel(s), (-) ;

$P_{\text{gen,water,npref,k}}$  la puissance nominale totale du/des producteur(s) de chaleur non préférentiel(s) k, pour la préparation d'eau chaude sanitaire, en kW.

Il faut effectuer une somme sur tous les générateurs de chaleur non préférentiels k.

NOTE 1 La puissance nominale des chaudières est la puissance nominale visée par la Directive européenne Chaudières.

NOTE 2 La puissance thermique des pompes à chaleur est déterminée selon la norme NBN EN 14511, dans les conditions de test explicitées au § 10.2.3.3.

NOTE 3 La puissance thermique d'une installation de cogénération sur site est déterminée selon la méthode pour les appareils au gaz.

### **10.3.3 Rendements de production et de stockage pour l'eau chaude sanitaire**

#### **10.3.3.1 Principe**

Les rendements de production et de stockage pour l'eau chaude sanitaire sont déterminés, lorsque c'est possible, à l'aide de données produits établies de manière harmonisée à travers l'Union européenne.

A cette fin, le présent texte fait référence à deux Directives européennes :

- la Directive 2009/125/CE du 21 octobre 2009, dite "Directive écodesign", établissant un cadre pour la fixation d'exigences en matière d'écoconception applicables aux produits liés à l'énergie ;
- la Directive 2010/30/UE du 19 mai 2010 concernant l'indication, par voie d'étiquetage et d'informations uniformes relatives aux produits, de la consommation en énergie et en autres ressources des produits liés à l'énergie ;

et, plus particulièrement, aux Règlements (délégés) qui complètent ces Directives :

- le Règlement délégué (UE) n°811/2013 de la Commission du 18 février 2013, complétant la Directive 2010/30/UE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne l'étiquetage énergétique des dispositifs de chauffage des locaux, des dispositifs de chauffage mixtes, des produits combinés constitués d'un dispositif de chauffage des locaux, d'un régulateur de température et d'un dispositif solaire et des produits combinés constitués d'un dispositif de chauffage mixte, d'un régulateur de température et d'un dispositif solaire ;
- le Règlement délégué (UE) n°812/2013 de la Commission du 18 février 2013, complétant la Directive 2010/30/UE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne l'étiquetage énergétique des chauffe-eau, des ballons d'eau chaude et des produits combinés constitués d'un chauffe-eau et d'un dispositif solaire ;
- le Règlement (UE) n°813/2013 de la Commission du 2 août 2013, portant application de la Directive 2009/125/CE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les exigences d'écoconception applicables aux dispositifs de chauffage des locaux et aux dispositifs de chauffage mixtes ;
- le Règlement (UE) n°814/2013 de la Commission du 2 août 2013, portant application de la Directive 2009/125/CE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les exigences d'écoconception applicables aux chauffe-eau et aux ballons d'eau chaude.

L'énergie électrique consommée par les auxiliaires pour l'eau chaude sanitaire est, le cas échéant, comprise dans le rendement de production.

#### **10.3.3.2 Classement de systèmes de production d'eau chaude sanitaires**

Les systèmes de production d'eau chaude sanitaire peuvent être classés en plusieurs catégories :

- les systèmes qui sont soumis au Règlement délégué (UE) n°811/2013, c'est-à-dire, sauf exceptions prévus dans le Règlement, les systèmes de production pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire, d'une puissance nominale inférieure ou égale à 70 kW ;
- les systèmes qui sont soumis au Règlement (UE) n°813/2013, c'est-à-dire, sauf exceptions prévus dans le Règlement, les systèmes de production pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire, d'une puissance nominale inférieure ou égale à 400 kW ;

- les systèmes qui sont soumis au Règlement délégué (UE) n°812/2013, c'est-à-dire, sauf exceptions prévus dans le Règlement, les systèmes de production d'eau chaude sanitaire uniquement, d'une puissance nominale inférieure ou égale à 70 kW et dont le stockage éventuel est inférieur ou égal à 500 litres ;
- les systèmes qui sont soumis au Règlement (UE) n°814/2013, c'est-à-dire, sauf exceptions prévus dans le Règlement, les systèmes de production d'eau chaude sanitaire uniquement, d'une puissance nominale inférieure ou égale à 400 kW et dont le stockage éventuel est inférieur ou égal à 2000 litres ;
- les systèmes non soumis à l'un des Règlements précités. Parmi les systèmes non soumis à l'un des Règlements précités, on retrouve notamment les producteurs de chaleur conçus spécifiquement pour utiliser des combustibles gazeux ou liquides produits à partir de la biomasse, ou des combustibles solides (par exemple, pellets, charbon), les dispositifs de cogénération dont la puissance électrique maximale est égale ou supérieure à 50 kW.

### **10.3.3.3 Données nécessaires au calcul des rendements de production et de stockage pour l'eau chaude sanitaire**

Les termes mentionnés en italique et soulignés sont définis dans le Règlement applicable (seule la première occurrence du terme est mise en italique et soulignée).

Les conditions climatiques à prendre en considération, si nécessaire, sont les conditions climatiques moyennes, telles que définies dans les Règlements précités.

#### *10.3.3.3.1 Systèmes soumis au Règlement délégué (UE) n°811/2013 ou au Règlement délégué (UE) n°812/2013*

Pour les systèmes soumis au Règlement délégué (UE) n°811/2013 ou au Règlement délégué (UE) n°812/2013, les données d'entrée nécessaires au calcul des rendements de production et de stockage sont les suivantes, telles que définies dans le Règlement délégué (UE) n°811/2013 et le Règlement délégué (UE) n°812/2013 :

- l'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau  $\eta_{wh}$ , en %, ou, à défaut, la classe d'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau ;
- le profil de soutirage déclaré ;
- le cas échéant : les pertes statiques [d'un ballon d'eau chaude]  $S$ , en W.

Ces données peuvent provenir d'une des sources suivantes :

- une étiquette telle que définie à l'annexe III du Règlement applicable ;
- une fiche de produit conforme à l'annexe IV du Règlement applicable ;
- une documentation technique conforme à l'annexe V du Règlement applicable ;
- des "informations à fournir" dans les cas prévus par l'annexe VI du Règlement applicable.

Pour les chauffe-eau solaires, l'efficacité énergétique (ou, le cas échéant, la classe d'efficacité énergétique) est l'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau du générateur de chaleur  $\eta_{wh, nonsol}$ , tel que défini à l'annexe VIII du Règlement applicable, les performances du capteur solaire étant évaluées selon le § 10.4. Toutefois, si  $\eta_{wh, nonsol}$  n'est pas disponible, le chauffe-eau solaire

est évalué selon les § 10.3.3.3.3 et 10.3.3.4.2, et ce même s'il est soumis à un des Règlements précités.

Pour les *produits combinés* avec un *dispositif solaire*, l'efficacité énergétique (ou, le cas échéant, la classe d'efficacité énergétique) à prendre en considération est l'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau seul, sans tenir compte du dispositif solaire, dont les performances sont évaluées selon le § 10.4.

Si l'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau  $\eta_{wh}$  n'est pas connue, mais que la classe d'efficacité est connue, l'efficacité  $\eta_{wh}$  peut être prise comme l'efficacité énergétique minimale de la classe d'efficacité énergétique pour le profil de soutirage déclaré correspondant, telle que définie dans le Règlement délégué (UE) n°811/2013 et le Règlement délégué (UE) n°812/2013 et reprise au Tableau [30].

**Tableau [30] : Efficacité énergétique  $\eta_{wh}$  minimale, en %, des classes d'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau, selon les profils de soutirage déclaré, selon les Règlements délégués (UE) n°811/2013 et (UE) n°812/2013**

		Profil de soutirage déclaré							
		3XS	XXS	XS	S	M	L	XL	XXL
Classe d'efficacité énergétique	A+++	62	62	69	90	163	188	200	213
	A++	53	53	61	72	130	150	160	170
	A+	44	44	53	55	100	115	123	131
	A	35	35	38	38	65	75	80	85
	B	32	32	35	35	45	50	55	60
	C	29	29	32	32	36	37	38	40
	D	26	26	29	29	33	34	35	36
	E	22	23	26	26	30	30	30	32
	F	19	20	23	23	27	27	27	28

NOTE 1 En vertu du Règlement (UE) n°813/2013 et du Règlement (UE) n°814/2013, il n'est plus autorisé, depuis le 26 septembre 2015, à mettre sur le marché des chauffe-eau dont l'efficacité énergétique est inférieure à l'efficacité énergétique minimale de la classe E (sauf exception définie dans le Règlement (UE) n°814/2013).

NOTE 2 Le Règlement délégué (UE) n°811/2013 et le Règlement délégué (UE) n°812/2013 définissent une classe G, pour les systèmes dont l'efficacité énergétique est inférieure à l'efficacité énergétique minimale de la classe F. Etant donné la note 1 ci-dessus et la valeur par défaut dont il est question ci-dessous, cette classe n'a pas été reprise au Tableau [30].

Si ni l'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau, ni la classe d'efficacité énergétique ne sont connues ou si le profil de soutirage déclaré n'est pas connu, la valeur par défaut  $\eta_{wh} = 22\%$  s'applique.

#### 10.3.3.3.2 Systèmes soumis au Règlement (UE) n°813/2013 ou au Règlement (UE) n°814/2013

Sont visés ici les systèmes soumis au Règlement (UE) n°813/2013 ou au Règlement (UE) n°814/2013 mais non soumis au Règlement délégué (UE) n°811/2013 ou au

---

Règlement délégué (UE) n°812/2013, c'est-à-dire les systèmes dont la puissance nominale est supérieure à 70 kW et inférieure ou égale à 400 kW ou dont le stockage éventuel est supérieur à 500 litres et inférieur ou égal à 2000 litres. Pour ces systèmes, les données d'entrée nécessaires au calcul des rendements de production et de stockage sont les suivantes, telles que définies dans le Règlement (UE) n°813/2013 et le Règlement (UE) n°814/2013 :

- l'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau  $\eta_{wh}$ , en % ;
- le profil de soutirage déclaré ;
- le cas échéant : les pertes statiques [d'un ballon d'eau chaude] S, en W.

Ces données peuvent provenir d'une documentation technique ou d'une autre source d'information conforme aux exigences de l'article 4 et à l'annexe II du Règlement applicable.

Pour les produits combinés avec un dispositif solaire, l'efficacité énergétique à prendre en considération est l'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau seul, sans tenir compte du dispositif solaire, dont les performances seront évaluées sont le § 10.4.

Si l'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau ou si le profil de soutirage déclaré n'est pas connu, la valeur par défaut  $\eta_{wh} = 32\%$  s'applique.

#### 10.3.3.3.3 *Systèmes non soumis aux Règlements précités*

Pour les systèmes non soumis au Règlement délégué (UE) n°811/2013, au Règlement délégué (UE) n°812/2013, au Règlement (UE) n°813/2013 ou au Règlement (UE) n°814/2013, aucune donnée spécifique n'est nécessaire. Les rendements de production et de stockage sont évalués en fonction de caractéristiques générales du système.

### 10.3.3.4 Règles de calcul des rendements de production et de stockage pour l'eau chaude sanitaire

#### 10.3.3.4.1 Systèmes soumis aux Règlements précités

Les rendements de production  $\eta_{\text{gen,water}}$  et de stockage  $\eta_{\text{stor,water}}$  d'un système dit "Combilus" sont calculés selon des spécifications déterminées par le Ministre.

#### Rendement de production $\eta_{\text{gen,water}}$

Pour les systèmes de production d'eau chaude sanitaire soumis au Règlement délégué (UE) n°811/2013, au Règlement délégué (UE) n°812/2013, au Règlement (UE) n°813/2013 ou au Règlement (UE) n°814/2013, le rendement de production (par rapport au pouvoir calorifique supérieur)  $\eta_{\text{gen,water}}$  est déterminé selon l'Eq. 256.

**Eq. 256** si le vecteur énergétique est différent de l'électricité :

$$\eta_{\text{gen,water}} = (\eta_{\text{wh}} / 100) \cdot f_{\text{stor>gen,water}} \cdot f_{\text{dim,gen,water}}$$

si le vecteur énergétique est l'électricité :

$$\eta_{\text{gen,water}} = (\eta_{\text{wh}} / 100) \cdot CC \cdot f_{\text{stor>gen,water}} \cdot f_{\text{dim,gen,water}} \quad (-)$$

avec :

$\eta_{\text{wh}}$	l'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau, exprimée par rapport au pouvoir calorifique supérieur, en %, déterminé comme expliqué aux § 10.3.3.3.1 ou 10.3.3.3.2 ;
CC	le coefficient de conversion [pour l'électricité], tel que défini dans les Règlements précités, (-), et valant 2,50 ;
$f_{\text{stor>gen,water}}$	un facteur de correction pour tenir compte de l'influence du stockage sur le rendement de production, (-), déterminé comme expliqué ci-dessous ;
$f_{\text{dim,gen,water}}$	un facteur de correction pour tenir compte du dimensionnement du système de production d'eau chaude sanitaire, (-) ; actuellement, ce facteur est conventionnellement fixé à 1,00.

#### Facteur de correction $f_{\text{stor>gen,water}}$ et rendement de stockage $\eta_{\text{stor,water}}$

S'il n'y a pas de stockage (production instantanée), ou si l'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau chaude sanitaire est déterminée en intégrant la présence du stockage (par exemple, ballon d'eau chaude intégré au producteur d'eau chaude sanitaire), on a :

- $f_{\text{stor>gen,water}} = 1,00$  ;
- $\eta_{\text{stor,water}} = 1,00$ .

S'il y a un stockage et si l'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau chaude sanitaire est déterminée sans tenir compte de la présence du stockage (par exemple, ballon d'eau chaude séparé), ou si on ne sait pas si l'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau est déterminée en intégrant ou non la présence du stockage, on a :

- $f_{\text{stor>gen,water}} = 1,02$  ;
- $\eta_{\text{stor,water,m}}$  est déterminé mensuellement selon :

$$\text{Eq. 257 } \eta_{\text{stor,water,m}} = \frac{Q_{\text{stor,water,gross,m}}}{(Q_{\text{stor,water,gross,m}} + Q_{\text{loss,stor,water,m}})} \quad (-)$$

où :

$Q_{\text{stor,water,gross,m}}$  les besoins mensuels bruts en énergie totaux pour l'eau chaude sanitaire de tous les points de puisage connectés au

ballon d'eau chaude sanitaire, en MJ, déterminé selon l'Eq. 258 ;

$Q_{\text{loss,stor,water,m}}$  les pertes mensuelles de stockage du ballon d'eau chaude sanitaire, en MJ, déterminé selon l'Eq. 259 ;

avec :

$$\text{Eq. 258 } Q_{\text{stor,water,gross,m}} = \sum_{\text{bath } j} Q_{\text{water,bath } j,\text{gross,m}} + \sum_{\text{sink } k} Q_{\text{water,sink } k,\text{gross,m}} \quad (\text{MJ})$$

où :

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

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

Il faut faire la somme pour toutes les douches ou baignoires  $j$  et tous les éviers  $k$  connectés au ballon d'eau chaude sanitaire.

Les pertes mensuelles de stockage du ballon d'eau chaude sanitaire sont données par :

$$\text{Eq. 259 } Q_{\text{loss,stor,water,m}} = S \cdot t_m \quad (\text{MJ})$$

avec :

$S$  les pertes statiques du ballon d'eau chaude couplé au producteur, en W, telle que définies au § 10.3.3.3, ou à défaut selon l'Eq. 260 ;

$t_m$  la durée du mois considéré, en Ms, reprise au Tableau [1].

Si les pertes statiques  $S$  ne sont pas connues, alors il faut utiliser la valeur par défaut suivante :

$$\text{Eq. 260 } S = 31 + 16,66 \cdot V^{0,4} \quad (\text{W})$$

avec :

$V$  le volume du ballon d'eau chaude sanitaire, en litres.

Si le volume du ballon d'eau chaude n'est pas connu, alors il faut utiliser la valeur par défaut suivante :  $V = 2000$  litres.

#### 10.3.3.4.2 Systèmes non soumis aux Règlements précités

Pour les systèmes non soumis aux Règlements précités, les rendements de production et de stockage ne sont pas évalués séparément mais ensemble. Les valeurs de calculs ci-dessous sont valables tant pour les appareils producteurs qui réchauffent uniquement l'eau chaude sanitaire, que pour les appareils qui assurent aussi bien le chauffage des locaux que l'approvisionnement en eau chaude sanitaire.

Le rendement ( $\eta_{\text{gen,water}} \cdot \eta_{\text{stor,water}}$ ) d'un système dit "Combilus" est calculé selon des spécifications déterminées par le Ministre.

Appareils autres que les appareils à combustion

Pour les appareils autres que les appareils à combustion, le produit du rendement de production  $\eta_{\text{gen,water}}$  et du rendement de stockage  $\eta_{\text{stor,water}}$  est donné au Tableau [31] .

**Tableau [31] : Valeurs de calcul pour ( $\eta_{\text{gen,water}} \cdot \eta_{\text{stor,water}}$ ) pour les appareils autres que les appareils à combustion**

	chauffage instantané <sup>10</sup>	avec stockage de chaleur <sup>11</sup>
chauffage électrique par résistance	0,75	0,70
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	$\eta_{\text{water,dh}}$	$\eta_{\text{water,dh}} - 0,05$
autres cas	équivalence (2)	

(1) Ces valeurs de calcul indiquent déjà les rendements par rapport au pouvoir calorifique supérieur.

(2) Les dérogations par rapport aux catégories ci-dessus doivent être traitées, sur base d'une demande d'équivalence ou, si elles existent, selon des spécifications déterminées par le Ministre.

Les symboles du tableau ont été définis comme suit :

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

$\eta_{\text{water,dh}}$  le rendement à considérer pour une fourniture de chaleur externe pour la préparation d'eau chaude sanitaire, à déterminer en détail selon des règles déterminées par le Ministre et par défaut égale à 0,97.

<sup>10</sup> Les installations de production qui chauffent 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 dans l'installation. Dès que le puisage d'eau chaude cesse, la production de chaleur s'arrête également et l'ensemble du système refroidit jusqu'à température ambiante (en l'absence d'un nouveau puisage).

<sup>11</sup> 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 produits des rendements de production et de stockage 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, par exemple).

### Appareils à combustion

Pour les appareils à combustion, plusieurs cas peuvent se présenter :

- pour les appareils à combustion individuels<sup>12</sup>, on a :
  - si le chauffage est instantané :  $\eta_{\text{gen,water}} \cdot \eta_{\text{stor,water}} = 0,50$
  - s'il y a stockage de chaleur :  $\eta_{\text{gen,water}} \cdot \eta_{\text{stor,water}} = 0,45$
- pour les appareils à combustion collectifs<sup>13</sup> dont la puissance nominale est inférieure ou égal à 70kW et dont le stockage éventuel est inférieur ou égal à 500 litres, on a :
  - si le chauffage est instantané :  $\eta_{\text{gen,water}} \cdot \eta_{\text{stor,water}} = 0,50$
  - s'il y a stockage de chaleur :  $\eta_{\text{gen,water}} \cdot \eta_{\text{stor,water}} = 0,45$
- pour les appareils à combustion collectifs<sup>13</sup> dont la puissance nominale est supérieure à 70kW ou dont le stockage éventuel est supérieur à 500 litres, le produit du rendement de production  $\eta_{\text{gen,water}}$  et du rendement de stockage  $\eta_{\text{stor,water}}$  est donné au Tableau [32].

**Tableau [32] : Valeurs de calcul pour ( $\eta_{\text{gen,water}} \cdot \eta_{\text{stor,water}}$ ) pour les appareils à combustion collectifs pour l'eau chaude sanitaire dont la puissance nominale est supérieure à 70kW ou dont le stockage éventuel est supérieur à 500 litres**

Type de ballon(s) d'eau chaude	Sans ballon	Ballon(s) indirectement chauffé(s) (1)			Ballon(s) directement chauffé(s) (2)
Epaisseur x de l'isolation du(des) ballon(s) en mm	---	$20 \text{ mm} \leq x$	$10 \text{ mm} \leq x < 20 \text{ mm}$	$0 \text{ mm} \leq x < 10 \text{ mm}$	$0 \text{ mm} \leq x$
Type de chaudière					
Chaudière non à condensation	0,75	0,67	0,60	0,37	0,50
Chaudière à condensation	0,85	0,76	0,68	0,42	
(1) avec utilisation d'un fluide intermédiaire					
(2) au moyen d'un système de chauffage direct présent dans l'appareil lui-même					

NOTE Ces valeurs de calcul indiquent déjà les rendements par rapport au pouvoir calorifique supérieur.

<sup>12</sup> C'est-à-dire : ne desservant qu'une seule unité PEB habitation individuelle.

<sup>13</sup> C'est-à-dire : desservant plusieurs unités PEB habitation individuelle ou une unité PEB non résidentielle.

