



ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie

ANNEXE N°2
A L'ARRÊTÉ PORTANT APPROBATION DES
MÉTHODES DE CALCUL Th-C ET Th-E

METHODE DE CALCUL Th-E

La méthode de calcul Th-E a été développée par
le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment



SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	2
2. MÉTHODE DE CALCUL.....	2
2.1 Calcul sur la journée chaude de référence.....	2
2.1.1 Principe de la méthode	2
2.1.2 Détermination de la température d'air et de la température opérative	4
2.1.3 Termes dans les équations B1, B2, B3, B4 et B5.....	6
2.2 Correction pour l'effet séquentiel.....	9
2.3 Calcul de Tic.....	9
3. DONNÉES CLIMATIQUES ET PRISE EN COMPTE DES MASQUES.....	10
3.1 Température et hygrométrie.....	10
3.1.1 Valeurs de référence au niveau de la mer	10
3.1.2 Correction d'altitude	11
3.2 Rayonnement solaire et rayonnement froid vers la voûte céleste	12
3.2.1 Données de référence.....	12
3.2.2 Rayonnements sur les parois non protégées	13
3.2.3 Facteur d'affaiblissement dû aux masques.....	14
4. APPORTS INTERNES.....	18
4.1 Bâtiments à usage d'habitation	18
4.2 Bâtiments à usage autre que d'habitation	18
5. CALCUL DES DÉBITS DE RENOUVELLEMENT D'AIR	19
5.1 Calcul du débit d'air dû à l'ouverture des fenêtres	19
5.1.1 Calcul du débit d'air dû à l'ouverture des fenêtres pour les bâtiments à usage d'habitation	19
5.1.2 Calcul du débit d'air dû à l'ouverture des fenêtres pour les bâtiment à usage autre que d'habitation	20
5.2 Calcul du débit de renouvellement d'air par système spécifique	21
5.2.1 Bâtiments à usage d'habitation	21
5.2.2 Bâtiments à usage autre que d'habitation.....	21
5.3 Calcul du débit de renouvellement d'air global.....	21
6. APPORTS SOLAIRES PAR LES BAIES.....	21
6.1 Caractéristiques des baies pour les bâtiments à usage d'habitation	21
6.2 Caractéristiques des baies pour les bâtiments à usage autre que d'habitation.....	21
7. CONVENTIONS DE CALCUL ET VALEURS PAR DÉFAUT	22
7.1 Références réglementaires et normatives à utiliser	22
7.2 Caractérisation du site.....	22
7.2.1 Caractéristiques climatiques	22
7.2.2 Bruit.....	22
7.2.3 Masques lointains.....	22
7.3 Caractérisation du bâtiment	23
7.3.1 Principe général	23
7.3.2 Masques	23
7.3.3 Orientations et inclinaisons par défaut pour les baies	23
7.3.4 Parois opaques et ponts thermiques	23
7.3.5 Ventilation par ouverture des fenêtres	24
7.3.6 Inertie	24
7.3.7 Surface totale des parois de l'environnement intérieur : A_t	24

1. INTRODUCTION

Les règles Th-E ont pour objet de donner la méthode de calcul de la température T_{ic} et de la température T_{icref} , telles que définies dans l'arrêté relatif aux «caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments».

Il est ainsi structuré :

- chapitre 2 : définition de la méthode, où sont décrits les algorithmes de calcul,
- chapitre 3 : définition des données climatiques sur une base départementale,
- chapitre 4 : apports internes, définis comme valeurs conventionnelles,
- chapitre 5 : débits de renouvellement d'air, par système spécifique et ouverture des baies,
- chapitre 6 : apports solaires par les baies en fonction de leur ouverture,
- chapitre 7 : conventions d'utilisation et valeurs par défaut.