## 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 au § 10.4.1 ;
- s'il dessert uniquement l'eau chaude sanitaire, se reporter au § 10.4.2 ;
- s'il n'y a pas de système d'énergie solaire thermique qui dessert le secteur énergétique  $i$ ,  $f_{as,heat,sec\ i,m}$  est nul ;
- si un point de puisage particulier (baignoire / douche  $i$  ou 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>14</sup> :

$$\text{Eq. 108} \quad \begin{aligned} f_{as,heat,sec\ i,m} &= f_{as,water,bath\ i,m} = f_{as,water,sink\ i,m} \\ &= \min\left(1 ; \eta_{as,sh+wh,m} Q_{as,m} / Q_{demand,as,sh+wh,m}\right) \end{aligned} \quad (-)$$

avec :

$$\text{Eq. 109} \quad Q_{as,m} = \sum_j (A_{as,j} \cdot I_{as,m,shad,j}) \quad (\text{MJ})$$

$$\text{Eq. 110} \quad Q_{demand,as,sh+wh,m} = Q_{demand,as,water,m} + \sum_i Q_{heat,gross,sec\ i,m} \quad (\text{MJ})$$

$$\text{Eq. 111} \quad Q_{demand,as,water,m} = \sum_i Q_{water,bath\ i,gross,m} + \sum_i Q_{water,sink\ i,gross,m} \quad (\text{MJ})$$

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 thermique contribue, en MJ ;
$A_{as,j}$	la surface d'entrée des capteurs à orientation $j$ du système d'énergie solaire thermique, en $\text{m}^2$ ;

<sup>14</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).

$I_{as,m,shad,j}$	l'ensoleillement de la surface des capteurs à orientation $j$ pour le mois considéré, compte tenu de l'ombrage, en MJ/m <sup>2</sup> , déterminé selon l'Annexe C de la présente annexe ;
$Q_{demand,as,water,m}$	la demande mensuelle de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire, à laquelle le système d'énergie solaire thermique 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 le § 9.2.1, en MJ ;
$Q_{water,bath i,gross,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou une baignoire $i$ , déterminés selon le § 9.3.1, en MJ ;
$Q_{water,sink i,gross,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine $i$ , déterminés selon le § 9.3.1, en MJ.

Il faut faire une somme sur toutes les orientations  $j$  et 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 :

**Eq. 112** si  $\sum_i Q_{heat,gross,sec i,m} > 0$  :

$$\eta_{as,sh+wh,m} = \min \left\{ \max \left( 0 ; 0,16 + 0,2 \frac{Q_{demand,as,water,a}}{Q_{as,a}} + 0,015 \frac{\sum_i Q_{heat,gross,sec i,m}}{Q_{as,m}} \right) ; 0,8 \right\}$$

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

$$\eta_{as,sh+wh,m} = \min \left\{ \max \left( 0 ; 0,16 + 0,2 \frac{Q_{demand,as,water,a}}{Q_{as,a}} \right) ; 0,8 \right\} \quad (-)$$

avec :

$Q_{demand,as,water,a}$	la demande annuelle de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire de l'installation, 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) ;
$Q_{heat,gross,sec i,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique $i$ , déterminés selon le § 9.2.1, 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).

Il faut faire une somme 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 reconnu 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 :

$$\text{Eq. 113 } f_{\text{as,water,bath } i,m} = f_{\text{as,water,sink } i,m} = \min\left(1 ; \eta_{\text{as,water,m}} \cdot Q_{\text{as,m}} / Q_{\text{demand,as,water,m}}\right) \quad (-)$$

avec :

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

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

$$\text{Eq. 114 } \eta_{\text{as,water,m}} = \min\left\{\max\left(0 ; 0,16 + 0,20 \cdot \frac{Q_{\text{demand,as,water,a}}}{Q_{\text{as,a}}}\right) ; 0,8\right\} \quad (-)$$

avec :

- $Q_{\text{demand,as,water,a}}$  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,  $Q_{\text{demand,as,water,m}}$ , 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).

### 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 reconnu 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 :

$$\text{Eq. 115 } Q_{\text{cool,final,sec } i,m} = \frac{Q_{\text{cool,net,sec } i,m}}{8,1} \quad (\text{kWh})$$

avec :

$Q_{\text{cool,net,sec } i,m}$  les besoins mensuels nets en énergie pour le refroidissement d'un secteur énergétique  $i$ , calculés selon le § 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 Consommation d'énergie auxiliaire électrique pour la distribution

##### 11.1.1.1 Principe

La consommation mensuelle d'énergie auxiliaire électrique pour la distribution est déterminée dans ce chapitre. La conversion en énergie primaire se fait au § 13.5.

En ce qui concerne le refroidissement, aucune énergie auxiliaire ne doit être calculée pour la distribution. Il est considéré par convention que celle-ci est déjà prise en compte dans la détermination de la consommation d'énergie mensuelle équivalente pour le refroidissement (voir le § 10.5).

##### 11.1.1.2 Règle de calcul pour la consommation d'énergie auxiliaire pour la distribution

###### 11.1.1.2.1 Règle de calcul générale

On détermine la consommation mensuelle d'énergie auxiliaire pour la distribution comme suit :

$$\text{Eq. 304 } W_{\text{aux,dis,m}} = \sum_j P_{\text{pumps,dis,instal,j}} \cdot \frac{t_{\text{on,dis,j,m}}}{3,6} \quad (\text{kWh})$$

où :

- $W_{\text{aux,dis,m}}$  la consommation mensuelle d'énergie auxiliaire électrique pour la distribution dans l'unité PER, en kWh ;
- $P_{\text{pumps,dis,instal,j}}$  la puissance installée du circulateur  $j$  desservant l'unité PER considérée, telle que définie au § 11.1.1.3, en W ;
- $t_{\text{on,dis,j,m}}$  le temps de fonctionnement mensuel du circulateur  $j$  pour la distribution, tel que défini au § 11.1.1.4, en Ms.

Il faut faire la somme sur tous les circulateurs  $j$  qui desservent l'unité PER.

###### 11.1.1.2.2 Exceptions

Les circulateurs de secours sont redondants pour le système. Leur consommation d'énergie auxiliaire ne doit donc pas être prise en compte.

##### 11.1.1.3 Détermination de la puissance installée $P_{\text{pumps,dis,instal,j}}$

$P_{\text{pumps,dis,instal,j}}$  est la puissance installée du circulateur  $j$ , en W, et est déterminée comme suit :

- pour les circulateurs à rotor noyé : la puissance électrique moyenne mesurée à 100% du débit, nommée  $P_{L,100\%}$ , selon le Règlement (CE) n° 641/2009 ;
- pour les circulateurs à moteur ventilé dont le moteur électrique est séparé du rotor : la puissance électrique maximale que le moteur électrique peut délivrer en service continu, déterminée selon la norme NBN EN 60034-1 pour "Service type S1".

A défaut de donnée de produit, les valeurs par défaut suivantes peuvent être utilisées, en fonction du type de distribution :

- dans le cas de distribution pour le chauffage :

$$\text{Eq. 305 } P_{\text{pumps,dis,instal},j} = \text{MAX}(70 ; 0,084 \cdot \sum_i V_{\text{sec } i}) \quad (\text{W})$$

avec :

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

Il faut faire la somme sur tous les secteurs énergétiques  $i$  desservis par le circulateur  $j$ .

- dans le cas de distribution de l'eau chaude sanitaire (conduite de circulation) :

$$\text{Eq. 306 } P_{\text{pumps,dis,instal},j} = \text{MAX} \left( 25 ; \frac{\Delta p_{\text{pumps}}}{\eta_{\text{pumps}}} \cdot f_{\text{insul,circ } k} \cdot \frac{\sum_l \frac{l_{\text{circ } k,j} \cdot (60 - \theta_{\text{amb,January},j})}{R_{1,j}}}{\rho_W \cdot C_W \cdot \Delta \theta} \right) \quad (\text{W})$$

- dans le cas d'une combinaison de distribution de l'eau chaude sanitaire et de distribution pour le chauffage (combilus) :

$$\text{Eq. 307 } P_{\text{pumps,dis,instal},j} = \text{MAX} \left( 70 ; \frac{\Delta p_{\text{pumps}}}{\eta_{\text{pumps}}} \cdot f_{\text{insul,circ } k} \cdot \frac{\sum_l \frac{l_{\text{circ } k,j} \cdot (60 - \theta_{\text{amb,January},j})}{R_{1,j}}}{\rho_W \cdot C_W \cdot \Delta \theta} \right) \quad (\text{W})$$

où :

$\Delta p_{\text{pumps}}$	la hauteur manométrique minimale, en Pa, déterminée comme mentionné ci-dessous ;
$f_{\text{insul,circ } k}$	un facteur de correction pour prendre en compte l'effet des ponts thermiques sur la résistance thermique des segments de la conduite de circulation $k$ , telle que déterminé au § 9.3.2 ;
$l_{\text{circ } k,l}$	la longueur du segment $l$ de la conduite de circulation $k$ , en m ;
$\eta_{\text{pumps}}$	le rendement du circulateur. Celui-ci est établi par convention égal à 0,2, (-) ;
$\theta_{\text{amb,January},l}$	la température ambiante moyenne pour le mois de janvier du segment de conduite $l$ , en °C, telle que déterminée au § 9.3.2.2 ;
$R_{1,l}$	la résistance thermique linéaire $R_{1,l}$ du segment $l$ , en $\text{m.K/W}$ , telle que déterminée au § E.3 ;
$\rho_W$	la densité de l'eau, en $\text{kg/m}^3$ . Celle-ci est prise par convention égale à $998 \text{ kg/m}^3$ ;
$C_W$	la capacité thermique spécifique de l'eau, en $\text{J/(kg.K)}$ . Celle-ci est prise par convention égale à $4182 \text{ J/(kg.K)}$ ;
$\Delta \theta$	la différence de température entre le départ et le retour, en K. Celle-ci est prise par convention égale à 5 K.

Il faut faire la somme sur tous les segments  $l$  de la conduite de circulation  $k$  qui sont desservis par le circulateur  $j$ .

La hauteur manométrique minimale est donné par :

$$\text{Eq. 308 } \Delta p_{\text{pumps}} = \sum_l l_{\text{circ } k,l} \cdot 300 \quad (\text{Pa})$$

avec :

$l_{\text{circ } k,l}$  la longueur du segment  $l$  de la conduite de circulation  $k$ , en m.

Il faut faire la somme sur tous les segments  $l$  de la conduite de circulation  $k$  qui sont desservis par le circulateur  $j$ .

Si un circulateur dessert plusieurs unités PEN et/ou PER, la puissance du circulateur ( $P_{pumps,dis,instal,j}$ ) doit être répartie de façon proportionnelle entre ces unités PEN et/ou PER sur base des besoins bruts de chaleur des unités respectives. Dans le cas de distribution de chaleur pour le chauffage, la répartition doit être faite sur base des besoins bruts en énergie pour le chauffage. Dans le cas d'une distribution de l'eau chaude sanitaire ou d'un combilux, la répartition doit être faite sur base des besoins bruts en eau chaude sanitaire.

#### 11.1.1.4 Détermination du temps de fonctionnement $t_{on,dis,j,m}$

Le temps de fonctionnement mensuel du circulateur  $j$ ,  $t_{on,dis,j,m}$ , en Ms, est déterminé en fonction du type de distribution, de la manière suivante.

- Pour les circulateurs pour la distribution d'eau chaude sanitaire (conduite de circulation) :

$$\text{Eq 309 } t_{on,dis,j,m} = t_m \quad (\text{Ms})$$

- Pour les circulateurs pour la distribution pour le chauffage :

$$\text{Eq 310 } t_{on,dis,j,m} = \max(t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i}) \quad (\text{Ms})$$

avec :

$t_m$  la longueur du mois considéré, en Ms, reprise du Tableau [1], en Ms ;

$t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i}$  le temps de fonctionnement mensuel du circulateur  $j$  pour la distribution pour le chauffage dans le secteur énergétique  $i$ , déterminé comme indiqué ci-dessous, in Ms.

Le temps de fonctionnement mensuel du circulateur  $j$  pour la distribution pour le chauffage dans le secteur énergétique  $i$ ,  $t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i}$ , est déterminé comme suit :

- pour un circulateur à rotor noyé avec régulation (excepté régulation marche/arrêt) dont le EEI est connu :

$$\text{Eq. 311 } t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i} = \text{MIN}\left(t_{heat,sec\ i, m} \cdot \left(0,6+0,625 \cdot \frac{EEI}{0,23}\right) ; t_m \cdot \frac{1}{2}\right) \quad (\text{Ms})$$

- pour un circulateur à rotor ventilé avec régulation (excepté régulation marche/arrêt) :

$$\text{Eq. 312 } t_{on,dis,heat,j,m,sec\ i} = \text{MIN}\left(t_{heat,sec\ i, m} ; t_m \cdot \frac{1}{2}\right) \quad (\text{Ms})$$

- pour un circulateur avec régulation marche/arrêt ou pour un circulateur à rotor noyé avec régulation (excepté régulation marche/arrêt) dont le EEI est inconnu :

$$\text{Eq. 313 } t_{\text{on,dis,heat,j,m,sec } i} = t_m \cdot \frac{1}{2} \quad (\text{Ms})$$

- dans tous les autres cas ou si la régulation est inconnue :

$$\text{Eq. 314 } t_{\text{on,dis,heat,j,m,sec } i} = t_m \quad (\text{Ms})$$

où :

$t_{\text{heat,sec } i,m}$	le temps de fonctionnement mensuel conventionel du système d'émission de chaleur du secteur énergétique $i$ , en Ms, déterminé selon le § D.1 ;
EEI	l'indice d'efficacité énergétique, selon le Règlement (CE) n° 641/2009, (-) ;
$t_m$	la longueur du mois considéré, en Ms, reprise du Tableau [1], en Ms.

En ce qui concerne le temps de fonctionnement, un combilus est considéré comme une conduite pour la distribution d'eau chaude sanitaire.

## 11.1.2 Energie auxiliaire électrique pour la production

### 11.1.2.1 Principe

La consommation mensuelle d'énergie auxiliaire électrique des auxiliaires pour la production de chaleur est déterminée dans ce chapitre. La conversion en consommation d'énergie primaire s'effectue au § 13.5.

En ce qui concerne le refroidissement, aucune énergie auxiliaire ne doit être calculée pour la production. Celle-ci est déjà prise en compte dans le rendement de production forfaitaire.

### 11.1.2.2 Règle de calcul pour l'énergie auxiliaire électrique pour la production

#### 11.1.2.2.1 Règle de calcul générale

On détermine la consommation mensuelle d'énergie auxiliaire pour la production dans l'unité PER,  $W_{\text{aux,gen,m}}$ , comme suit :

$$\text{Eq. 315 } W_{\text{aux,gen,m}} = W_{\text{throttle/fans,gen,m}} + W_{\text{electr,gen,m}} \quad (\text{kWh})$$

avec :

$W_{\text{throttle/fans,gen,m}}$	la consommation mensuelle d'électricité des vannes gaz et/ou des ventilateurs des générateurs de l'unité PER considérée, définie selon le § 11.1.2.3, en kWh ;
$W_{\text{electr,gen,m}}$	la consommation mensuelle d'électricité pour l'électronique et les dispositifs d'allumage des générateurs de l'unité PER considérée, définie comme ci-dessous, en kWh.

$W_{\text{electr,gen,m}}$  est défini selon :

$$\text{Eq. 316 } W_{\text{electr,gen,m}} = \sum_j P_{\text{electr,gen,j}} \cdot \frac{t_m}{3,6} \quad (\text{kWh})$$

avec :

- $P_{\text{electr,gen,j}}$  la puissance des pertes en mode veille de l'électronique pour la production, en W. Par générateur  $j$ , la puissance des pertes est définie égale à 10 W ;
- $t_m$  la longueur du mois considéré, en Ms, reprise du Tableau [1], en Ms.

Il faut toujours faire la somme sur tous les générateurs  $j$  qui desservent l'unité PER.

Si un générateur dessert plusieurs unités PEN et/ou PER, la puissance des pertes en mode veille doit être répartie de façon proportionnelle entre les unités PEN et/ou PER concernées sur base des besoins bruts totaux des unités PEN et/ou PER concernées. Si le générateur ne sert qu'au chauffage, alors la répartition doit être faite sur base des besoins bruts pour le chauffage. Si le générateur ne sert qu'à la production d'eau chaude sanitaire, alors la répartition doit être faite sur base des besoins bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire. Si le générateur sert aux deux, alors la répartition doit être faite sur base des besoins bruts en énergie pour le chauffage et pour l'eau chaude sanitaire.

#### 11.1.2.2.2 Exceptions

Pour les installations d'eau chaude sanitaire dont le rendement pour la génération et le stockage est calculé suivant § 10.3.3.4.1, la consommation d'énergie auxiliaire électrique du générateur est déjà prise en compte et ne doit plus être comptabilisée dans l'Eq. 315.

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

#### 11.1.2.3 Définition de la consommation mensuelle d'électricité des vannes gaz et/ou ventilateurs $W_{\text{throttle/fans,gen,m}}$

##### 11.1.2.3.1 Règle de calcul générale

$W_{\text{throttle/fans,gen,m}}$  est défini comme suit :

$$\text{Eq. 317 } W_{\text{throttle/fans, gen, m}} = \sum_j P_{\text{throttle/fans,gen,spec}} \cdot P_{\text{throttle/fans,gen,j}} \cdot \frac{t_{\text{on,gen,j,m}}}{3,6} \quad (\text{kWh})$$

où :

- $P_{\text{throttle/fans,gen,spec}}$  la puissance spécifique pour la production des générateurs possédant un ventilateur et/ou une vanne gaz, considérée égale à 1 W/kW ;
- $P_{\text{throttle/fans,gen,j}}$  la puissance nominale du générateur  $j$ , en kW ;
- $t_{\text{on,gen,j,m}}$  le temps de fonctionnement mensuel de la vanne gaz et/ou du ventilateur du générateur  $j$ , défini suivant le § 11.1.2.3.2, en Ms.

Il faut toujours faire la somme sur tous les générateurs  $j$  qui desservent l'unité PER et qui font usage d'une vanne gaz et/ou d'un ventilateur.

Si un générateur dessert plusieurs unités PEN et/ou PER, la puissance nominale du générateur dans l'Eq. 317 doit être répartie de façon proportionnelle entre les unités PEN et/ou PER concernées sur base des besoins bruts totaux des unités PEN et/ou PER concernées. Si le générateur ne sert qu'au chauffage, alors la répartition doit être faite sur base des besoins bruts pour le chauffage. Si le générateur ne sert qu'à la production d'eau chaude sanitaire, alors la répartition doit être faite sur base des besoins bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire. Si le générateur sert aux deux, alors la répartition doit être faite sur base des besoins bruts en énergie pour le chauffage et pour l'eau chaude sanitaire.

#### 11.1.2.3.2 Définition du temps de fonctionnement $t_{on,gen,j,m}$

$t_{on,gen,j,m}$  est défini comme suit :

$$\text{Eq. 318 } t_{on,gen,j,m} = \text{MIN} \left( t_m ; \frac{\left( \sum_i Q_{heat,gross,sec\ i,m} + \sum_k Q_{water,bath\ k,gross,m} + \sum_k Q_{water,sink\ k,gross,m} \right) + \sum_k Q_{water,other\ k,gross,m} + \sum_l Q_{hum,net,l} + \sum_o \frac{Q_{cool,gross,sec\ n,m}}{EER_{nom,o}}}{P_{throttle/fans,gen,j} \cdot 1000} \right) \quad (\text{Ms})$$

où :

$t_m$	la longueur du mois considéré, en Ms, reprise du Tableau [1], en Ms ;
$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage des locaux du secteur énergétique $i$ , déterminés selon le § 9.2.1 de la présente annexe pour les unités PER et selon le § 6.2 de l'annexe PEN pour les unités PEN, en MJ, pour autant que ces besoins soient couverts par le générateur $j$ en accord avec le § 10.2.2 de la présente annexe pour les unités PER ou avec le § 7.2.1 de l'annexe PEN pour les unités PEN ;
$Q_{water,bath\ l,gross,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'un bain $k$ , déterminés selon le § 9.3.1 de la présente annexe pour les unités PER et selon le § 6.5 de l'annexe PEN pour les unités PEN, en MJ, pour autant que ces besoins soient couverts par le générateur $j$ en accord avec le § 10.3.2 de la présente annexe pour les unités PER ou avec le § 7.6 de l'annexe PEN pour les unités PEN ;
$Q_{water,sink\ l,gross,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un évier de cuisine $k$ , déterminés selon le § 9.3.1 de la présente annexe pour les unités PER et selon le § 6.5 de l'annexe PEN pour les unités PEN, en MJ, pour autant que ces besoins soient couverts par le générateur $j$ en accord avec le § 10.3.2 de la présente annexe pour les unités PER ou avec le § 7.6 de l'annexe PEN pour les unités PEN ;
$Q_{water,other\ k,gross,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un autre point de puisage $k$ , déterminés selon le § 6.5 de l'annexe PEN, en MJ, pour autant que ces besoins soient couverts par le générateur $j$ en accord avec le § 7.6 de l'annexe PEN ;
$Q_{hum,net,l,m}$	les besoins mensuels nets en énergie pour l'humidification de l'appareil d'humidification $l$ , déterminés selon le § 5.11 de l'annexe PEN, en MJ, pour autant que ces besoins soient couverts par le générateur $j$ en accord avec le § 7.2.1 de l'annexe PEN ;
$Q_{cool,gross,sec\ n,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour le refroidissement des locaux du secteur énergétique $n$ , fourni par la machine de

	refroidissement par absorption, déterminés selon le § 6.2 de l'annexe PEN, en MJ, pour autant que ces besoins soient couverts par la machine de refroidissement par absorption o en accord avec le § 7.2.2 de l'annexe PEN et pour autant que la chaleur pour la machine de refroidissement par absorption o soit couverte par le générateur j en accord avec le § 7.2.1 de l'annexe PEN ;
$EER_{nom,o}$	le coefficient d'efficacité frigorifique de la machine de refroidissement par absorption o, déterminé selon le § 7.5.2 de l'annexe PEN, (-) ;
$P_{throttle/fans,gen,j}$	la puissance nominale du générateur j, en kW.