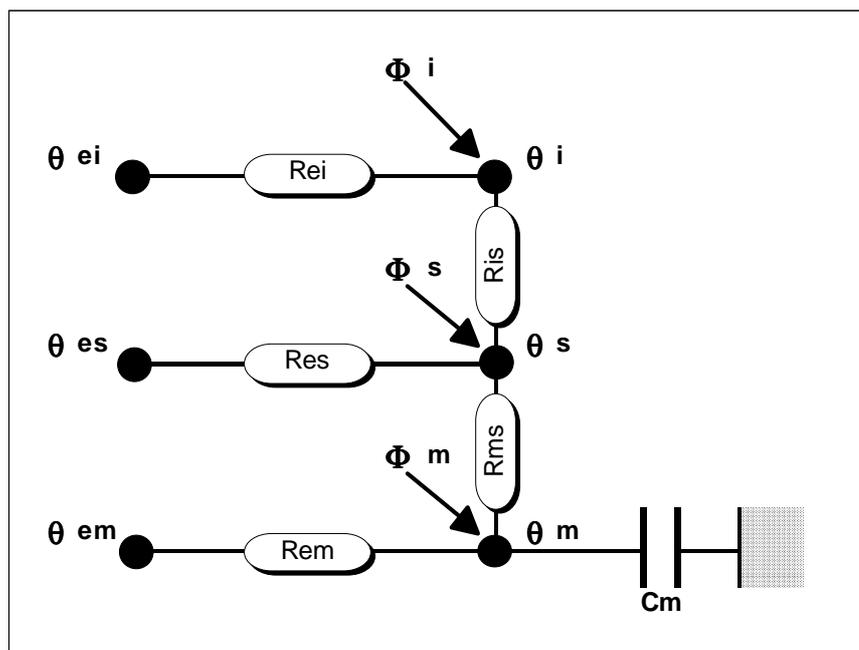
2. MÉTHODE DE CALCUL

Le calcul de l'évolution des températures intérieures d'un bâtiment ou d'une zone est mené sur la journée chaude de référence et corrigé par un effet séquentiel. La température opérative moyenne du bâtiment ou de la zone est déterminée à partir de la température de l'air et de la température radiante moyenne calculées en régime dynamique.

2.1 CALCUL SUR LA JOURNÉE CHAUDE DE RÉFÉRENCE

2.1.1 PRINCIPE DE LA MÉTHODE

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



Réseau R-C équivalent

En accord avec cette représentation, les composants de l'enveloppe sont répartis de la manière suivante :

- composants externes opaques légers,
- composants externes opaques lourds,
- composants vitrés,
- composants internes.

Les nœuds associés sont définis par :

- θ_i : température de l'air intérieur,
 θ_s : température moyenne de la température de l'air et de la température radiante moyenne pondérées par les coefficients d'échanges convectifs et radiatifs aux parois.
 θ_m : température de masse,
 θ_{ei} : température de l'air extérieur,
 θ_{es}, θ_{em} : température d'air extérieur équivalente des composants extérieurs.

Les résistances équivalentes et la capacité thermique entre les environnements extérieur et intérieur sont ainsi définies :

- R_{ei} : résistance thermique due à la ventilation,
 R_{es}, R_{em} : résistances thermiques entre l'extérieur et l'intérieur des composants externes,
 R_{is}, R_{ms} : résistances thermiques correspondant aux échanges de chaleur entre les surfaces intérieures et l'air intérieur,
 C_m : capacité thermique journalière du bâtiment ou de la zone.

Les flux de chaleurs (W) considérés sont :

- Φ_i : flux de chaleur au nœud θ_i ,
 Φ_s : flux de chaleur au nœud θ_s ,
 Φ_m : flux de chaleur au nœud θ_m .