Il faut toujours faire la somme sur :

- tous les secteurs énergétiques i (dans l'unité PEN considéré ou dans une autre unité PEN ou PER) qui sont desservis par le générateur j ;
- tous les bains ou douches k (dans l'unité PEN considéré ou dans une autre unité PEN ou PER) et/ou les éviers de cuisine k qui sont desservis par le générateur j ;
- tous les éviers de cuisine k (dans l'unité PEN considéré ou dans une autre unité PEN ou PER) qui sont desservis par le générateur j ;
- tous autres points de puisage k (dans l'unité PEN considéré ou dans une autre unité PEN) qui sont desservis par le générateur j ;
- tous les appareils d'humidification l (dans une autre unité PEN) qui sont desservis par le générateur j ;
- tous les secteurs énergétiques n (dans une autre unité PEN) qui sont desservis par la machine de refroidissement par absorption o et sur toutes les machines de refroidissement o qui sont desservis par le générateur j.

## 11.2 Consommation mensuelle d'électricité des ventilateurs

### 11.2.1 Principe

Pour le calcul de la consommation électrique mensuelle des ventilateurs, on tient compte des ventilateurs présents dans les systèmes de ventilation mécanique pour la ventilation hygiénique et/ou dans les systèmes de chauffage par air, à l'exception des ventilateurs d'extraction dans un système A ou B qui sont conformes à la remarque "3)" du § 4.3.1.3 de la norme NBN D50-001.

Les ventilateurs suivants ne sont donc pas pris en compte : ventilateurs supplémentaires pour d'autres applications (par exemple, une hotte) et ventilateurs pour la ventilation qui desservent uniquement des espaces sans exigence de ventilation hygiénique.

Pour le calcul de la consommation électrique, on a le choix entre une méthode simplifiée (méthode 1 - voir § 11.2.2) et un calcul détaillé (méthode 2 et méthode 3 - voir § 11.2.3). Le choix de la méthode 1, 2 ou 3 doit être fait pour l'ensemble de l'unité PER.

Par "mode ventilation", on entend, dans les paragraphes suivants, que le ventilateur fonctionne uniquement pour la ventilation hygiénique et donc pour l'alimentation en air neuf (ou en air recyclé vers le séjour, le cas échéant) ou pour l'extraction de l'air vers l'extérieur. Par "mode chauffage", on entend que le ventilateur fonctionne dans le but de transporter de l'air chauffé ((partiellement) recirculé) vers les espaces desservis, en combinaison ou non avec la ventilation hygiénique.

### 11.2.2 Consommation électrique mensuelle des ventilateurs - méthode simplifiée (méthode 1)

Si on choisit le calcul simplifié, la consommation électrique mensuelle totale des ventilateurs dans l'unité PER vaut :

$$\text{Eq. 261 } W_{\text{aux,fans,m}} = \sum_z W_{\text{aux,fans,zonez,m}} \quad (\text{kWh})$$

avec :

$W_{\text{aux,fans,zone z,m}}$  la consommation électrique mensuelle des ventilateurs dans la zone de ventilation  $z$ , en kWh, telle que déterminée ci-dessous.

Il faut faire une somme sur toutes les zones de ventilation de l'unité PER.

La consommation électrique mensuelle des ventilateurs est déterminée par zone de ventilation comme suit :

$$\text{Eq. 262 } W_{\text{aux,fans,zonez,m}} = t_m \cdot (f_{\text{vent,zonez,m}} \cdot \Phi_{\text{fans,vent,zonez}} + f_{\text{heat,zonez,m}} \cdot \Phi_{\text{fans,heat,zonez}}) / 3,6 \quad (\text{kWh})$$

avec :

$t_m$  la longueur du mois considérée, en Ms, voir Tableau [1] ;

$f_{\text{vent,zone z,m}}$  la fraction mensuelle conventionnelle du temps où les ventilateurs fonctionnent en mode ventilation, dans la zone de ventilation  $z$ , déterminée selon le § 11.2.2.3, (-) ;

$\Phi_{\text{fans,vent,zone z}}$  la valeur de calcul pour la puissance électrique de tous les ventilateurs ensemble dans la zone de ventilation  $z$  en mode ventilation, déterminée selon le § 11.2.2.1, en W ;

$f_{\text{heat,zone z,m}}$  la fraction mensuelle conventionnelle du temps où les ventilateurs fonctionnent en mode chauffage, dans la zone de ventilation  $z$ , déterminée selon le § 11.2.2.3, (-) ;

$\Phi_{\text{fans,heat,zone z}}$  la valeur de calcul pour la puissance électrique de tous les ventilateurs ensemble dans la zone de ventilation  $z$  en mode chauffage, déterminée selon le § 11.2.2.2, en W.

#### 11.2.2.1 Valeur de calcul par défaut pour la puissance électrique en mode ventilation

On prend, comme valeur de calcul pour la puissance électrique de tous les ventilateurs ensemble dans la zone de ventilation  $z$  en mode ventilation, les valeurs du Tableau [16].

**Tableau [16] : Valeurs de calcul par défaut pour la puissance électrique en mode ventilation ( $V_{\text{sec } i}$  : volume du secteur énergétique  $i$ )**

Installation	Type ventilateur	Puissance $\Phi_{\text{fans,vent,zone z}}$ (W)
Alimentation naturelle et évacuation naturelle	s.o.	0
Mécanique simple flux par insufflation ou extraction	ventilateurs à courant alternatif	$0,125 \Sigma V_{\text{sec } i}$

	ventilateurs à courant continu	$0,085 \Sigma V_{\text{sec } i}$
Mécanique double flux	ventilateurs à courant alternatif	$0,235 \Sigma V_{\text{sec } i}$
	ventilateurs à courant continu	$0,150 \Sigma V_{\text{sec } i}$
Mécanique simple flux par extraction avec utilisation de l'air repris comme source de chaleur pour une pompe à chaleur	ventilateurs à courant alternatif	$0,145 \Sigma V_{\text{sec } i}$
	ventilateurs à courant continu	$0,100 \Sigma V_{\text{sec } i}$
Mécanique double flux avec utilisation de l'air repris comme source de chaleur pour une pompe à chaleur	ventilateurs à courant alternatif	$0,270 \Sigma V_{\text{sec } i}$
	ventilateurs à courant continu	$0,185 \Sigma V_{\text{sec } i}$

Pour l'application du Tableau [16], on prend la valeur "ventilateurs à courant continu" si tous les ventilateurs dans la zone de ventilation z sont des ventilateurs entraînés par un moteur à commutation électronique (moteur EC). Dans tous les autres cas, on prend la valeur "ventilateurs à courant alternatif".

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

#### 11.2.2.2 Valeur de calcul par défaut pour la puissance électrique en mode chauffage

On prend, comme valeur de calcul pour la puissance électrique de tous les ventilateurs ensemble dans la zone de ventilation z en mode chauffage, les valeurs du Tableau [17].

**Tableau [17] : Valeurs de calcul par défaut pour la puissance électrique en mode chauffage ( $V_{\text{sec } i}$  : volume du secteur énergétique i)**

Installation	Type de régulation du ventilateur	Puissance $\Phi_{\text{fans,heat,zone z}}$ (W)
Pas de chauffage par air	s.o.	0
Chauffage par air	pas de régulation ou régulation non automatique	$0,780 \cdot \Sigma V_{\text{sec } i}$
	régulation automatique	$0,525 \cdot \Sigma V_{\text{sec } i}$

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

### 11.2.2.3 Détermination de la fraction mensuelle conventionnelle du temps où les ventilateurs fonctionnent en mode ventilation ou en mode chauffage

La fraction mensuelle conventionnelle du temps où les ventilateurs, dans la zone de ventilation  $z$ , fonctionnent en mode ventilation ou chauffage respectivement, est donnée par :

- si les ventilateurs, dans la zone de ventilation  $z$ , servent uniquement au chauffage et n'assurent pas de ventilation hygiénique, alors on a pour tous les mois :
  - $f_{\text{vent,zone } z,m} = 0$
  - $f_{\text{heat,zone } z,m}$  comme déterminé avec **Eq. 264**
- si les ventilateurs, dans la zone de ventilation  $z$ , servent uniquement à la ventilation hygiénique et n'assurent pas de chauffage par air, alors on a pour tous les mois :
  - $f_{\text{vent,zone } z,m} = 1$
  - $f_{\text{heat,zone } z,m} = 0$
- s'il y a, dans la zone de ventilation  $z$ , à la fois des ventilateurs qui servent à la ventilation hygiénique et des ventilateurs qui servent au chauffage par air (ou s'il y a des ventilateurs qui servent aux deux fonctions), alors on a pour chaque mois  $m$  :

$$\text{Eq. 263 } f_{\text{vent,zone } z,m} = 1 - f_{\text{heat,zone } z,m} \quad (-)$$

$$\text{Eq. 264 } f_{\text{heat,zone } z,m} = \min \left[ 1; \sum_i Q_{\text{heat,gross,sec } i,m} / (1000 \cdot P_{\text{nom,zone } z} \cdot t_m) \right] \quad (-)$$

avec :

$Q_{\text{heat,gross,sec } i,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique $i$ , déterminés selon le § 9.2.1, en MJ ;
$P_{\text{nom,zone } z}$	la somme des puissances nominales des unités de production d'air chaud qui desservent la zone de ventilation $z$ , en kW ;
$t_m$	la longueur du mois considéré, en Ms, voir Tableau [1].

Il faut faire une somme sur tous les secteurs énergétiques  $i$  de la zone de ventilation  $z$ .

### 11.2.3 Consommation électrique mensuelle des ventilateurs - calcul détaillé

Si on choisit le calcul détaillé, la consommation électrique mensuelle totale des ventilateurs dans l'unité PER vaut :

$$\text{Eq. 265 } W_{\text{aux,fans},m} = \sum_j W_{\text{aux,fans},m,j} \quad (\text{kWh})$$

avec :

$W_{\text{aux,fans},m,j}$	la consommation électrique mensuelle du ventilateur (groupe) $j$ , en kWh, comme déterminée ci-dessous.
---------------------------	---

Il faut faire une somme sur tous les ventilateurs (groupes)  $j$  qui contribuent à la ventilation hygiénique de l'unité PER (alimentation et/ou évacuation et/ou

recirculation) et tous les ventilateurs qui servent au chauffage par air (en combinaison ou non avec la ventilation hygiénique).

On détermine la consommation électrique mensuelle du ventilateur (groupe)  $j$  comme suit :

$$\text{Eq. 266 } W_{\text{aux,fans,m,j}} = t_m \cdot (f_{\text{vent,m,j}} \cdot \Phi_{\text{fans,vent,j}} + f_{\text{heat,m,j}} \cdot \Phi_{\text{fans,heat,j}}) / 3,6 \quad (\text{kWh})$$

avec :

$t_m$	la longueur du mois considéré, en Ms, voir Tableau [1] ;
$f_{\text{vent,m,j}}$	la fraction mensuelle conventionnelle du temps où les ventilateurs fonctionnent en mode ventilation, déterminée selon le § 11.2.2.3, (-) ;
$\Phi_{\text{fans,vent,m,j}}$	la valeur de calcul pour la puissance électrique de tous les ventilateurs ensemble en mode ventilation, déterminée selon le § 11.2.2.1, en W ;
$f_{\text{heat,m,j}}$	la fraction mensuelle conventionnelle du temps où les ventilateurs fonctionnent en mode chauffage, déterminée selon le § 11.2.2.3, (-) ;
$\Phi_{\text{fans,heat,m,j}}$	la valeur de calcul pour la puissance électrique de tous les ventilateurs ensemble en mode chauffage, déterminée selon le § 11.2.2.2, en W.

### 11.2.3.1 Valeur de calcul pour la puissance électrique en mode ventilation - calcul détaillé

La valeur de calcul pour la puissance électrique en mode ventilation est déterminée au choix selon une des deux options suivantes :

- Option "méthode 2" : détermination de la valeur de calcul en un point de fonctionnement représentatif sur base de la puissance électrique installée (§ 11.2.3.1.1) ;
- Option "méthode 3" : détermination de la valeur de calcul en un point représentatif sur base de la puissance électrique mesurée en position nominale (§ 11.2.3.1.2).

Si un ventilateur (groupe) dessert plusieurs unités PEB (PER ou PEN<sup>15</sup>) (par exemple, un système centralisé pour plusieurs appartements), on détermine la valeur de calcul pour la puissance électrique de la zone  $z$  considérée en multipliant :

- la valeur de calcul totale déterminée ci-dessous,
- le rapport entre le maximum des débits exigés pour l'unité PER considérée et la somme des maximum des débits exigés pour toutes les zones de ventilation desservies par ce ventilateur.

Si un ventilateur (groupe) assure aussi l'alimentation et/ou l'évacuation dans des locaux sans exigences de ventilation hygiénique, aucune réduction (supplémentaire) ne peut être prise en compte pour ces locaux.

<sup>15</sup> Si le ventilateur dessert aussi des destinations non résidentielles, il faut considérer le débit de conception au lieu du maximum des débits exigés.

*11.2.3.1.1 Option "méthode 2" : détermination de la valeur de calcul sur base de la puissance électrique installée*

La valeur de calcul est déterminée en même temps pour tous les ventilateurs qui desservent ensemble une zone de ventilation.

Si un ventilateur (groupe) dessert plusieurs zones de ventilation et/ou unités PEB (PER ou PEN), on détermine la valeur de calcul en même temps pour tous les ventilateurs qui desservent toutes ces zones de ventilation et/ou unités PEB.

La méthode consiste en deux étapes :

Etape 1 : détermination du rapport de débit entre le point de fonctionnement représentatif et la position nominale

On détermine le rapport de débit  $\beta_{\dot{V}}$  comme décrit au § 11.2.3.1.3.

Etape 2 : détermination de la puissance électrique au point de fonctionnement représentatif

On détermine la puissance électrique en mode ventilation de chaque ventilateur (groupe)  $j$  au point de fonctionnement représentatif comme suit :

$$\text{Eq. 267 } \Phi_{\text{fans,vent},j} = f_{\text{ctrl},j} \cdot P_{\text{fans,max},j} \quad (\text{W})$$

avec :

$f_{\text{ctrl},j}$  un facteur de réduction qui tient compte du type de régulation du débit du système, pour le ventilateur (groupe)  $j$ , y inclus la ventilation à la demande, déterminé selon le § 11.2.3.1.4, (-) ;

$P_{\text{fans,max},j}$  la puissance électrique maximale du moteur électrique ou de la combinaison moteur électrique-ventilateur du ventilateur (groupe)  $j$ , en W.

*11.2.3.1.2 Option "méthode 3" : détermination de la valeur de calcul sur base de la puissance électrique mesurée en position nominale*

La valeur de calcul est déterminée en même temps pour tous les ventilateurs qui desservent ensemble une ou plusieurs zones de ventilation.

Si un ventilateur (groupe) dessert plusieurs unités PEB (PER ou PEN) différentes, on détermine la valeur de calcul en même temps pour tous les ventilateurs qui desservent toutes ces unités PEB.

La méthode consiste en trois étapes, avec des conditions accompagnant éventuelles :

Etape 1 : mise en position nominale et mesure des débits et de la puissance électrique absorbée

Tous les ventilateurs sont placés en position nominale. Dans tous les espaces qui sont desservis par les ventilateurs, on mesure ensuite le débit mécanique d'alimentation en air neuf  $\dot{V}_{\text{mech.suppl},y,rm}$  (pour les séjours, y inclus le débit de recirculation, le cas échéant) et/ou le débit mécanique d'extraction vers l'extérieur  $\dot{V}_{\text{mech.extr},rm}$ . Pour chaque ventilateur (groupe), on mesure ensuite la puissance électrique absorbée in situ,  $P_{\text{fans,nom},j}$ , conformément aux spécifications déterminées par le Ministre..

Pour chaque espace  $r$  dans lequel un débit mécanique d'alimentation est assuré par le(s) ventilateur(s) (groupe(s)), la condition suivante doit être satisfaite :

$$\text{Eq. 268 } \dot{V}_{\text{mech.suppl},y,r} \geq \dot{V}_{\text{req, supply},r} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

Pour chaque espace  $r$  dans lequel un débit mécanique d'extraction est assuré par le(s) ventilateur(s) (groupe(s)), la condition suivante doit être satisfaite :

$$\text{Eq. 269 } \dot{V}_{\text{mech.extr},r} \geq \dot{V}_{\text{req,extr},r} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

avec :

$\dot{V}_{\text{req, supply},r}$	le débit d'alimentation en air neuf exigé dans l'espace $r$ , en $\text{m}^3/\text{h}$ ;
$\dot{V}_{\text{req,extr},r}$	le débit d'extraction vers l'extérieur exigé dans l'espace $r$ , en $\text{m}^3/\text{h}$ ;
$\dot{V}_{\text{mech.suppl},y,r}$	le débit d'alimentation en air neuf dans l'espace $r$ , tel que mesuré dans l'étape 1 de 11.2.3.1.2, pour les séjours $y$ inclus le débit de recirculation le cas échéant, en $\text{m}^3/\text{h}$ ;
$\dot{V}_{\text{mech.extr},r}$	le débit d'extraction vers l'extérieur de l'espace $r$ , tel que mesuré dans l'étape 1 de 11.2.3.1.2, en $\text{m}^3/\text{h}$ .

Si ces conditions ne sont pas satisfaites, on doit choisir la méthode 2 ou la méthode 1 (calcul simplifié).

Etape 2 : détermination du rapport de débit entre le point de fonctionnement représentatif et la position nominale

On détermine le rapport de débit  $\beta_{\dot{V}}$  comme décrit en 11.2.3.1.3.

Le rapport de débit  $\beta_{\dot{V}}$  doit être inférieur ou égal à 1. Si cette condition n'est pas satisfaite, on doit choisir la méthode 2 ou la méthode 1 (calcul simplifié).

Etape 3 : détermination de la puissance électrique au point de fonctionnement représentatif

On détermine la puissance électrique en mode ventilation de chaque ventilateur (groupe)  $j$  au point de fonctionnement représentatif comme suit :

$$\text{Eq. 270 } \Phi_{\text{fans,vent},j} = f_{\text{ctrl},j} \cdot P_{\text{fans,nom},j} \quad (\text{W})$$

avec :

$f_{\text{ctrl},j}$	un facteur de réduction qui tient compte du type de régulation du débit du système, pour le ventilateur (groupe) $j$ , y inclus la ventilation à la demande, déterminé selon le § 11.2.3.1.4, (-) ;
$P_{\text{fans,nom},j}$	la puissance électrique absorbée du ventilateur (groupe) $j$ mesurée en position nominale, telle que déterminée dans l'étape 1, en W.

11.2.3.1.3 Détermination du rapport de débit entre le point de fonctionnement représentatif et la position nominale

On détermine le rapport de débit  $\beta_{\dot{V}}$  :

- Si on choisit l'option "méthode 2" :
  - Dans le cas d'un système B :

$$\text{Eq. 271 } \beta_{\dot{V}} = \min \left( 1; 0,65 \cdot \frac{\sum_z \dot{V}_{\text{req,zonez}}}{\sum_r \dot{V}_{\text{req,supply,rmr}}} \right) \quad (-)$$

- Dans le cas d'un système C :

$$\text{Eq. 272 } \beta_{\dot{V}} = \min \left( 1; 0,65 \cdot \frac{\sum_z \dot{V}_{\text{req,zonez}}}{\sum_r \dot{V}_{\text{req,extr,rmr}}} \right) \quad (-)$$

- Dans le cas d'un système D :

$$\text{Eq. 273 } \beta_{\dot{V}} = \min \left( 1; 0,65 \cdot \frac{\sum_z \dot{V}_{\text{req,zonez}}}{\min \left( \sum_r \dot{V}_{\text{req,supply,rmr}}; \sum_r \dot{V}_{\text{req,extr,rmr}} \right)} \right) \quad (-)$$

- Si on choisit l'option "méthode 3" :
  - Dans le cas d'un système B :

$$\text{Eq. 274 } \beta_{\dot{V}} = \max \left[ 0,65; 0,65 \cdot \frac{\sum_z \dot{V}_{\text{req,zonez}}}{\sum_r \dot{V}_{\text{mech.supply,rmr}}} \right] \quad (-)$$

- Dans le cas d'un système C :

$$\text{Eq. 275 } \beta_{\dot{V}} = \max \left[ 0,65; 0,65 \cdot \frac{\sum_z \dot{V}_{\text{req,zonez}}}{\sum_r \dot{V}_{\text{mech.extr,rmr}}} \right] \quad (-)$$

- Dans le cas d'un système D :

$$\text{Eq. 276 } \beta_{\dot{V}} = \max \left[ 0,65 ; 0,65 \cdot \frac{\sum_z \dot{V}_{\text{req,zonez}}}{\min \left( \sum_r \dot{V}_{\text{mech.suppl y,rmr}} ; \sum_r \dot{V}_{\text{mech.extr,rmr}} \right)} \right] \quad (-)$$

avec :

$\dot{V}_{\text{req,zonez}}$	le maximum des débits exigés de la zone de ventilation $z$ , tel que déterminé ci-dessous en $\text{m}^3/\text{h}$ ;
$\dot{V}_{\text{req,supply,rmr}}$	le débit d'alimentation en air neuf exigé dans l'espace $r$ , en $\text{m}^3/\text{h}$ ;
$\dot{V}_{\text{req,extr,rmr}}$	le débit d'extraction vers l'extérieur exigé dans l'espace $r$ , en $\text{m}^3/\text{h}$ ;
$\dot{V}_{\text{mech.suppl y,rmr}}$	le débit d'alimentation en air neuf dans l'espace $r$ , tel que mesuré dans l'étape 1 de 11.2.3.1.2, pour les séjours $y$ inclus le débit de recirculation le cas échéant, en $\text{m}^3/\text{h}$ ;
$\dot{V}_{\text{mech.extr,rmr}}$	le débit d'extraction vers l'extérieur de l'espace $r$ , tel que mesuré dans l'étape 1 de 11.2.3.1.2, en $\text{m}^3/\text{h}$ .

Il faut faire la somme sur tous les espaces  $r$  et toutes les zones de ventilation  $z$  et/ou toutes les unités PEB (PER ou PEN) desservies par le ventilateur (groupe).

On détermine le maximum des débits exigés de la zone de ventilation  $z$  comme suit :

$$\text{Eq. 277 } \dot{V}_{\text{req,zonez}} = \max \left( \sum_r \dot{V}_{\text{req,supply,rmr}} ; \sum_r \dot{V}_{\text{req,extr,rmr}} \right) \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

avec :

$\dot{V}_{\text{req,supply,rmr}}$	le débit d'alimentation en air neuf exigé dans l'espace $r$ , en $\text{m}^3/\text{h}$ ;
$\dot{V}_{\text{req,extr,rmr}}$	le débit d'extraction vers l'extérieur exigé dans l'espace $r$ , en $\text{m}^3/\text{h}$ .

Il faut faire une somme sur tous les espaces de la zone de ventilation  $z$ .

#### 11.2.3.1.4 Facteur de réduction pour le type de régulation du débit (et la ventilation à la demande)

On détermine le facteur de réduction,  $f_{\text{ctrl},j}$ , qui tient compte du type de régulation du débit du système, pour le ventilateur (groupe)  $j$ , y inclus la ventilation à la demande, en fonction de la stratégie de régulation du système de ventilation et du type de variation de vitesse de rotation du ventilateur comme spécifié dans le Tableau [33].

Si le facteur de réduction,  $f_{\text{ctrl},j}$ , est déterminé pour un groupe de ventilation  $j$  contenant plusieurs ventilateurs, il se peut que la stratégie de régulation du système de ventilation et/ou le type de variation de vitesse de rotation du

ventilateur soient différents pour ces différents ventilateurs. Dans ce cas, le facteur de réduction,  $f_{ctrl,j}$ , du groupe de ventilation  $j$  est la valeur la plus élevée des différents facteurs de réduction,  $f_{ctrl,j}$ , déterminés séparément pour chacun des ventilateurs de ce groupe de ventilation.

**Tableau [33] : Formules de calcul pour  $f_{ctrl,j}$  pour différentes configurations**

Stratégie de régulation du système de ventilation Type de variation de vitesse de rotation du ventilateur	Régulation par vitesse de rotation variable et pression variable	Régulation par vitesse de rotation variable et pression constante	Etranglement et tous les autres types de régulation
Moteur EC avec régulation de la commutation Ou Moteur AC asynchrone avec régulation de la fréquence	$0.2+0.8 \cdot (f_{reduc} \cdot \beta_{\dot{V}})^3$	$0.4+0.6 \cdot (f_{reduc} \cdot \beta_{\dot{V}})^2$	1
Moteur AC avec régulation de la tension (via transformateur ou semi-conducteurs)	$0.4+0.6 \cdot (f_{reduc} \cdot \beta_{\dot{V}})^3$	$0.4+0.6 \cdot (f_{reduc} \cdot \beta_{\dot{V}})^2$	1
Tous les autres types de régulation du moteur ou du ventilateur	1	1	1

avec :

$$\text{Eq. 278 } f_{reduc} = f_{reduc,vent,heat,zonez} \quad (-)$$

et avec :

$\beta_{\dot{V}}$  le rapport de débit entre le point de fonctionnement représentatif et la position nominale, comme déterminé au § 11.2.3.1.3, (-) ;

$f_{reduc}$  un facteur de réduction pour la ventilation dans la zone de ventilation  $z$ , pour la consommation mensuelle d'électricité des ventilateurs, (-) ;

$f_{reduc,vent,heat,zonez}$  un facteur de réduction pour la ventilation dans la zone de ventilation  $z$  pour les calculs de chauffage, déterminé au § 7.8.6, (-).

Pour appartenir à la stratégie de régulation « régulation par vitesse de rotation variable et pression variable », les conditions suivantes doivent être satisfaites :

- Si variation de vitesse uniquement :
  - le ventilateur  $j$  ne peut desservir qu'une seule unité PER ;
  - le réseau d'alimentation ou d'évacuation auquel le ventilateur  $j$  appartient doit être régulé uniquement par variation de la vitesse de rotation du ventilateur  $j$ , sans aucun organe d'étranglement (manuel ou

automatique) pour la régulation de ce réseau (locale, par zone, centrale ou manuelle) ;

- si la régulation est manuelle, le ventilateur j doit être réglable manuellement grâce à un bouton de commande accessible, dans l'unité PER considérée, avec au moins 3 positions de régulation.
- Si variation de vitesse en combinaison avec étranglement :
  - le ventilateur j peut desservir une ou plusieurs unités PER ;
  - le réseau d'alimentation ou d'évacuation auquel le ventilateur j appartient doit être pourvu de clapets automatiques pour la régulation locale, par zone ou centrale de ce réseau :
    - si la régulation est locale, chaque espace desservi par le ventilateur j doit être pourvu d'un clapet automatique ;
    - si la régulation est par zone, chaque zone desservie par le ventilateur j doit être pourvue d'un clapet automatique ;
    - si la régulation est centrale (uniquement si le ventilateur j dessert plusieurs unités PER), chaque unité PER desservie par le ventilateur j doit être pourvue d'un clapet automatique ;
  - la vitesse de rotation du ventilateur j et l'ouverture des différents clapets automatiques du réseau d'alimentation ou d'évacuation auquel le ventilateur j appartient doivent être régulés de manière combinée afin d'obtenir, en permanence, au moins un clapet en position complètement ouverte.

Pour appartenir à la stratégie de régulation « régulation par vitesse de rotation variable et pression constante », les conditions suivantes doivent être satisfaites :

- le ventilateur j doit être un ventilateur à régulation automatique qui délivre une pression constante ;
- le réseau d'alimentation ou d'évacuation auquel le ventilateur j appartient doit être pourvu de clapets pour la régulation locale, par zone, centrale ou manuelle de ce réseau :
  - régulation locale ou par zone :
    - le ventilateur j peut desservir une ou plusieurs unités PER ;
    - si la régulation est locale, chaque espace desservi par le ventilateur j doit être pourvu d'un clapet automatique ;
    - si la régulation est par zone, chaque zone desservie par le ventilateur j doit être pourvue d'un clapet automatique ;
  - régulation centrale ou manuelle :
    - le ventilateur j doit desservir plusieurs unités PER ;
    - si la régulation est centrale, chaque unité PER desservie par le ventilateur j doit être pourvue d'un clapet automatique ;
    - si la régulation est manuelle, chaque unité PER desservie par le ventilateur j doit être pourvue d'un clapet, réglable manuellement grâce à un bouton de commande accessible dans l'unité PER correspondante avec au moins 3 positions de régulation.

#### **11.2.3.2 Valeur de calcul pour la puissance électrique en mode chauffage - calcul détaillé**

On détermine la puissance électrique de chaque ventilateur (groupe) j en mode chauffage comme suit :

$$\text{Eq. 279 } \Phi_{\text{fans,heat},j} = P_{\text{fans,max},j} \quad (\text{W})$$

avec :

$P_{\text{fans,max},j}$  la puissance électrique maximale du moteur électrique ou de la combinaison moteur électrique-ventilateur du ventilateur (groupe)  $j$ , en W.

Si un ventilateur (groupe) assure aussi le chauffage de plusieurs unités PEB (PER ou PEN) (par exemple, un système centralisé pour plusieurs appartements), on détermine la valeur de calcul pour la puissance électrique en multipliant :

- la valeur de calcul totale déterminée ci-dessus ;
- le rapport entre le débit maximum de conception dans l'unité PER considérée et le débit maximal total de conception de ce ventilateur.

### 11.2.3.3 Détermination de la fraction mensuelle conventionnelle du temps où les ventilateurs fonctionnent en mode ventilation ou en mode chauffage

La fraction mensuelle conventionnelle du temps où le ventilateur  $j$  fonctionnent en mode ventilation ou chauffage respectivement, est donnée par :

- si le ventilateur  $j$  sert uniquement au chauffage et n'assure pas de ventilation volontaire, alors on a, pour tous les mois :
  - $f_{\text{vent},m,j} = 0$
  - $f_{\text{heat},m,j}$  comme déterminé avec Eq. 281
- si le ventilateur  $j$  sert uniquement à la ventilation hygiénique et n'assure pas de chauffage par air, alors on a, pour tous les mois :
  - $f_{\text{vent},m,j} = 1$
  - $f_{\text{heat},m,j} = 0$
- si le ventilateur  $j$  sert à la fois à la ventilation hygiénique et au chauffage par air, alors on a, pour chaque mois  $m$  :

$$\text{Eq. 280 } f_{\text{vent},m,j} = 1 - f_{\text{heat},m,j} \quad (-)$$

$$\text{Eq. 281 } f_{\text{heat},m,j} = \min \left[ 1; \sum_i Q_{\text{heat,gross,sec } i,m} / (1000 \cdot P_{\text{nom},j} \cdot t_m) \right] \quad (-)$$

avec :

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

$P_{\text{nom},j}$  la puissance nominale de l'unité de production d'air chaud<sup>16</sup>, en kW ;

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

Il faut faire une somme sur tous les secteurs énergétiques  $i$  qui sont pourvus de chauffage par air par le ventilateur  $j$ .

<sup>16</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.

Si un ventilateur j chauffe également des locaux en-dehors de l'unité PER considérée, le numérateur (c.-à-d. le besoin mensuel brut 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 l'intérieur de l'unité PER considérée chauffés à l'aide du ventilateur j.

### 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 :

$$\text{Eq. 124 } W_{\text{aux,precool,m}} = W_{\text{soil/water,m}} + W_{\text{evap,m}} \quad (\text{kWh})$$

avec :

$W_{\text{soil/water,m}}$  la consommation mensuelle d'électricité de l'échangeur de chaleur sol-eau, telle que définie au § 11.3.1, en kWh ;

$W_{\text{evap,m}}$  la consommation mensuelle d'électricité pour le refroidissement par évaporation, telle que définie au § 11.3.2. en kWh.

Pour d'autres technologies,  $W_{\text{aux,precool,m}}$  sera calculée selon des spécifications déterminées 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 :

$$\text{Eq. 125 } W_{\text{soil/water,m}} = 0,278 \times t_m \cdot w_{\text{soil/water,m}} \cdot \left( \frac{\dot{V}_w}{3600} \cdot f \cdot \frac{L_{\text{tube}}}{D_{\text{tube}}} \cdot 500 \left( \frac{\dot{V}_w}{3600 n_{\text{tube}} \frac{\pi}{4} D_{\text{tube}}^2} \right)^2 + 150 \cdot \frac{\sum_i \dot{V}_{\text{hyg,cool,sec } i}}{3600} \right) \quad (\text{kWh})$$

avec :

$t_m$  la longueur du mois considéré en Ms, voir le Tableau [1] ;

$w_{\text{soil/water,m}}$  un facteur mensuel qui tient compte du temps de fonctionnement de l'échangeur de chaleur sol-eau, déterminé selon le § B.3, (-) ;

$\dot{V}_w$  le débit d'eau qui traverse l'échangeur de chaleur sol-eau, en  $\text{m}^3/\text{h}$  ;

f un facteur de friction :

$$\text{Eq. 126 Si } Re < 2300 : f = \frac{64}{Re}$$

$$\text{Dans tous les autres cas : } f = (1,58 \cdot \ln(Re) - 3,28)^{-2} \quad (-)$$

avec :

Re le nombre de Reynolds déterminé selon le § B.3, (-) ;

$D_{\text{tube}}$  le diamètre intérieur de la conduite dans le sol, en m ;

$L_{\text{tube}}$  la longueur de la conduite dans le sol, en m ;

$n_{\text{tube}}$  le nombre de conduites en parallèle ;

$\dot{V}_{\text{hyg,cool,sec } i}$  le débit de ventilation hygiénique dans le secteur énergétique  $i$ , pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 7.8.5 en  $\text{m}^3/\text{h}$ .

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 :

$$\text{Eq. 127 } W_{\text{evap,m}} = 0,278 \cdot t_m \cdot 250 \cdot w_{\text{evap,m}} \cdot \frac{\sum_i \dot{V}_{\text{hyg,cool,sec } i}}{3600} \quad (\text{kWh})$$

avec :

$t_m$  la longueur du mois considéré en Ms, voir le Tableau [1] ;  
 $w_{\text{evap,m}}$  un facteur mensuel qui tient compte du temps de fonctionnement du refroidissement par évaporation, déterminé selon le § B.3.3, (-) ;  
 $\dot{V}_{\text{hyg,cool,sec } i}$  le débit de ventilation hygiénique dans le secteur énergétique  $i$ , pour les calculs de refroidissement, déterminé selon le § 7.8.5, en  $\text{m}^3/\text{h}$ .

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 sur site 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  $i$  :

$$\text{Eq. 128 } W_{pv,m,i} = \frac{P_{pv,i} \cdot RF_{pv,i} \cdot C_{pv,i} \cdot I_{s,m,i,shad}}{3600} \quad (\text{kWh})$$

avec :

$P_{pv,i}$	la puissance de crête du système photovoltaïque $i$ en W, pour un flux d'ensoleillement de $1000 \text{ W/m}^2$ , déterminée selon NBN EN 60904-1 ;
$RF_{pv,i}$	facteur de réduction du système d'énergie solaire photovoltaïque, dont la valeur est fixée à 0,75, (-) ;
$C_{pv,i}$	le facteur de correction pour l'ombrage, calculé selon le § 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 $\text{MJ/m}^2$ , déterminé selon l'Annexe C de la présente annexe.

### 12.1.3 Facteur de correction pour l'ombrage

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

$$\text{Eq. 129 } c_{pv,i} = \max \left( 0 ; 1,26 \cdot \frac{I_{s,m,i,shad}}{I_{s,m,i,horshad}} - 0,26 \right) \quad (-)$$

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 de la présente annexe ;

$I_{s,m,i,horshad}$  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 de la présente annexe. 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 de la présente annexe. 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'est-à-dire la consommation de combustible) d'une installation de cogénération est calculée aux § 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 § 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 :

$$\text{Eq. 130 } W_{cogen,i,m} = \frac{\varepsilon_{cogen,elec}}{3,6} \cdot Q_{cogen,final,i,m} \quad (\text{kWh})$$

avec :

$\varepsilon_{cogen,elec}$  le rendement de conversion électrique de l'installation de cogénération, tel que déterminé au § A.2 de l'annexe PEN au présent arrêté ;

$Q_{cogen,final,i,m}$  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 de l'installation de cogénération  $i$ , conformément à la quantité de chaleur utile que cette installation de cogénération peut fournir :

$$\begin{aligned}
 \text{Eq. 131 } Q_{\text{cogen,final},i,m} &= \sum_i f_{\text{heat},m,\text{pref}} \cdot (1 - f_{\text{as,heat,sec},i,m}) \cdot Q_{\text{heat,gross,sec},i,m} / \eta_{\text{gen,heat,cogen}} \\
 &+ \sum_i f_{\text{water,bath},i,m,\text{pref}} \cdot (1 - f_{\text{as,water,bath},i,m}) \cdot Q_{\text{water,bath},i,\text{gross},m} / \eta_{\text{gen,water,bath},i,m,\text{cogen}} \\
 &+ \sum_i f_{\text{water,sink},i,m,\text{pref}} \cdot (1 - f_{\text{as,water,sink},i,m}) \cdot Q_{\text{water,sink},i,\text{gross},m} / \eta_{\text{gen,water,sink},i,m,\text{cogen}} \quad (\text{MJ})
 \end{aligned}$$

avec :

$f_{\text{heat},m,\text{pref}}$	la part de la cogénération dans la fourniture de chaleur d'un secteur énergétique $i$ , déterminée selon le § 10.2.2 ;
$f_{\text{as},m}$	la part du besoin de chaleur total couvert par le système d'énergie solaire thermique, déterminée selon le § 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 $i$ , soit pour l'évier de cuisine $i$ , respectivement ;
$Q_{\text{heat,gross,sec},i,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique $i$ , déterminés selon le § 9.2.1, en MJ ;
$\eta_{\text{gen,heat,cogen}}$	le rendement de production mensuel de l'installation de cogénération, déterminé selon le § 10.2.3, (-) ;
$f_{\text{water,bath},i,m,\text{pref}}$	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 le § 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 le § 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 le § 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 le § 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 le § 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 le § 10.3.3, (-).

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

## 13 Consommation caractéristique 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 PER comme suit :

$$\text{Eq. 132} \quad E_{\text{char ann prim en cons}} = \sum_{m=1}^{12} (E_{p,\text{heat},m} + E_{p,\text{water},m} + E_{p,\text{aux},m} + E_{p,\text{cool},m} - E_{p,\text{pv},m} - E_{p,\text{cogen},m}) \quad (\text{MJ})$$

avec :

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

$$\text{Eq. 133} \quad E_{p,\text{heat},m} = \sum_i (f_p \cdot Q_{\text{heat,final,sec } i,m,\text{pref}} + f_p \cdot Q_{\text{heat,final,sec } i,m,\text{npref}}) \quad (\text{MJ})$$

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 l'arrêté « Lignes directrices », (-) ;
$Q_{\text{heat,final,sec } i,m,\text{pref}}$	la consommation finale mensuelle d'énergie du/des producteur(s) préférentiel(s) destiné au chauffage des locaux d'un secteur énergétique $i$ , à l'exception de l'énergie des auxiliaires, déterminée selon le § 10.2.2, en MJ ;
$Q_{\text{heat,final,sec } i,m,\text{npref}}$	la consommation finale mensuelle d'énergie du/des producteur(s) non préférentiel(s) destiné au chauffage des

locaux d'un secteur énergétique  $i$ , à l'exception de l'énergie auxiliaire, déterminée selon le § 10.2.2, en MJ.

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

### 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 PER pour la préparation d'eau chaude sanitaire comme suit :

$$\text{Eq. 134 } E_{p,\text{water},m} = \sum_i \left( f_p \cdot Q_{\text{water,bath } i,\text{final},m,\text{pref}} + f_p \cdot Q_{\text{water,bath } i,\text{final},m,\text{npref}} \right) + \sum_i \left( f_p \cdot Q_{\text{water,sink } i,\text{final},m,\text{pref}} + f_p \cdot Q_{\text{water,sink } i,\text{final},m,\text{npref}} \right) \quad (\text{MJ})$$

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 l'arrêté « Lignes directrices », (-) ;
- $Q_{\text{water,bath } i,\text{final},m,\text{pref}}$  la consommation finale mensuelle d'énergie du/des producteur(s) préférentiel(s) pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou une baignoire  $i$ , déterminée selon le § 10.3.2, en MJ ;
- $Q_{\text{water,bath } i,\text{final},m,\text{npref}}$  la consommation finale mensuelle d'énergie du/des producteur(s) non préférentiel(s) pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou une baignoire  $i$ , déterminée selon le § 10.3.2, en MJ ;
- $Q_{\text{water,sink } i,\text{final},m,\text{pref}}$  la consommation finale mensuelle d'énergie du/des producteur(s) préférentiel(s) pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine  $i$ , déterminée selon le § 10.3.2, en MJ ;
- $Q_{\text{water,sink } i,\text{final},m,\text{npref}}$  la consommation finale mensuelle d'énergie du/des producteur(s) non préférentiel(s) pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine  $i$ , déterminée selon le § 10.3.2, en MJ.

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

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

On calcule la consommation d'énergie primaire des auxiliaires, la ventilation et le pré-refroidissement,  $E_{p,\text{aux},m}$ , comme suit :

$$\text{Eq. 319 } E_{p,\text{aux},m} = f_p \cdot 3,6 \cdot \left( W_{\text{aux,fans},m} + W_{\text{aux,dis},m} + W_{\text{aux,gen},m} + W_{\text{aux,precool},m} \right) \quad (\text{MJ})$$

avec :

- $f_p$  le facteur de conversion conventionnel en énergie primaire de la source d'énergie considérée, tel qu'établi dans l'arrêté « Lignes directrices », (-) ;
- $W_{\text{aux,fans},m}$  la consommation mensuelle d'électricité pour les ventilateurs dans l'unité PER, déterminée selon le § 11.2, en kWh ;

$W_{aux,dis,m}$	la consommation mensuelle d'énergie auxiliaire électrique pour la distribution dans l'unité PER, déterminée selon le § 11.1.1, en kWh ;
$W_{aux,gen,m}$	la consommation mensuelle d'énergie auxiliaire électrique pour la production dans l'unité PER, déterminée selon le § 11.1.2, en kWh ;
$W_{aux,precool,m}$	la consommation mensuelle d'électricité pour le pré-refroidissement de l'alimentation en air, déterminée selon le § 11.3, en kWh.

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

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

$$\text{Eq. 136 } E_{p,cool,m} = \sum_i (f_p \cdot 3,6 \cdot Q_{cool,final,sec\ i,m}) \quad (\text{MJ})$$

avec :

$Q_{cool,final,sec\ i,m}$	la consommation mensuelle équivalente d'énergie pour le refroidissement, déterminée selon le § 10.5, en kWh ;
$f_p$	le facteur conventionnel de conversion en énergie primaire pour l'électricité, tel qu'établi dans l'arrêté « Lignes directrices », (-).

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

### 13.7 L'économie d'énergie primaire résultant de la production d'électricité d'une installation solaire photovoltaïque

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

$$\text{Eq. 137 } E_{p,pv,m} = \sum_i (f_p \cdot 3,6 \cdot W_{pv,m,i}) \quad (\text{MJ})$$

avec :

$f_p$	le facteur conventionnel de conversion en énergie primaire pour l'électricité, tel qu'établi dans l'arrêté « Lignes directrices », (-).
$W_{pv,m,i}$	la production mensuelle d'électricité du système d'énergie solaire photovoltaïque $i$ , déterminée selon le § 12.1.2, en kWh.

Il faut faire une somme sur tous les systèmes d'énergie solaire photovoltaïque  $i$ , tenant compte des règles de distribution telles que déterminées au § 12.1.1.

### 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 :

$$\text{Eq. 138 } E_{p,\text{cogen},m} = \sum_i (f_p \cdot 3,6 \cdot W_{\text{cogen},m,i}) \quad (\text{MJ})$$

avec :

$f_p$  le facteur conventionnel de conversion en énergie primaire pour l'électricité autoproduite par cogénération, tel qu'établi dans l'arrêté « Lignes directrices », (-) ;

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

Il faut faire une somme sur toutes les installations de cogénération sur site  $i$  de l'unité PER.

## 14 Emissions de CO<sub>2</sub>

### 14.1 Préambule

La consommation d'énergie finale se compose d'une quantité de combustibles consommée et d'une quantité d'électricité consommée. Ces éléments s'accompagnent de certaines émissions de CO<sub>2</sub>. L'électricité produite par des installations photovoltaïques et/ou de cogénération induit des émissions de CO<sub>2</sub> évitées lors de la production d'électricité conventionnelle et est déduite. Ces émissions de CO<sub>2</sub> peuvent être déterminées par consommation partielle et ensuite additionnées afin d'obtenir les émissions caractéristiques annuelles de CO<sub>2</sub>.

Les facteurs d'émission de CO<sub>2</sub> ( $f_{CO_2}$ ) des différents vecteurs énergétiques sont repris à l'Annexe F de la présente annexe.

### 14.2 Emissions caractéristiques annuelles de CO<sub>2</sub>

On détermine les émissions caractéristiques annuelles de CO<sub>2</sub> résultant de la consommation d'énergie de l'unité PER comme suit :

$$\text{Eq. 241} \quad CO_{2,tot} = \sum_{m=1}^{12} (CO_{2,heat,m} + CO_{2,water,m} + CO_{2,aux,m} + CO_{2,cool,m} - CO_{2,PV,m} - CO_{2,cogen,m}) \quad (\text{kg})$$

$CO_{2,heat,m}$	les émissions mensuelles de CO <sub>2</sub> résultant du chauffage des locaux, déterminées selon le § 14.3, en kg ;
$CO_{2,water,m}$	les émissions mensuelles de CO <sub>2</sub> résultant de la préparation d'eau chaude sanitaire, déterminées selon le § 14.4, en kg ;
$CO_{2,aux,m}$	les émissions mensuelles de CO <sub>2</sub> résultant des auxiliaires, déterminées selon le § 14.5, en kg ;
$CO_{2,cool,m}$	les émissions mensuelles de CO <sub>2</sub> équivalentes résultant du refroidissement, déterminées selon le § 14.6, en kg ;
$CO_{2,PV,m}$	les émissions mensuelles de CO <sub>2</sub> évitées résultant de la production d'électricité des systèmes d'énergie solaire photovoltaïque sur site, déterminées selon le § 14.7, en kg ;
$CO_{2,cogen,m}$	les émissions mensuelles de CO <sub>2</sub> évitées résultant de la production d'électricité d'une installation de cogénération sur site, déterminées selon le § 14.8, en kg.

### 14.3 Emissions mensuelles de CO<sub>2</sub> résultant du chauffage des locaux

On détermine les émissions mensuelles de CO<sub>2</sub> de l'unité PER résultant du chauffage des locaux comme suit :

$$\text{Eq. 242} \quad CO_{2,heat,m} = \sum_i (f_{CO_2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot Q_{heat,final,sec\ i,m,pref} + f_{CO_2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot Q_{heat,final,sec\ i,m,npref}) \quad (\text{kg})$$

avec :

$f_{CO_2}$	le facteur d'émissions de CO <sub>2</sub> du vecteur énergétique du générateur considéré, par rapport au pouvoir calorifique inférieur, tel que repris à l'arrêté « Lignes directrices », en (kg/MJ) ;
$f_{NCV/GCV}$	un facteur de multiplication égal au rapport du pouvoir calorifique inférieur sur le pouvoir calorifique supérieur du

combustible utilisé, tel que repris à l'Annexe F de la présente annexe, (-) ;

$Q_{\text{heat,final,sec } i, \text{m,pref}}$  la consommation finale mensuelle d'énergie du/des producteur(s) préférentiel(s) destiné au chauffage des locaux du secteur énergétique  $i$ , à l'exception de l'énergie des auxiliaires, déterminée selon le § 10.2.2 (MJ) ;

$Q_{\text{heat,final,sec } i, \text{m,npref}}$  la consommation finale mensuelle d'énergie du/des producteur(s) non préférentiel(s) destiné au chauffage des locaux du secteur énergétique  $i$ , à l'exception de l'énergie auxiliaire, déterminée selon le § 10.2.2 (MJ).

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

#### 14.4 Emissions mensuelles de CO<sub>2</sub> résultant de la préparation d'eau chaude sanitaire

On détermine les émissions mensuelles de CO<sub>2</sub> de l'unité PER résultant de la préparation d'eau chaude sanitaire comme suit :

$$\text{Eq. 243} \quad \text{CO}_{2, \text{water, m}} = \sum_i (f_{\text{CO}_2} \cdot f_{\text{NCV/GCV}} \cdot Q_{\text{water, bath } i, \text{final, m, pref}} + f_{\text{CO}_2} \cdot f_{\text{NCV/GCV}} \cdot Q_{\text{water, bath } i, \text{final, m, npref}}) + \sum_i (f_{\text{CO}_2} \cdot f_{\text{NCV/GCV}} \cdot Q_{\text{water, sink } i, \text{final, m, pref}} + f_{\text{CO}_2} \cdot f_{\text{NCV/GCV}} \cdot Q_{\text{water, sink } i, \text{final, m, npref}}) \quad (\text{kg})$$

avec :

$f_{\text{CO}_2}$  le facteur d'émissions de CO<sub>2</sub> du vecteur énergétique du générateur considéré, par rapport au pouvoir calorifique inférieur, tel que repris à l' l'arrêté « Lignes directrices », en (kg/MJ) ;

$f_{\text{NCV/GCV}}$  un facteur de multiplication égal au rapport du pouvoir calorifique inférieur sur le pouvoir calorifique supérieur du combustible utilisé, tel que repris à l'Annexe F de la présente annexe, (-) ;

$Q_{\text{water, bath } i, \text{final, m, pref}}$  la consommation finale mensuelle d'énergie du/des producteur(s) préférentiel(s) pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou une baignoire  $i$ , déterminée selon le § 10.3.2, en MJ ;

$Q_{\text{water, bath } i, \text{final, m, npref}}$  la consommation finale mensuelle d'énergie du/des producteur(s) non préférentiel(s) pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou une baignoire  $i$ , déterminée selon le § 10.3.2, en MJ ;

$Q_{\text{water, sink } i, \text{final, m, pref}}$  la consommation finale mensuelle d'énergie du/des producteur(s) préférentiel(s) pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine  $i$ , déterminée selon le § 10.3.2, en MJ ;

$Q_{\text{water, sink } i, \text{final, m, npref}}$  la consommation finale mensuelle d'énergie du/des producteur(s) non préférentiel(s) pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine  $i$ , déterminée selon le § 10.3.2, en MJ.

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

#### 14.5 Emissions mensuelles de CO<sub>2</sub> résultant de la consommation d'énergie auxiliaire

On détermine les émissions mensuelles de CO<sub>2</sub> de l'unité PER résultant des auxiliaires, comme suit :

$$\text{Eq. 320 } CO_{2,aux,m} = f_{CO_2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot 3,6 \cdot (W_{aux,fans,m} + W_{aux,dis,m} + W_{aux,gen,m} + W_{aux,precool,m}) \quad (\text{kg})$$

avec :

$f_{CO_2}$	le facteur d'émissions de CO <sub>2</sub> du vecteur énergétique du générateur considéré, par rapport au pouvoir calorifique inférieur, tel que repris à l' l'arrêté « Lignes directrices », en (kg/MJ) ;
$f_{NCV/GCV}$	un facteur de multiplication égal au rapport du pouvoir calorifique inférieur sur le pouvoir calorifique supérieur du combustible utilisé, tel que repris à l'Annexe F de la présente annexe, (-) ;
$W_{aux,fans,m}$	la consommation mensuelle d'électricité pour les ventilateurs dans l'unité PER, déterminée selon le § 11.2, en kWh ;
$W_{aux,dis,m}$	la consommation mensuelle d'énergie auxiliaire électrique pour la distribution dans l'unité PER, déterminée selon le § 11.1.1, en kWh ;
$W_{aux,gen,m}$	la consommation mensuelle d'énergie auxiliaire électrique pour la production dans l'unité PER, déterminée selon le § 11.1.2, en kWh ;
$W_{aux,precool,m}$	la consommation mensuelle d'électricité pour le pré-refroidissement de l'alimentation en air, déterminée selon le § 11.3, en kWh.

Il faut faire une somme sur toutes les veilleuses  $i$  des générateurs contribuant au chauffage et/ou à la production d'eau chaude sanitaire de l'unité PER.

#### 14.6 Emissions mensuelles de CO<sub>2</sub> résultant du refroidissement

On détermine les émissions mensuelles de CO<sub>2</sub> équivalentes de l'unité PER résultant du refroidissement comme suit :

$$\text{Eq. 245 } CO_{2,cool,m} = \sum_i (s_{cool,i} \cdot f_{CO_2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot 3,6 \cdot Q_{cool,final,sec i,m}) \quad (\text{kg})$$

avec :

$s_{cool,i}$	un facteur de multiplication déterminé par secteur énergétique $i$ et dont la valeur s'élève à : 1, si un refroidissement actif est effectivement placé ; 0, si aucun refroidissement actif n'est placé ;
$f_{CO_2}$	le facteur d'émissions de CO <sub>2</sub> du vecteur énergétique du générateur considéré, par rapport au pouvoir calorifique inférieur, tel que repris à l' l'arrêté « Lignes directrices », en (kg/MJ) ;
$f_{NCV/GCV}$	un facteur de multiplication égal au rapport du pouvoir calorifique inférieur sur le pouvoir calorifique supérieur du combustible utilisé, tel que repris à l'Annexe F de la présente annexe, (-) ;
$Q_{cool,final,sec i,m}$	la consommation mensuelle équivalente d'énergie pour le refroidissement, déterminée selon le § 10.5, en kWh.

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

#### 14.7 Emissions mensuelles de CO<sub>2</sub> évitées résultant de la production d'électricité d'une installation solaire photovoltaïque sur site

On détermine les émissions mensuelles de CO<sub>2</sub> de l'unité PER évitées résultant de la production d'électricité des systèmes d'énergie solaire photovoltaïque sur site comme suit :

$$\text{Eq. 246 } CO_{2,PV,m} = \sum_i (f_{CO_2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot 3,6 \cdot W_{PV,m,i}) \quad (\text{kg})$$

avec :

$f_{CO_2}$  le facteur d'émissions de CO<sub>2</sub> du vecteur énergétique du générateur considéré, par rapport au pouvoir calorifique inférieur, tel que repris à l' l'arrêté « Lignes directrices », en (kg/MJ) ;

$f_{NCV/GCV}$  un facteur de multiplication égal au rapport du pouvoir calorifique inférieur sur le pouvoir calorifique supérieur du combustible utilisé, tel que repris à l'Annexe F de la présente annexe, (-) ;

$W_{PV,m,i}$  la production mensuelle d'électricité du système d'énergie solaire photovoltaïque i, déterminée selon le § 12.1.2, en kWh.

Il faut faire une somme sur toutes les installations solaires photovoltaïques sur site i de l'unité PER, tenant compte des règles de distribution telles que déterminées dans 12,1,1.

#### 14.8 Emissions mensuelles de CO<sub>2</sub> évitées résultant de la production d'électricité d'une installation de cogénération sur site

On détermine les émissions mensuelles de CO<sub>2</sub> de l'unité PER évitées résultant de la production d'électricité d'une installation de cogénération sur site comme suit :

$$\text{Eq. 247 } CO_{2,PV,m} = \sum_i (f_{CO_2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot 3,6 \cdot W_{cogen,m,i}) \quad (\text{kg})$$

avec :

$f_{CO_2}$  le facteur d'émissions de CO<sub>2</sub> du vecteur énergétique du générateur considéré, par rapport au pouvoir calorifique inférieur, tel que repris à l' l'arrêté « Lignes directrices », en (kg/MJ) ;

$f_{NCV/GCV}$  un facteur de multiplication égal au rapport du pouvoir calorifique inférieur sur le pouvoir calorifique supérieur du combustible utilisé, tel que repris à l'Annexe F de la présente annexe, (-) ;

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

Il faut faire une somme sur toutes les installations de cogénération sur site i de l'unité PER.

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

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

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

### **A.1 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 de 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.

### **A.2 Possibilité 2**

Cette possibilité s'applique uniquement si l'espace adjacent non chauffé jouxte un 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 déterminer des spécifications complémentaires 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 (par ventilation 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 la norme NBN EN ISO 13789. Pour le traitement des nœuds constructifs, on applique les mêmes règles que celles du § 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 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 la paroi extérieure 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  $0,95 \cdot F_F \cdot g_g$  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 VHNR 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 PER 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.

Conformément aux règles relatives à la subdivision d'une unité PER en secteurs énergétiques tel qu'établi au § 5.3, un secteur énergétique ne peut pas couvrir plusieurs zones de ventilation, puisqu'un secteur énergétique doit être équipé du même type de système de ventilation. Mais une zone de ventilation peut se composer de plusieurs secteurs énergétiques, par exemple parce que les différentes parties ont des systèmes d'émission de chaleur différents (par exemple, un logement avec un seul système de ventilation, mais avec des radiateurs au 1<sup>er</sup> étage et un chauffage par le sol au rez-de-chaussée).

Le Ministre peut déterminer les règles à respecter pour les mesures des débits local par local, utilisées dans les calculs détaillés des facteurs  $m_{\text{sec } i}$  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 :

$$\text{Eq. 139 } m_{\text{heat,sec } i} = m_{\text{cool,sec } i} = m_{\text{overh,sec } i} = m_{\text{sec } i} = m_{\text{sec } i} = m_{\text{zone } z} \quad (-)$$

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

Chaque fois que dans ce paragraphe il est 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 conduits d'évacuation naturelle

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

$$\text{Eq. 140 } m_{\text{zone } z} = 1,0 + 0,5 \cdot \left( \frac{r_{\text{nat.supply, zone } z} + r_{\text{nat.exh, zone } z} + r_{\text{leak,stack, zone } z}}{r_{\text{nat.supply, zone } z, \text{def}} + r_{\text{nat.exh, zone } z, \text{def}} + r_{\text{leak,stack, zone } z, \text{def}}} \right) \quad (-)$$

avec :

$r_{\text{nat.supply, zone } z}$	un facteur de correction prenant en compte le fait que les ouvertures d'alimentation réglables sont autoréglables dans la zone de ventilation $z$ , tel que déterminé ci-dessous, (-) ;
$r_{\text{nat.exh, zone } z}$	un facteur de correction prenant en compte le fait que les ouvertures d'évacuation réglables sont autoréglables dans la zone de ventilation $z$ , tel que déterminé ci-dessous, (-) ;
$r_{\text{leak,stack, zone } z}$	un facteur de correction pour le manque d'étanchéité à l'air des conduits d'évacuation dans la zone de ventilation $z$ , tel que déterminé ci-dessous, (-) ;
$r_{\text{nat.supply, zone } z, \text{def}}$	la valeur par défaut pour $r_{\text{nat.supply, zone } z}$ , telle que déterminée ci-dessous, (-) ;
$r_{\text{nat.exh, zone } z, \text{def}}$	la valeur par défaut pour $r_{\text{nat.exh, zone } z}$ , telle que déterminée ci-dessous, (-) ;
$r_{\text{leak,stack, zone } z, \text{def}}$	la valeur par défaut pour $r_{\text{leak, stack, zone } z}$ , telle que déterminée ci-dessous, (-) ;

##### B.1.1.1 Facteur de correction $r_{\text{nat.supply, zone } z}$

Les ouvertures d'alimentation naturelle qui ont été testées conformément à la norme NBN EN 13141-1 peuvent être classées dans une catégorie donnée selon le

Tableau [18]. 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  $r_{\text{nat. supply, zone } z}$  de la zone de ventilation  $z$  au classement en catégories tel qu'indiqué au Tableau [19]. 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] : Classe de réglage 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>
$0 \leq P < 2$ Pa		$\geq 0,8\sqrt{(P/2)}$ et $\leq 1,20q_N$			
2 Pa	$q_N$	$q_N$	$q_N$	$q_N$	$q_N$
$2 < P < 5$ 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 - 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 - 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 - 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 - 100 Pa		$\leq 3,0q_N$	$\leq 2,0q_N$	$\leq 2,0q_N$	$\leq 2,0q_N$
100 - 200 Pa		$\leq 4,0q_N$	$\leq 3,0q_N$	$\leq 3,0q_N$	$\leq 3,0q_N$

**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

**B.1.1.2 Facteur de correction  $r_{\text{nat. exh, zone } z}$** 

On affecte la valeur suivante aux bouches d'évacuation naturelles qui ne sont pas autorégulatrices :  $r_{\text{nat. exh, zone } z} = 0,20$

C'est également la valeur par défaut.

On peut déterminer des valeurs meilleures suivant des spécifications déterminées par le Ministre.

**B.1.1.3 Facteur de correction  $r_{\text{leak, stack, zone } z}$** 

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

$$\text{Eq. 141 } r_{\text{leak, stack, zone } z} = \frac{\sum_k \dot{V}_{\text{leak, stack, zone } z, k}}{\dot{V}_{\text{req, exh, zone } z}} \quad (-)$$

avec :

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

$\dot{V}_{\text{req, exh, zone } z}$  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  $\text{m}^3/\text{h}$ .

Il faut faire une somme sur tous les conduites d'évacuation naturelle  $k$  présentes dans la zone de ventilation  $z$ . On détermine le débit de fuite  $\dot{V}_{\text{leak, stack, zone } z, k}$  d'une conduite d'évacuation naturelle  $k$  à la pression de service intermittente selon les spécifications déterminées par le Ministre, ou en l'absence de celle-ci, conformément aux procédures décrites dans la norme 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,  $r_{\text{leak, stack, zone } z} = 0,025$ . 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 conduits 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 conduits d'évacuation naturelle.

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

$$\text{Eq. 142 } m_{zone z} = 1,0 + 0,5 \cdot \left( \frac{r_{\text{mech. supply, zone } z} + r_{\text{nat. exh, zone } z} + r_{\text{leak, stack, zone } z}}{r_{\text{mech. supply, zone } z, \text{def}} + r_{\text{nat. exh, zone } z, \text{def}} + r_{\text{leak, stack, zone } z, \text{def}}} \right) \quad (-)$$

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 pour le manque d'étanchéité à l'air des conduits 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 selon le § B.1.1, (-) ;
$r_{\text{leak, stack, zone } z}$	un facteur de correction pour le manque d'étanchéité à l'air des conduits d'extraction dans la zone de ventilation $z$ , tel que déterminé selon le § B.1.1, (-) ;
$r_{\text{mech. supply, zone } z, \text{def}}$	la valeur par défaut pour $r_{\text{mech. supply, zone } z}$ , telle que déterminée ci-dessous, (-) ;
$r_{\text{nat. exh, zone } z, \text{def}}$	la valeur par défaut pour $r_{\text{nat. exh, zone } z}$ , telle que déterminée selon le § B.1.1, (-) ;
$r_{\text{leak, stack, zone } z, \text{def}}$	la valeur par défaut pour $r_{\text{leak, stack, zone } z}$ , telle que déterminée selon le § B.1.1, (-) ;

#### B.1.2.1 Facteur de correction $r_{\text{mech. supply, zone } z}$

On calcule  $r_{\text{mech. supply, zone } z}$  par zone de ventilation  $z$  comme suit :

$$\text{Eq. 143 } r_{\text{mech. supply, zone } z} = r_{\text{adj. mech. supply, zone } z} + \frac{\sum \dot{V}_{\text{leak, supply duct, zone } z, l}}{\dot{V}_{\text{req, mech. supply, zone } z}} \quad (-)$$

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 $z$ , telles que déterminées ci-dessous, (-) ;
$\dot{V}_{\text{leak, supply duct, zone } z, l}$	les pertes par les fuites des conduits d'insufflation $l$ dans la zone de ventilation $z$ , à la position nominale des ventilateurs, en $\text{m}^3/\text{h}$ , tel que déterminé ci-dessous ;

$\dot{V}_{\text{req,mech.supply,zone } z}$  le débit d'insufflation total exigé de la zone de ventilation  $z$ , égal à la somme des débits d'insufflation en air neuf exigés pour chacun des locaux, en  $\text{m}^3/\text{h}$ .

Dans le deuxième terme, il faut faire une somme sur tous les réseaux de conduits 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 :

•

$$\text{Eq. 144 } r_{\text{adj,mech.supply,zone } z} = \max \left[ 0 ; \min \left\{ 0,20 ; \frac{\sum_j \dot{V}_{\text{meas,mech.supply,rm } j}}{\dot{V}_{\text{req,mech.supply,zone } z}} - 1,20 \right\} \right] \quad (-)$$

où il faut faire une somme sur tous les débits mécaniques mesurés par local ( $\dot{V}_{\text{meas,mech.supply,rm } j}$ , en  $\text{m}^3/\text{h}$ ), de tous les locaux d'alimentation  $j$  de la zone de ventilation  $z$ .  $\dot{V}_{\text{req,mech.supply,zone } z}$  est le débit d'insufflation mécanique total exigé dans la zone de ventilation  $z$  et est égale à la somme des débits d'insufflation en air neuf exigés des locaux individuels, en  $\text{m}^3/\text{h}$ ,

- sinon :

$$r_{\text{adj,mech.supply,zone } z} = 0,20$$

On détermine les pertes de fuite de tous les réseaux de conduits d'insufflation à la pression de service intermittente dans la zone de ventilation  $z$  comme suit :

- en mesurant chacun des réseaux de conduits d'insufflation Les mesures s'effectuent selon les spécifications déterminées par le Ministre, ou en l'absence de celle-ci, conformément aux procédures décrites dans la norme NBN EN 14134.

- la valeur par défaut est de :

$$\text{Eq. 145} \quad \sum_k \dot{V}_{\text{leak, supply duct, zone } z, k} = 0,18 \cdot \dot{V}_{\text{req, mech. supply, zone } z} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

Cette valeur est d'application :

- si on n'a pas effectué de mesure antérieure pour tous les réseaux de conduits d'insufflation ;
- 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  $m_{\text{zone } z}$  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 conduits d'extraction mécanique.

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

$$\text{Eq. 146} \quad m_{\text{zone } z} = 1,0 + 0,5 \cdot \left( \frac{r_{\text{nat. supply, zone } z} + r_{\text{mech. extr, zone } z}}{r_{\text{nat. supply, zone } z, \text{def}} + r_{\text{mech. extr, zone } z, \text{def}}} \right) \quad (-)$$

avec :

$r_{\text{nat. supply, zone } z}$	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 selon le § B.1.1, (-) ;
$r_{\text{mech. extr, zone } z}$	un facteur de correction pour la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'extraction dans chacun des locaux et pour le manque d'étanchéité à l'air des conduits d'extraction mécanique dans la zone de ventilation $z$ , tel que déterminé ci-dessous, (-) ;
$r_{\text{nat. supply, zone } z, \text{def}}$	la valeur par défaut pour $r_{\text{nat. supply, zone } z}$ , telle que déterminée selon le § B.1.1, (-) ;
$r_{\text{mech. extr, zone } z, \text{def}}$	la valeur par défaut pour $r_{\text{mech. extr, zone } z}$ , telle que déterminée ci-dessous, (-).

#### B.1.3.1 Facteur de correction $r_{\text{mech. extr, zone } z}$

On calcule  $r_{\text{mech. extr, zone } z}$  par zone de ventilation  $z$  comme suit :

$$\text{Eq. 147} \quad r_{\text{mech. extr, zone } z} = r_{\text{adj, mech. extr, zone } z} + \frac{\sum_m \dot{V}_{\text{leak, extr. duct, zone } z, m}}{\dot{V}_{\text{req, mech. extr, zone } z}} \quad (-)$$

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 conduits d'extraction $m$ dans la zone de ventilation $z$ , à la position nominale des ventilateurs, en $m^3/h$ , telles que déterminées ci-dessous ;
$\dot{V}_{req, mech. extr, zone z}$	le débit d'extraction total exigé de la zone de ventilation $z$ , égal 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 faire une somme sur tous les réseaux de conduits 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 :

$$r_{adj, mech. extr, zone z} = 0,20$$

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 :

$$r_{adj, mech. extr, zone z} = 0$$

- si chacune des valeurs des débits 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 :

$$\text{Eq. 148 } r_{adj, mech. extr, zone z} = \max \left[ 0 ; \min \left\{ 0,20 ; \frac{\sum_j \dot{V}_{meas, mech. extr, rm j}}{\dot{V}_{req, mech. extr, zone z}} - 1,20 \right\} \right] \quad (-)$$

où il faut faire une somme sur tous les débits mécaniques mesurés pour chaque local ( $\dot{V}_{meas, mech. extr, rm j}$ , en  $m^3/h$ ) de tous les locaux d'extraction  $j$  de la zone de ventilation  $z$ .  $\dot{V}_{req, mech. extr, zone z}$  est le débit d'extraction mécanique total exigé dans la zone de ventilation  $z$  et est égal à la somme des débits d'extraction vers l'extérieur exigés de chacun des locaux, en  $m^3/h$ .

- sinon :

$$r_{adj, mech. extr, zone z} = 0,20$$

On détermine les pertes de fuite de tous les réseaux de conduits d'extraction à la pression de service intermittente dans la zone de ventilation  $z$  comme suit :

- en mesurant chacun des réseaux de conduits d'extraction. Les mesures s'effectuent selon les spécifications déterminées par le Ministre, ou en l'absence de celle-ci, conformément aux procédures décrites dans NBN EN 14134.
- la valeur par défaut est de :

$$\text{Eq. 149} \quad \sum_1 \dot{V}_{\text{leak, extr duct, zone } z, l} = 0,18 \cdot \dot{V}_{\text{req, mech. extr, zone } z} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

Cette valeur est d'application :

- si on n'a pas effectué de mesure antérieure pour tous les réseaux de conduits d'extraction ;
- 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 conduits 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 conduits d'extraction mécanique.

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

$$\text{Eq. 150} \quad m_{\text{zone } z} = 1,0 + 0,5 \cdot \frac{r_{\text{all mech, zone } z}}{r_{\text{all mech, zone } z, \text{def}}} \quad (-)$$

avec :

$r_{\text{all mech, zone } z}$  un facteur de correction pour le manque d'étanchéité à l'air des conduits d'insufflation et d'extraction et pour 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, (-) ;

$r_{\text{all mech, zone } z, \text{def}}$  la valeur par défaut pour  $r_{\text{all mech, zone } z}$ , telle que déterminée ci-dessous, (-).

##### B.1.4.1 Facteur de correction $r_{\text{all mech, zone } z}$

On calcule  $r_{\text{all mech, zone } z}$  par zone de ventilation  $z$  comme suit :

$$\text{Eq. 151} \quad r_{\text{all mech, zone } z} = \frac{\max(\dot{V}_{\text{calc, mech. supply, zone } z} ; \dot{V}_{\text{calc, mech. extr, zone } z})}{\max(\dot{V}_{\text{req, mech. supply, zone } z} ; \dot{V}_{\text{req, mech. extr, zone } z})} \quad (-)$$

avec :

$$\text{Eq. 152} \quad \dot{V}_{\text{calc, mech. supply, zone } z} = r_{\text{adj, mech. supply, zone } z} \cdot \dot{V}_{\text{req, mech. supply, zone } z} + \sum_1 \dot{V}_{\text{leak, supply duct, zone } z, l} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

$$\text{Eq. 153} \quad \dot{V}_{\text{calc, mech. extr, zone } z} = r_{\text{adj, mech. extr, zone } z} \cdot \dot{V}_{\text{req, mech. extr, zone } z} + \sum_m \dot{V}_{\text{leak, extr duct, zone } z, m} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

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 selon le § B.1.2, (-) ;

$\dot{V}_{\text{leak, supply duct, zone } z, l}$  les pertes de fuite du réseau de conduits d'insufflation  $l$  dans la zone de ventilation  $z$ , pour la position nominale des ventilateurs, en  $\text{m}^3/\text{h}$ , telles que déterminées selon le § B.1.2 ;

$\dot{V}_{\text{req, mech. supply, zone } z}$  le débit d'extraction total exigé pour la zone de ventilation  $z$ , égal 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 selon le § B.1.3, (-) ;

$\dot{V}_{\text{leak, extr duct, zone } z, m}$  les pertes par les fuites du réseau de conduits d'extraction  $m$  dans la zone de ventilation  $z$ , pour la position nominale des ventilateurs, en  $\text{m}^3/\text{h}$ , telles que déterminées selon le § B.1.3 ;

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

Il faut faire une somme sur tous les réseaux de conduits d'insufflation  $l$  et sur tous les réseaux de conduits d'extraction  $m$  dans la zone de ventilation  $z$ .

## B.2 Facteur de réduction pour préchauffage

Chaque fois que dans ce paragraphe il est question de "débits d'insufflation en air neuf exigés", cela signifie le cas échéant le débit total d'insufflation en air neuf exigé (on considère donc par convention qu'il n'y a aucune recirculation d'air dans l'espace de séjour).

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  $i$  fait partie :

$$\text{Eq. 154} \quad r_{\text{preh, heat, sec } i} = r_{\text{preh, heat, zone } z}$$

$$\text{Eq. 155} \quad r_{\text{preh, cool, sec } i} = r_{\text{preh, cool, zone } z}$$

$$\text{Eq. 156} \quad r_{\text{preh, overh, sec } i} = r_{\text{preh, overh, zone } z}$$

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 spécifications 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, sur base d'une 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 le § 10.2.3.3 ;
- si la pompe à chaleur sert à la préparation d'eau chaude sanitaire, le calcul s'effectue selon le § 10.3.3.

### 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>17</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 :

$$\text{Eq. 157} \quad r_{\text{preh,heat,zone z}} = \frac{\sum_p \left\{ \dot{V}_{\text{in,p}} - e_{\text{heat,hr,p}} \min(\dot{V}_{\text{in,p}}; \dot{V}_{\text{out,p}}) \right\} + \max \left\{ 0, \sum_p (\dot{V}_{\text{out,p}} - \dot{V}_{\text{in,p}}) \right\}}{\max \left( \sum_p \dot{V}_{\text{in,p}}; \sum_p \dot{V}_{\text{out,p}} \right)} \quad (-)$$

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  $e_{\text{heat,hr,p}} = r_p \cdot \eta_{\text{test,p}}$

<sup>17</sup> Par souci de simplification, on ne tient pas compte, par convention tout comme dans le § 7.8.2, de l'interaction possible entre le terme d'in/exfiltration et le terme de ventilation hygiénique.

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 de la présente annexe. 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 de la présente annexe ;

$\dot{V}_{\text{in},p}$  le débit d'air entrant à l'endroit  $p$ , en  $\text{m}^3/\text{h}$ , déterminé tel que décrit ci-dessous ;

$\dot{V}_{\text{out},p}$  le débit d'air sortant à l'endroit  $p$ , en  $\text{m}^3/\text{h}$ , déterminé tel que décrit ci-dessous.

Il faut faire une somme 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 :

$$\text{Eq. 158 } \dot{V}_{\text{in},p} = \dot{V}_{\text{supply, setpoint, nom}, p} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

où on considère la valeur de consigne du débit à l'endroit  $p$  pour la position nominale du ventilateur, en  $\text{m}^3/\text{h}$  ;

- dans tous les autres cas, on a :

$$\text{Eq. 159 } \dot{V}_{\text{in},p} = \dot{V}_{\text{mech supply}, p} + \dot{V}_{\text{leak, supplyduct}, p} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

Pour la détermination des pertes de fuite du réseau de conduits d'insufflation ( $\dot{V}_{\text{leak, supplyduct}, p}$ , en  $\text{m}^3/\text{h}$ ), les mêmes règles s'appliquent que pour la ventilation mécanique simple flux par insufflation (voir § B.1.2). 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  $\dot{V}_{\text{mech supply}, p}$  la somme de ces valeurs mesurées. Dans l'autre cas,  $\dot{V}_{\text{mech supply}, p}$  est supposé égal à la somme des débits d'insufflation en air neuf exigés par local.

Si l'appareil de récupération de chaleur alimente plusieurs unités PEB, il ne faut pas tenir compte des débits des autres unités PEB pour la détermination du facteur de réduction pour préchauffage.

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 :

$$\text{Eq. 160 } \dot{V}_{\text{out},p} = \dot{V}_{\text{extr, setpoint, nom},p} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

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 :

$$\text{Eq. 161 } \dot{V}_{\text{out},p} = \dot{V}_{\text{mechextr},p} + \dot{V}_{\text{leak,extr duct},p} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

En ce qui concerne la détermination des pertes de fuite du réseau de conduits d'extraction ( $\dot{V}_{\text{leak,extr duct},p}$ , en m<sup>3</sup>/h), les mêmes règles que pour la ventilation mécanique simple flux par extraction (voir § B.1.3) 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  $\dot{V}_{\text{mechextr},p}$  la somme de ces valeurs mesurées. Dans l'autre cas,  $\dot{V}_{\text{mechextr},p}$  est supposé égal à la somme des débits d'extraction vers l'extérieur exigés.

Si l'appareil de récupération de chaleur alimente plusieurs unités PEB, il ne faut pas tenir compte des débits des autres unités PEB pour la détermination du facteur de réduction pour préchauffage.

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 :

$$\text{Eq. 162 } r_{\text{preh,overh,zone } z} = r_{\text{preh,cool,zone } z} = \frac{\sum_p \left\{ \dot{V}_{\text{in},p} - e_{\text{cool,hr},p} \min(\dot{V}_{\text{in},p}; \dot{V}_{\text{out},p}) \right\} + \max \left\{ 0, \sum_p (\dot{V}_{\text{out},p} - \dot{V}_{\text{in},p}) \right\}}{\max \left( \sum_p \dot{V}_{\text{in},p}; \sum_p \dot{V}_{\text{out},p} \right)} \quad (-)$$

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 s'il peut être totalement inactivé d'une autre façon (par exemple, par l'arrêt d'une roue thermique rotative), on a :

$$\text{Eq. 163 } e_{\text{cool,hr,p}} = 0 \quad (-)$$

- 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 :

$$\text{Eq. 164 } e_{\text{cool,hr,p}} = 0,5 \times e_{\text{heat,hr,p}} \quad (-)$$

- dans tous les autres cas :

$$\text{Eq. 165 } e_{\text{cool,hr,p}} = e_{\text{heat,hr,p}} \quad (-)$$

### B.3 Pré-refroidissement 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 :

$$\text{Eq. 166 } r_{\text{precool,seci,m}} = r_{\text{precool,zone z,m}} \quad (-)$$

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  $r_{\text{precool,zone z,m}}$  est égale à 1.

Si plusieurs unités PEB utilisent le même système de pré-refroidissement de l'air de ventilation, la valeur par défaut pour  $r_{\text{precool,zone z,m}}$  est égale à 1 ; des valeurs plus favorables sont à déterminer 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 comme suit :

$$\text{Eq. 167 } r_{\text{precool,zone z,m}} = 1 - e_{\text{precool,m}} \cdot \frac{\theta_{\text{precool,ref,max,m}} - (\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m})}{23 - (\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m})} \quad (-)$$

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  $e_{precool,m}$  et  $\theta_{precool,ref,max,m}$  sont développées pour deux types de technologies dans les prochains paragraphes. Pour d'autres technologies,  $r_{precool,zone z,m}$  devra être calculé selon des spécifications déterminées par le Ministre.

### B.3.2 Echangeur 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 $e_{precool,m}$ du système de pré-refroidissement

Pour un échangeur de chaleur sol-eau, la valeur par défaut vaut :

$$\text{Eq. 168 } e_{precool,m} = 0,7 \cdot w_{soil/water,m} \quad (-)$$

avec :

$w_{soil/water,m}$  un facteur mensuel qui tient compte du temps de fonctionnement de l'échangeur de chaleur sol-eau (-) :

$$\begin{aligned} \text{Eq. 169 } & \text{si } \theta_{e,m} - \theta_{soil,m} \leq 0 && \text{alors } w_{soil/water,m} = 0 \\ & \text{si } 0 < \theta_{e,m} - \theta_{soil,m} \leq 2 && \text{alors } w_{soil/water,m} = 0,5 \\ & \text{si } \theta_{e,m} - \theta_{soil,m} > 2 && \text{alors } w_{soil/water,m} = 1 \end{aligned} \quad (-)$$

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 selon le § 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 :

$$\text{Eq. 170 } \theta_{\text{precool, ref, max, m}} = \frac{\left( \frac{e_{\text{wt}} \theta_{\text{soil, m}} - 0,34 \cdot \sum \dot{V}_{\text{hyg, cool, seci}}}{e_{\text{wt}} - 1} (\theta_{\text{e, m}} + \Delta\theta_{\text{e, m}}) \right)}{\left( 1 - \frac{0,34 \cdot \sum \dot{V}_{\text{hyg, cool, seci}}}{1160 \dot{V}_{\text{w}}} + \frac{1}{e_{\text{wt}} - 1} \right)} \quad (^\circ\text{C})$$

avec :

- $\dot{V}_{\text{hyg, cool, seci}}$  le débit de ventilation hygiénique du secteur énergétique  $i$ , pour les calculs de refroidissement, tel que défini selon le §7.8.4, en  $\text{m}^3/\text{h}$  ;
- $\dot{V}_{\text{w}}$  le débit d'eau à travers l'échangeur de chaleur sol-eau, en  $\text{m}^3/\text{h}$  ;
- $e_{\text{wt}}$  l'efficacité de l'échangeur de chaleur sol-eau, telle que déterminée ci-dessous ;
- $\theta_{\text{soil, m}}$  la température moyenne mensuelle du sol définie en fonction de la profondeur des conduites, telle que déterminée ci-dessous, en  $^\circ\text{C}$  ;
- $\theta_{\text{e, m}}$  la température extérieure moyenne mensuelle, en  $^\circ\text{C}$ , selon le Tableau [1] ;
- $\Delta\theta_{\text{e, m}}$  une hausse de la température extérieure moyenne mensuelle pour le calcul du besoin net en énergie pour le refroidissement, égale par hypothèse à  $1^\circ\text{C}$ .

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  $\theta_{\text{soil, m}}$ , 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 :

$$\text{Eq. 171 } \theta_{\text{soil, m}} = \frac{\theta_{\text{soil, 1m, m}} + \theta_{\text{soil, 2m, m}} + \theta_{\text{soil, 3m, m}} + \theta_{\text{soil, 4m, m}} + \theta_{\text{soil, 5m, m}} \cdot (L_{\text{soil / water}} - 4)}{L_{\text{soil / water}}} \quad (^\circ\text{C})$$

$\theta_{\text{soil, 1m, m}}$ ,  $\theta_{\text{soil, 2m, m}}$ ,  $\theta_{\text{soil, 3m, m}}$ ,  $\theta_{\text{soil, 4m, m}}$  et  $\theta_{\text{soil, 5m, m}}$  la température moyenne mensuelle du sol à respectivement 1, 2, 3, 4 et 5 m de profondeur, déduite du Tableau [20], en  $^\circ\text{C}$  ;

$L_{\text{soil / water}}$  la profondeur maximale de la conduite dans le sol, en m.

**Tableau [20] : Température moyenne du sol pour la détermination du  $\theta_{\text{soil, m}}$**

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	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 :

$$\text{Eq. 172 } e_{wt} = 1 - e^{-\frac{\alpha_{wt} A_{wt}}{1160 \dot{V}_w}} \quad (-)$$

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 :

$$\text{Eq. 173 } \alpha_{wt} = \left( \frac{1}{\alpha_i} + \frac{\ln\left(\frac{D_{tube} + 2t_{tube}}{D_{tube}}\right)}{2\lambda_{tube}/D_{tube}} + \frac{\ln\left(\frac{D_{tube} + 2t_{soil}}{D_{tube} + 2t_{tube}}\right)}{2\lambda_{soil}/D_{tube}} \right)^{-1} \quad (W/(m^2.K))$$

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 :

$$\text{Eq. 174 } \alpha_i = 0,58 \frac{Nu}{D_{tube}} \quad (W/(m^2.K))$$

pour une solution eau/glycol (tous les types) :

$$\text{Eq. 175 } \alpha_i = 0,43 \frac{Nu}{D_{tube}} \quad (W/(m^2.K))$$

avec :

$$\text{Eq. 176 } Nu = \left( Nu_{lam}^5 + Nu_{turb}^5 \right)^{1/5} \quad (-)$$

$$\text{Eq. 177 } Nu_{\text{lam}} = \left[ 3,66^3 + 1,61^3 \cdot \left( \frac{Re \cdot Pr \cdot D_{\text{tube}}}{L_{\text{tube}}} \right) \right]^{1/3} \quad (-)$$

avec :

$$\text{Eq. 178 } Nu_{\text{turb}} = \frac{f_{\text{turb}} \cdot (Re - 1000) \cdot Pr}{2 \times \left( 1 + 12,7 \cdot \sqrt{\frac{f_{\text{turb}}}{2}} \cdot (Pr^{2/3} - 1) \right)} \quad (-)$$

avec :

$$\text{Eq. 179 } f_{\text{turb}} = (1,58 \cdot \ln Re - 3,28)^{-2} \quad (-)$$

avec :

- pour l'eau :

$$\text{Eq. 180 } Re = 996200 \frac{4}{3600\pi n_{\text{tube}} D_{\text{tube}}} \dot{V}_w \quad (-)$$

$$Pr = 7$$

- pour une solution eau/glycol (tous les types) :

$$\text{Eq. 181 } Re = 624200 \frac{4}{3600\pi n_{\text{tube}} D_{\text{tube}}} \dot{V}_w \quad (-)$$

$$Pr = 12,5$$

L'épaisseur du massif de terre autour de la conduite considérée,  $t_{\text{soil}}$ , est donnée par :

$$\text{Eq. 182 } t_{\text{soil}} = \frac{p_{\text{tube}} - D_{\text{tube}}}{2} \text{ si } p_{\text{tube}} - D_{\text{tube}} < 0,5$$

$$t_{\text{soil}} = 0,25 \text{ si } p_{\text{tube}} - D_{\text{tube}} \geq 0,5 \quad (m)$$

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 :

$$\text{Eq. 183 } A_{\text{wt}} = \pi \cdot D_{\text{tube}} \cdot L_{\text{tube}} \cdot n_{\text{tube}} \quad (m^2)$$

$D_{\text{tube}}$  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 d'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  $r_{\text{precool,zone } z,m}$  devra être déterminé sur base d'une demande 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 :

$$\text{Eq. 184 } e_{\text{precool},m} = 0,8 \cdot w_{\text{evap},m} \quad (-)$$

avec :

$w_{\text{evap},m}$  un facteur mensuel qui tient compte du temps de fonctionnement du refroidissement par évaporation (-) :

$$\begin{aligned} \text{Eq. 185 } & \text{si } Q_{\text{cool,net},m} \leq 0 \text{ alors } w_{\text{evap},m} = 0 \\ & \text{si } Q_{\text{cool,net},m} > 0 \text{ alors } w_{\text{evap},m} = 1 \end{aligned} \quad (\text{MJ})$$

avec :

$Q_{\text{cool,net,seci},m}$  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 $\theta_{\text{precool,ref,max},m}$

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  $\theta_{\text{precool,ref,max},m}$  est égale à la température moyenne mensuelle humide, donnée au Tableau [21].

Tableau [21] : Température mensuelle moyenne humide (°C)

Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
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'ensoleillement mensuel

### C.1 Introduction

La présente annexe décrit les algorithmes de calcul de l'ensoleillement mensuel d'une surface quelconque  $j$ . L'ensoleillement est calculé pour les fenêtres, les systèmes d'énergie solaire passifs, les capteurs solaires thermiques et les systèmes 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 sur le 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

#### C.2.1 Généralités

Une surface ensoleillée  $j$  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.

#### C.2.2 Géométrie d'un obstacle

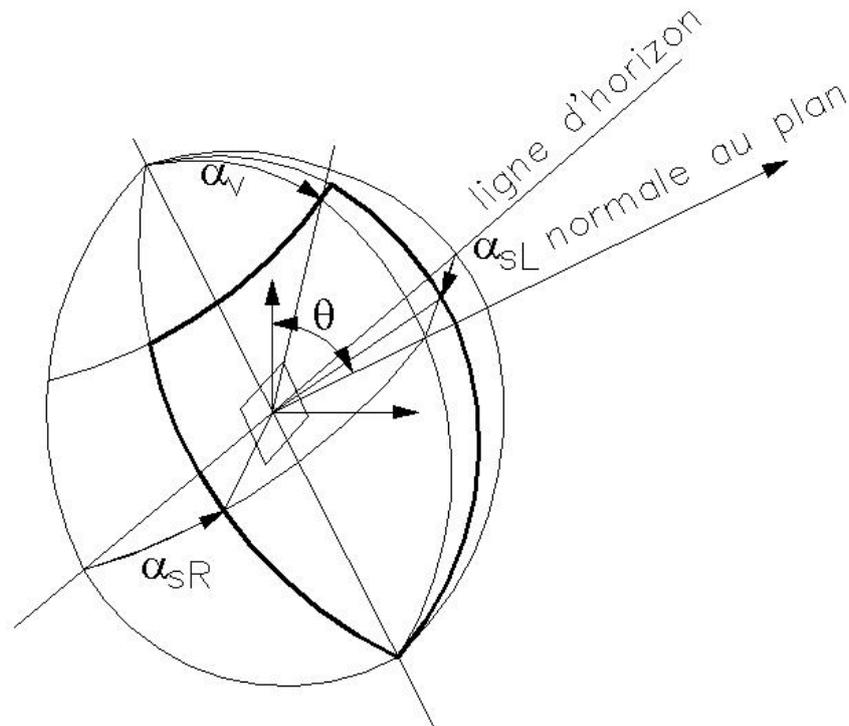
Les obstacles sont schématisés par un seul plan appelé plan d'obstacle vertical. L'angle d'obstruction  $\alpha_h$  est l'angle entre l'horizontale et la ligne reliant le point central de la surface ensoleillée au bord supérieur du plan d'obstacle vertical.

#### C.2.3 Géométrie des saillies

Les saillies sont schématisées par une saillie horizontale et deux 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  $180^\circ$ ) tels qu'indiqués 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.

Figure [1] : Géométrie des saillies



#### C.2.4 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 :
  - angle d'obstruction  $\alpha_h$  :  $25^\circ$
  - 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 de surchauffe :
  - angle d'obstruction  $\alpha_h$  :  $15^\circ$
  - angle de saillie à gauche  $\alpha_{sL}$ , à droite  $\alpha_{sR}$  et verticale  $\alpha_v$  :  $0^\circ$

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

#### C.3.1 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.

$$\text{Eq. 186 } I_{s,m,j,\text{unshad}} = I_{s,\text{dir},m,j,\text{unshad}} + I_{s,\text{dif},m,j,\text{unshad}} + I_{s,\text{refl},m,j,\text{unshad}} \quad (\text{MJ/m}^2)$$

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.

### C.3.2 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 le Tableau [1].

On détermine l'ensoleillement direct mensuel d'un plan non ombragé comme suit :

$$\text{Eq. 187 } I_{s,dir,m,j,unshad} = \left[ I_{s,tot,m,hor} - I_{s,dif,m,hor} \right] \frac{Q_{s,dir,char,j}}{Q_{s,dir,char,hor}} \quad (\text{MJ/m}^2)$$

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 le Tableau [1] ;
$I_{s,dif,m,hor}$	l'ensoleillement mensuel diffus d'un plan horizontal non ombragé pour l'année de référence à Uccle en MJ/m <sup>2</sup> , voir le 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 :

$$\text{Eq. 188 } Q_{s,dir,char,j} = 240 \times \sum_{\omega_1}^{\omega_2} \max\{0 ; [q_{s,dir,n} \cdot \cos \chi_{s,j} \cdot \Delta\omega]\} \quad (\text{J}/(\text{m}^2 \cdot \text{jour}))$$

$$\text{Eq. 189 } Q_{s,dir,char,hor} = 240 \times \sum_{\omega_3}^{\omega_4} \max\{0 ; [q_{s,dir,n} \cdot \cos \chi_{s,hor} \cdot \Delta\omega]\} \quad (\text{J}/(\text{m}^2 \cdot \text{jour}))$$

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 <sup>2</sup> , tel que calculé ci-dessous ;
$\omega$	l'angle horaire (180° à minuit, 90° à 6 h, 0° à midi, -90° à 18 h) ;
$\Delta\omega$	le pas dans l'angle horaire en ° (1 heure = 15°) ;

$\omega_1$	le plus petit angle horaire (le matin) pour lequel $\cos\chi_{s,hor}$ et $\cos\chi_{s,j}$ 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 °, tel que calculé ci-dessous ;
$\chi_{s,hor}$	l'angle d'incidence par pas $\Delta\omega$ du soleil sur le plan horizontal, en °, 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°.

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 :

$$\text{Eq. 190 } q_{s,dir,n} = \max[0; 1353[1 + 0,033 \cdot \cos[360 \cdot d/365]] \times \exp(-m \cdot d_R \cdot T_L)] \quad (\text{W/m}^2)$$

avec :

d	le numéro de chacun des jours caractéristiques, voir le Tableau [1] ;
m	le facteur de chemin, en $\text{m}^{-1}$ ;
$d_R$	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 :

$$\text{Eq. 191 } m = \frac{0,992}{\sin(\beta) + 0,15(\pi\beta/180 + 3,885)^{-1,253}} \quad (\text{m}^{-1})$$

$$\text{Eq. 192 } d_R = 1,4899 - 2,1099 \cos(\beta) + 0,6322 \cos(2\beta) + 0,0253 \cos(3\beta) - 1,0022 \sin(\beta) + 1,0077 \sin(2\beta) - 0,2606 \sin(3\beta) \quad (\text{m})$$

$$\text{Eq. 193 } T_L = 3,372 + 0,053(\pi\beta/180) - 0,296 \cos(30m) \quad (-)$$

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 :

$$\text{Eq. 194 } \beta = \max[0; 90 - \arccos[\cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega + \sin\varphi \cdot \sin\delta]] \quad (^\circ)$$

avec :

$\varphi$  la latitude, pour Uccle, soit  $+50,8^\circ$  ;  
 $\delta$  l'inclinaison pour chacun des jours caractéristiques, en  $^\circ$ , égal à

$$\text{Eq. 195 } \delta = \arcsin \left[ -\sin(23,45) \cdot \cos \left( \frac{360}{365} \cdot (d + 10) \right) \right] \quad (^\circ)$$

avec :

$d$  le numéro de chacun des jours caractéristiques, voir le Tableau [1] .

On détermine l'angle d'incidence du soleil sur le plan  $j$  et sur le plan horizontal comme suit :

$$\begin{aligned} \text{Eq. 196 } \cos \chi_{s,j} = & 0,775 \left[ \sin \delta \cdot \cos \theta_j + \cos \delta \cdot \sin \theta_j \cdot \cos \varphi_j \cdot \cos \omega \right] \\ & - 0,632 \left[ \sin \delta \cdot \sin \theta_j \cdot \cos \varphi_j - \cos \delta \cdot \cos \theta_j \cdot \cos \omega \right] \quad (-) \\ & + \cos \delta \cdot \sin \theta_j \cdot \sin \varphi_j \cdot \sin \omega \end{aligned}$$

$$\text{Eq. 197 } \chi_{s,\text{hor}} = 90 - \beta \quad (-)$$

### C.3.3 Ensoleillement diffus

On détermine l'ensoleillement diffus mensuel d'un plan non ombragé comme suit :

$$\text{Eq. 198 } I_{s,\text{dif},m,j,\text{unshad}} = I_{s,\text{dif},m,\text{hor}} c_m \left( \frac{1 + \cos \theta_j}{2} \right) \quad (\text{MJ/m}^2)$$

avec :

$I_{s,\text{dif},m,\text{hor}}$  l'ensoleillement mensuel diffus d'un plan horizontal non ombragé pour l'année de référence à Uccle en  $\text{MJ/m}^2$ , voir le Tableau [1] ;

$c_m$  un facteur de correction pour le caractère anisotrope du rayonnement diffus, voir le Tableau [22] ci-dessous ;

$\theta_j$  la pente du plan  $j$ , en  $^\circ$ , c'est-à-dire l'angle entre la verticale et la normale au plan  $j$ .

**Tableau [22] - Facteur de correction  $c_m$  pour le caractère anisotrope du rayonnement diffus**

		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.

### C.3.4 Ensoleillement réfléchi

On détermine l'ensoleillement réfléchi mensuel d'un plan non ombragé comme suit :

$$\text{Eq. 199 } I_{s, \text{refl}, m, j, \text{unshad}} = 0,2 \cdot I_{s, \text{tot}, m, \text{hor}} \left( \frac{1 - \cos \theta_j}{2} \right) \quad (\text{MJ/m}^2)$$

avec :

$I_{s, \text{tot}, m, \text{hor}}$  l'ensoleillement mensuel total d'un plan horizontal non ombragé pour l'année de référence à Uccle en MJ/m<sup>2</sup>, voir le Tableau [1].

## C.4 Ensoleillement mensuel d'un plan ombragé

### C.4.1 Pour un angle d'obstruction $\alpha_h \leq 60^\circ$

#### C.4.1.1 Ensoleillement total

On suppose l'ensoleillement mensuel d'un plan ombragé j quelconque égal à la somme des ensoleillements mensuels direct, diffus et réfléchi :

$$\text{Eq. 200 } I_{s, m, j, \text{shad}} = I_{s, \text{dir}, m, j, \text{shad}} + I_{s, \text{dif}, m, j, \text{shad}} + I_{s, \text{refl}, m, j, \text{shad}} \quad (\text{MJ/m}^2)$$

avec :

$I_{s, \text{dir}, m, j, \text{shad}}$  l'ensoleillement direct pour le mois considéré sur le plan j, en MJ/m<sup>2</sup> ;

$I_{s,dif,m,j,shad}$	l'ensoleillement diffus pour le mois considéré sur le plan j, en MJ/m <sup>2</sup> ;
$I_{s,refl,m,j,shad}$	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.

#### C.4.1.2 Ensoleillement direct

On détermine l'ensoleillement 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'ensoleillement 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'ensoleillement 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 :

$$\text{Eq. 201 } \gamma_s = -\text{signe}(\omega) \cdot \arccos\left(\frac{\cos \chi_{s,hor} \cdot \sin \varphi - \sin \delta}{\sin \chi_{s,hor} \cdot \cos \varphi}\right) \quad (-)$$

#### C.4.1.3 Ensoleillement diffus

On détermine l'ensoleillement diffus mensuel d'un plan ombragé comme suit :

$$\text{Eq. 202 } I_{s,dif,m,j,shad} = I_{s,dif,m,hor} \left(\frac{1 + \cos \theta_j}{2}\right) c_m c_n \quad (\text{MJ/m}^2)$$

$$\text{Eq. 203 } c_n = \frac{\left(\frac{180 - \theta_j}{90} \cdot (1 - \sin \alpha_n) - (1 - \cos \alpha_v)\right) \cdot (180 - \alpha_{sL} - \alpha_{sR})}{2 \cdot (180 - \theta_j)} \quad (-)$$

avec :

$I_{s,dif,m,hor}$  l'ensoleillement mensuel diffus d'un plan horizontal non ombragé à Uccle, en MJ/m<sup>2</sup>, voir le Tableau [1] ;

Si la formule pour la détermination de  $c_n$  conduit à une valeur négative, alors  $c_n = 0$ .

#### C.4.1.4 Ensoleillement réfléchi

On calcule l'ensoleillement réfléchi mensuel d'un plan quelconque comme suit :

$$\text{Eq. 204 } I_{s, \text{refl}, m, j, \text{shad}} = 0,2 \cdot I_{s, \text{tot}, m, \text{hor}} \left( \frac{1 - \cos \theta_j}{2} \right) \quad (\text{MJ/m}^2)$$

avec :

$I_{s, \text{tot}, m, \text{hor}}$  l'ensoleillement mensuel total d'un plan horizontal non ombragé à Uccle, en MJ/m<sup>2</sup>, voir le Tableau [1].

#### C.4.2 Pour un angle d'obstruction $\alpha_h > 60^\circ$

Pour un angle 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 :

$$\text{Eq. 205 } I_{s, m, j, \text{shad}} = F_{s, m, j, \text{env obst}} \cdot I_{s, m, j, \text{shad, obst from build}} \quad (\text{MJ/m}^2)$$

avec :

$F_{s, m, j, \text{env obst}}$  le facteur d'ombrage dû aux obstacles environnants, (-) ;

$I_{s, m, j, \text{shad, obst from build}}$  l'ensoleillement de la fenêtre  $j$  pour le mois considéré, compte tenu de l'ombrage dû aux obstacles liés au bâtiment, en MJ/m<sup>2</sup>.

##### C.4.2.1 Ensoleillement $I_{s, m, j, \text{shad, obst from build}}$

L'ensoleillement  $I_{s, m, j, \text{shad, obst from build}}$  de la fenêtre  $j$  pour le mois considéré, compte tenu de l'ombrage dû aux obstacles liés au bâtiment, se calcule comme ci-dessous.

On suppose donc l'ensoleillement  $I_{s, m, j, \text{shad, obst from build}}$  égal à la somme des ensoleillements mensuels direct, diffus et réfléchi mais en ne prenant en compte que les obstacles liés au bâtiment (angle d'obstruction  $\alpha_h = 0^\circ$ ) :

$$\text{Eq. 206 } I_{s, m, j, \text{shad, obst from build}} = I_{s, \text{dir}, m, j, \text{shad}} + I_{s, \text{dif}, m, j, \text{shad}} + I_{s, \text{refl}, m, j, \text{shad}} \quad (\text{MJ/m}^2)$$

avec :

$I_{s, \text{dir}, m, j, \text{shad}}$  l'ensoleillement direct pour le mois considéré sur le plan  $j$ , en MJ/m<sup>2</sup> ;

$I_{s, \text{dif}, m, j, \text{shad}}$  l'ensoleillement diffus pour le mois considéré sur le plan  $j$ , en MJ/m<sup>2</sup> ;

$I_{s, \text{refl}, m, j, \text{shad}}$  l'ensoleillement réfléchi pour le mois considéré sur le plan  $j$ , en MJ/m<sup>2</sup>.

#### C.4.2.2 Facteur d'ombrage

Le facteur d'ombrage  $F_{s,m,j,env\ obst}$  est calculé par interpolation linéaire par la relation suivante :

$$\text{Eq. 207 } F_{s,m,j,env\ obst} = F_{s,m,j,env\ obst,60^\circ} \cdot \frac{(90 - \alpha_h)}{30} \quad (-)$$

où :

$F_{s,m,j,env\ obst,60^\circ}$  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.

#### C.4.2.3 Facteur d'ombrage dû aux obstacles environnants d'angle d'obstruction de $60^\circ$

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°

Tableau C0 / Orientation $\phi = 0^\circ$ (SUD)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
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°	30°	45°	60°	90°
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°	30°	45°	60°	90°
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°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,12	0,12	0,12	0,12
Février	0,06	0,11	0,11	0,11	0,11
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 Facteurs 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  $90^\circ$ , les valeurs pour un angle d'inclinaison de  $90^\circ$  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
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
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
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
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
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
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
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
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
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
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
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
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)						Orientation $\phi = -30^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$					Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal						Vertical				
	0°	30°	45°	60°	90°		0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,18	0,26	0,32	0,33	Janvier	0,00	0,21	0,36	0,40	0,39
Février	0,10	0,41	0,46	0,48	0,51	Février	0,10	0,46	0,53	0,56	0,51
Mars	0,46	0,59	0,62	0,60	0,53	Mars	0,46	0,62	0,63	0,64	0,59
Avril	0,57	0,63	0,64	0,60	0,49	Avril	0,57	0,66	0,65	0,64	0,50
Mai	0,67	0,69	0,68	0,65	0,49	Mai	0,67	0,69	0,70	0,67	0,47
Juin	0,70	0,70	0,68	0,67	0,50	Juin	0,70	0,70	0,69	0,66	0,46
Juillet	0,66	0,66	0,64	0,60	0,42	Juillet	0,66	0,67	0,66	0,60	0,40
Août	0,63	0,66	0,65	0,61	0,44	Août	0,63	0,67	0,66	0,63	0,46
Septembre	0,49	0,61	0,64	0,61	0,50	Septembre	0,49	0,63	0,64	0,66	0,55
Octobre	0,33	0,55	0,58	0,60	0,54	Octobre	0,33	0,58	0,64	0,65	0,62
Novembre	0,00	0,20	0,26	0,30	0,27	Novembre	0,00	0,26	0,33	0,36	0,34
Décembre	0,00	0,05	0,28	0,31	0,28	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
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
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
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
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
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
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
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
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
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
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
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
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
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
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
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
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
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
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
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
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 détaillée donnée 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 le § 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 :

$$\text{Eq. 208 } t_{\text{heat,sec } i,m} = \frac{Q_{\text{heat,net,sec } i,m}}{[29 \cdot (H_{T,\text{sec } i,m} + 0,27 \cdot V_{\text{sec } i}) + 10 \cdot V_{\text{sec } i}] \cdot (18 - \theta_{e,m}) / 29} \quad (\text{Ms})$$

- Si la valeur de consigne de la température de départ de l'eau du circuit est constante, on a :

$$\text{Eq. 209 } t_{\text{heat,sec } i,m} = \frac{Q_{\text{heat,net,sec } i,m}}{29 \cdot (H_{T,\text{sec } i,m} + 0,27 \cdot V_{\text{sec } i}) + 10 \cdot V_{\text{sec } i}} \quad (\text{Ms})$$

Dans les deux formules :

$Q_{\text{heat,net,sec } i,m}$  les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage du secteur énergétique  $i$ , en MJ, déterminés selon le § 7.2 ;

$H_{T,\text{heat,sec } i}$  le coefficient de transfert thermique par transmission du secteur énergétique  $i$  à la température extérieure de base, en W/K ;

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

$\theta_{e,m}$  la température extérieure moyenne mensuelle, voir le Tableau [1].

### 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 :

$$\text{Eq. 210 } \theta_{c,\text{sec } i,m} = 21 + (\theta_{c,\text{sec } i,\theta_{eb}} - 21) \cdot \left[ \frac{21 - \theta_{e,m}}{29} \right]^{0,75} \quad (^\circ\text{C})$$

- si la valeur de consigne de la température de départ de l'eau du circuit est constante, on a :

$$\text{Eq. 211 } \theta_{c,\text{sec } i,m} = \theta_{c,\text{sec } i,\theta_{eb}} \quad (^\circ\text{C})$$

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, telle que déterminée ci-dessous, en  $^{\circ}\text{C}$  ;

$\theta_{e,m}$  la température extérieure moyenne mensuelle, voir le 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 :

$$\text{Eq. 212 } \theta_{c,sec\ i,\theta eb} = 0,5 \cdot (\theta_{design, supply, sec\ i} + \theta_{design, return, sec\ i}) \quad (^{\circ}\text{C})$$

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 :
  - $\theta_{design, supply, sec\ i} = 90^{\circ}\text{C}$
  - $\theta_{design, return, sec\ i} = 70^{\circ}\text{C}$

De meilleures valeurs peuvent être adoptées conformément à des spécifications déterminées par le Ministre.

### D.3 Radiateurs

On calcule les déperditions de chaleur mensuelles supplémentaires,  $\Delta Q_{rad,sec\ i,m}$ , pour les radiateurs du secteur énergétique  $i$ , à travers les parois situées derrière les radiateurs, comme suit :

$$\text{Eq. 213 } \Delta Q_{rad,sec\ i,m} = t_{heat,sec\ i,m} \sum_j \{U_j \cdot A_{rad,j} \cdot \max(0 ; w \cdot \theta_{c,sec\ i,m} + (1 - w) \cdot \theta_{e,m} - 18)\} \quad (\text{MJ})$$

avec :

$\theta_{c,sec\ i,m}$  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 le § D.2, en  $^{\circ}\text{C}$  ;

$\theta_{e,m}$  la température extérieure mensuelle moyenne, voir le 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 le § 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 $W/(m^2.K)$ ;
$A_{\text{rad},j}$	la surface projetée du radiateur $j$ , en $m^2$ .

Il faut faire une somme 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 :

$$\text{Eq. 214 } \eta_{\text{em,heat,sec } i,m} = \eta \frac{Q_{\text{heat,net,sec } i,m}}{Q_{\text{heat,net,sec } i,m} + \Delta Q_{\text{rad,sec } i,m}} \quad (-)$$

avec :

$\eta$	le multiplicateur repris au Tableau [23]. 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 le § 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 [23] : 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
autre	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  $i$ ,  $\Delta Q_{fl.h,sec\ i,m}$ , comme suit :

$$\text{Eq. 215 } \Delta Q_{fl.h,sec\ i,m} = (\theta_{c,sec\ i,m} - 18) \cdot t_{heat,sec\ i,m} \cdot \sum_j (U_{f,j}^* \times A_{f,j}) \quad (\text{MJ})$$

avec :

$\theta_{c,sec\ i,m}$  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, telle que déterminée selon le § D.2, en °C ;

$t_{heat,sec\ i,m}$  le temps de fonctionnement mensuel conventionnel du système d'émission de chaleur dans le secteur énergétique  $i$ , déterminé selon le § 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  $m^2$  ;

$U_{f,j}^*$  la valeur  $U$  équivalente du plancher sous le chauffage par le sol  $j$ , donnée ci-dessous.

- Dans le cas de planchers sur terre-plein,  $U_{f,j}^*$  est donnée par :

$$\text{Eq. 216 } \frac{1}{U_{f,j}^*} = \frac{1}{U_{f,j}} + 0,75 \quad (\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W})$$

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  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

- Dans le cas de planchers au-dessus d'une cave ou d'un vide sanitaire,  $U_{f,j}^*$  est donnée par :

$$\text{Eq. 217 } \frac{1}{U_{f,j}^*} = \frac{1}{U_{f,j}} - 0,25 + \frac{1}{U_{g,j} + U_{x,j}} \quad (\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W})$$

où  $U_{f,j}$ ,  $U_{g,j}$  et  $U_{x,j}$  sont calculées selon les spécifications déterminées par le Ministre, en  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

- Dans le cas de planchers en contact avec l'air extérieur,  $U_{f,j}^*$  est donnée par :

$$\text{Eq. 218} \quad \frac{1}{U_{f,j}^*} = \frac{1}{U_{f,j}} - 0,25 \quad (\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W})$$

avec :

$U_{f,j}$  le coefficient de transmission thermique du plancher de l'environnement intérieur jusqu'à l'air extérieur, calculé selon les spécifications déterminées par le Ministre, en  $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Il faut faire une somme 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  $i$ ,  $\eta_{\text{em,heat,sec } i,m}$ , est égal à :

$$\text{Eq. 219} \quad \eta_{\text{em,heat,sec } i,m} = \eta \frac{Q_{\text{heat,net,sec } i,m}}{Q_{\text{heat,net,sec } i,m} + \Delta Q_{\text{fl.h,sec } i,m}} \quad (-)$$

avec :

$\eta$  le multiplicateur repris au Tableau [23] ;

$Q_{\text{heat,net,sec } i,m}$  les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique  $i$ , en MJ, déterminés selon le § 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 :

$$\text{Eq. 220} \quad \Delta Q_{\text{wall.h,sec } i,m} = (\theta_{c,\text{sec } i,m} - 18) \cdot t_{\text{heat,sec } i,m} \cdot \sum_j (U_{\text{wall},j}^* \cdot A_{\text{wall},j}) \quad (\text{MJ})$$

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 le § D.2, en  $^{\circ}\text{C}$  ;

$t_{\text{heat,sec } i,m}$  le temps de fonctionnement mensuel conventionnel du système d'émission de chaleur dans le secteur énergétique  $i$ , déterminé selon le § D.1, en Ms ;

$A_{\text{wall},j}$  la surface de la paroi verticale extérieure  $j$ , derrière le plan contenant le chauffage mural, en  $\text{m}^2$  ;

$U_{\text{wall},j}^*$  le coefficient de transmission thermique équivalente de la paroi verticale extérieure  $j$ , derrière le plan contenant le chauffage mural, donné par :

$$\text{Eq. 221} \quad U_{\text{wall},j}^* = \frac{1}{1/U_{\text{wall},j} - 0,175} \quad (\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}))$$

avec :

$U_{\text{wall},j}$  le coefficient de transmission thermique de la paroi verticale extérieure  $j$  située derrière l'élément.

Il faut faire une somme 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  $i$ ,  $\eta_{em,heat,sec i,m}$ , est égal à :

$$\text{Eq. 222 } \eta_{em,heat,sec i,m} = \eta \frac{Q_{heat,net,sec i,m}}{Q_{heat,net,sec i,m} + \Delta Q_{wall.h,sec i,m}} \quad (-)$$

avec :

- $\eta$  le multiplicateur repris au Tableau [23], (-) ;
- $Q_{heat,net,sec i,m}$  les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage du secteur énergétique  $i$ , en MJ, déterminés selon le § 7.2 ;
- $\Delta Q_{wall.h,sec i,m}$  les déperditions de chaleur mensuelles supplémentaires par les murs dans le secteur énergétique  $i$ , en MJ.

## Annexe E Les déperditions de distribution

Le § E.1 présente annexe s'applique uniquement aux secteurs énergétiques alimentés par un 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 :

$$\text{Eq. 223 } \eta_{\text{distr,heat,sec } i,m} = \eta_{\text{distr,heat,netw } n,m} \quad (-)$$

avec :

$$\text{Eq. 224 } \eta_{\text{distr,heat,netw } n,m} = \frac{Q_{\text{out,heat,netw } n,m}}{Q_{\text{in,heat,netw } n,m}} \quad (-)$$

avec :

$$\text{Eq. 225 } Q_{\text{in,heat,netw } n,m} = Q_{\text{out,heat,netw } n,m} + Q_{\text{distr,heat,netw } n,m} \quad (\text{MJ})$$

et

$$\text{Eq. 226 } Q_{\text{out,heat,netw } n,m} = \sum_i \frac{Q_{\text{heat,net,sec } i,m}}{\eta_{\text{em,heat,sec } i,m}} \quad (\text{MJ})$$

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 ;

$Q_{\text{distr,heat,netw } n,m}$  la quantité mensuelle de chaleur perdue par le réseau de distribution de chaleur  $n$  en dehors du volume protégé, en MJ ;

$\eta_{\text{em,heat,sec } i,m}$  le rendement mensuel d'émission d'un secteur énergétique  $i$ , déterminé selon le § 9.2.2.2 ou selon l'Annexe D de la présente annexe, (-) ;

$Q_{\text{heat,net,sec } i,m}$  les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique  $i$ , en MJ, déterminés selon le § 7.2.

Il faut faire une somme 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 de performance

énergétique, 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 conduits d'air, comme suit :

$$\text{Eq. 321 } Q_{\text{distr,heat,netw } n,m} = t_{\text{heat,netw } n,m} \cdot f_{\text{insul,netw } n} \cdot \sum_j (\theta_{c,\text{netw } n,m} - \theta_{\text{amb},m,j}) \cdot \left( \frac{l_j}{R_{l,j}} \right) \quad (\text{MJ})$$

avec :

$t_{\text{heat,netw } n,m}$  le temps de fonctionnement mensuel conventionnel du réseau de distribution de chaleur  $n$ , en Ms. On suppose sa valeur égale au maximum des temps de fonctionnement conventionnels  $t_{\text{heat,sec } i,m}$  (déterminés selon le § 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 ;

$f_{\text{insul,netw } n}$  un facteur de correction pour prendre en compte l'effet de ponts thermiques sur la résistance thermique des segments du réseau de distribution de chaleur  $n$ , déterminé comme  $f_{\text{insul,circ } k}$  au § 9.3.2.2 en transposant l'indice "circ  $k$ " en "netw  $n$ " et les mots "la conduite de circulation" et "la conduite de circulation  $k$ " en "le réseau de distribution de chaleur" et "le réseau de distribution de chaleur  $n$ ", (-) ;

$\theta_{c,\text{netw } n,m}$  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  $\theta_{c,\text{sec } i,m}$ , déterminée selon le § 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 :

$$\text{Eq. 228 } \theta_{c,\text{sec } i} = 8 + 0,6 \theta_{\text{design,supply,sec } i} \quad (^\circ\text{C})$$

avec  $\theta_{\text{design,supply,sec } i}$  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 PEB.

$\theta_{\text{amb},m,j}$  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 :

$$\text{Eq. 229 } \theta_{\text{amb},m,j} = 11 + 0,4 \cdot \theta_{e,m} ;$$

- si le segment de conduite se trouve à l'extérieur, on a :

$$\text{Eq. 230 } \theta_{\text{amb},m,j} = \theta_{e,m} ;$$

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 m.K/W, déterminée selon le § E.3.

Il faut faire une somme 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.

Les équations ci-dessous sont basées sur la norme NBN EN ISO 12241. 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.

#### E.3.1 Conduites et gaines rondes

On calcule la résistance thermique linéaire  $R_{1,j}$  du segment j comme suit :

$$\text{Eq. 322 } R_{1,j} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\text{insul},j}} \ln \left( \frac{D_{e,j}}{D_{i,j}} \right) + \frac{1}{h_{\text{se},j} \cdot \pi \cdot D_{e,j}} \quad (\text{m.K/W})$$

avec :

$\lambda_{\text{insul},j}$  la conductivité thermique de l'isolation thermique autour du segment j, en W/(m.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 ;  
 $h_{\text{se},j}$  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 :  $h_{\text{se},j} = 8$  ;  
 - dans un espace adjacent non chauffé :  $h_{\text{se},j} = 10$  ;  
 - à l'extérieur :  $h_{\text{se},j} = 25$ .

### E.3.2 Gaines rectangulaires

On calcule la résistance thermique linéaire  $R_{1,j}$  du segment  $j$  comme suit :

$$\text{Eq. 323 } R_{1,j} = \frac{d_{\text{insul},j}}{2 \cdot \lambda_{\text{insul},j} \cdot (H_j + B_j - 2 \cdot d_{\text{insul},j})} + \frac{1}{2 \cdot h_{\text{se},j} \cdot (H_j + B_j)} \quad (\text{m.K/W})$$

avec :

$\lambda_{\text{insul},j}$  la conductivité thermique de l'isolation thermique autour du segment  $j$ , en W/(m.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<sup>2</sup>.K), tel qu'établi au § E.3.1.

### E.3.3 Conduites souterraines

On calcule la résistance thermique linéaire  $R_{1,j}$  du segment  $j$  comme suit :

$$\text{Eq. 233 } R_{1,j} = R'_{1,j} + R_E \quad (\text{m.K/W})$$

avec :

$$\text{Eq. 324 } R'_{1,j} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\text{insul},j}} \ln \left( \frac{D_{e,j}}{D_{i,j}} \right) \quad (\text{m.K/W})$$

et :

$$\text{Eq. 235 } R_E = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_E} \operatorname{arcosh} \left( \frac{2 \cdot H_{E,j}}{D_{e,j}} \right) \quad (\text{m.K/W})$$

avec :

$\lambda_{\text{insul},j}$  la conductivité thermique de l'isolation thermique autour du segment  $j$ , en W/(m.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 :  $\lambda_E = 2$  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****Tableau [24] : Rapport du pouvoir calorifique inférieur sur le pouvoir calorifique supérieur**

<b>Vecteur énergétique</b>	<b><math>f_{\text{NCV/GCV}}</math></b>
Gaz naturel	0,90
Mazout	0,94
Propane/Butane/GPL	0,92
Charbon	0,96
Bois	0,93
Pellets	0,91
Autres combustibles (1)	équivalence

(1) En ce qui concerne les vecteurs énergétiques qui ne figurent pas encore explicitement dans le tableau, le Ministre peut déterminer les valeurs 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.

Le Ministre peut déterminer des spécifications pour le calcul du rendement thermique d'un récupérateur de chaleur.

### G.1 Mesurage

Le test doit être réalisé suivant les exigences de mesurage décrites aux paragraphes § 5.5 et § 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 (incluant les châssis, ventilateurs, etc.), non modifié. Un appareil de récupération de chaleur contient toujours au moins un caisson et un échangeur de chaleur. L'appareil de récupération de chaleur testé doit également contenir tous les composants normalement présents dans le caisson de l'appareil à récupération de chaleur comme, par exemple, des ventilateurs, des filtres, un by-pass, des batteries de chauffage ou de refroidissement, etc. L'appareil à récupération de chaleur ne peut pas être modifié pour le test, par exemple, de l'isolation thermique supplémentaire ne peut pas être ajoutée ;
- 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 débits d'alimentation et d'extraction tel que décrit dans la norme. Par contre, il est exigé que le test :
  - 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) ;
  - 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.

Tableau [26] : Catégorie du récupérateur de chaleur

Catégorie du récupérateur de chaleur (voir définitions de NBN EN 308)	I	IIIb
	II IIIa	
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 neuf		3°C

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 :

$$\text{Eq. 236 } \eta_{test} = \frac{(\eta_{t,sup} + \eta_{t,eha})}{2} \quad (-)$$

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 :

$$\text{Eq. 237 } \eta_{t,sup} = \frac{t_{22} - \Delta t_{22} - t_{21} - \Delta t_{21}}{t_{11} + \Delta t_{11} - t_{21} - \Delta t_{21}} \quad (-)$$

$$\text{Eq. 238 } \eta_{t,eha} = \frac{t_{11} + \Delta t_{11} - t_{12} + \Delta t_{12}}{t_{11} + \Delta t_{11} - t_{21} - \Delta t_{21}} \quad (-)$$

Si l'appareil à récupération de chaleur ne contient pas de ventilateurs, les différences de température,  $\Delta t_{11}$ ,  $\Delta t_{12}$ ,  $\Delta t_{21}$ ,  $\Delta t_{22}$ , sont égales à 0.

Dans les autres cas, 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 :

**Tableau [27] : Formules pour les différences de température correspondant à la position des ventilateurs**

		Ventilateur d'extraction	
		Dans la position air extrait (11)	Dans la position air rejeté (12)
<b>Ventilateur d'amenée d'air</b>	En position air neuf (21)	$\Delta t_{11} = \frac{0,5 \times P_{elec,ahu,test}}{0,34 \times q_{v11}}$ $\Delta t_{21} = \frac{0,5 \times P_{elec,ahu,test}}{0,34 \times q_{v22}}$ $\Delta t_{22} = \Delta t_{12} = 0$	$\Delta t_{12} = \frac{0,5 \times P_{elec,ahu,test}}{0,34 \times q_{v11}}$ $\Delta t_{21} = \frac{0,5 \times P_{elec,ahu,test}}{0,34 \times q_{v22}}$ $\Delta t_{22} = \Delta t_{11} = 0$
	En position air fourni (22)	$\Delta t_{11} = \frac{0,5 \times P_{elec,ahu,test}}{0,34 \times q_{v11}}$ $\Delta t_{22} = \frac{0,5 \times P_{elec,ahu,test}}{0,34 \times q_{v22}}$ $\Delta t_{21} = \Delta t_{12} = 0$	$\Delta t_{12} = \frac{0,5 \times P_{elec,ahu,test}}{0,34 \times q_{v11}}$ $\Delta t_{22} = \frac{0,5 \times P_{elec,ahu,test}}{0,34 \times q_{v22}}$ $\Delta t_{21} = \Delta t_{11} = 0$

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).

Vu pour être annexé l'arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 26 janvier 2017 établissant les lignes directrices et les critères nécessaires au calcul de la performance énergétique des unités PEB et portant modification de divers arrêtés d'exécution de l'ordonnance du 2 mai 2013 portant le Code bruxellois de l'Air, du Climat et de la Maîtrise de l'Energie

Le Ministre-Président du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale

**Rudi VERVOORT**

La Ministre du Logement, de la Qualité de Vie, de l'Environnement et de l'Energie

**Céline FREMAULT**