Pour chaque composant, les paramètres suivants sont nécessaires (on appelle transmittance le coefficient de transmission thermique) :

- composants externes opaques légers (épaisseur ≤ 12 cm)	transmittance surfacique facteur solaire surfacique surface	U S _f A
- composants externes opaques lourds (épaisseur > 12 cm)	transmittance surfacique facteur solaire surfacique surface	U S _f A
- ponts thermiques	transmittance linéique facteur solaire linéique longueur	Ψ s l

- composants vitrés	transmittance surfacique	U
	facteur solaire, composante courte longueur d'onde (directe)	S _{b1}
	facteur solaire, composantes grande longueur d'onde + convective	S _{b2}
	facteur solaire, composante liée à la lame d'air intérieure ventilée surface	S _{b3} A
- tous les composants	capacité thermique surfacique surface	C A
- zone étudiée	débit volumique d'air	q _v

nota : la transmittance d'une paroi U doit être calculée pour une valeur h_e de 13,5 W/(m².K) et une valeur h_i de 8 W/(m².K). Si l'on dispose de la valeur de transmittance d'hiver, on passe à la valeur de transmittance d'été de la façon suivante :

$$\frac{1}{U_{\text{été}}} = \frac{1}{U_{\text{hiver}}} - \left(\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \right)_{\text{hiver}} + \left(\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \right)_{\text{été}}$$

Se référer aux règles règles Th-U pour les valeurs de $\left(\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \right)_{\text{hiver}}$

2.1.2 DÉTERMINATION DE LA TEMPÉRATURE D'AIR ET DE LA TEMPÉRATURE OPÉRATIVE

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

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

$$\theta_{m,t} = [\theta_{m,t-1} (C_m / 3600 - 0,5 (H_3 + H_{em})) + \Phi_{\text{mtot}}] / [C_m / 3600 + 0,5 (H_3 + H_{em})] \quad (\text{B1})$$

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

$$\theta_m = (\theta_{m,t} + \theta_{m,t-1}) / 2 \quad (\text{B2})$$

$$\theta_s = [H_{ms} \theta_m + \Phi_s + H_{es} \theta_{es} + H_1 (\theta_{ei} + \Phi_i / H_{ei})] / (H_{ms} + H_{es} + H_1) \quad (\text{B3})$$

$$\theta_i = [H_{is} \theta_s + H_{ei} \theta_{ei} + \Phi_i] / (H_{is} + H_{ei}) \quad (\text{B4})$$

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

$$\theta_{op} = [\theta_i + (1 + h_{ci} / h_{rs}) \theta_s - h_{ci} \theta_i / h_{rs}] / 2 \quad (\text{B5})$$

avec :

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

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

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

$$H_1 = 1 / (1 / H_{ei} + 1 / H_{is})$$

$$H_2 = H_1 + H_{es}$$

$$H_3 = 1 / (1 / H_2 + 1 / H_{ms})$$

$$\Phi_{\text{mtot}} = \Phi_m + H_{em} \theta_{em} + H_3 [\Phi_s + H_{es} \theta_{es} + H_1 (\Phi_i / H_{ei} + \theta_{ei})] / H_2$$

avec :

- H_{ei} : ($=1/R_{ei}$) facteur de transmission thermique dû à la ventilation donné par l'éq. B6,
- H_{is} : ($=1/R_{is}$) facteur de transmission thermique dû aux échanges internes par convection et rayonnement donné dans l'éq. B7,
- H_{es} : ($=1/R_{es}$) facteur de transmission thermique global entre les environnements intérieurs et extérieurs donné par l'éq. B8,
- H_{ms} : ($=1/R_{ms}$) facteur de transmission interne conventionnel donné par l'éq. B9,
- H_{em} : ($=1/R_{em}$) facteur de transmission conventionnel entre l'environnement extérieur et la surface intérieure B10,
- C_m : capacité thermique des composants de l'enveloppe donnée par l'éq. B11,
- θ_{es} : température d'air extérieur équivalente des composants externes légers donnée par l'éq. B13,
- θ_{em} : température d'air extérieur équivalente des composants externes lourds donnée par l'éq. B14,
- Φ_i : flux de chaleur au nœud d'air dû aux sources internes ou au rayonnement solaire direct ou aux apports de chaleur convectifs dus à la lame d'air intérieure ventilée du vitrage, donné par l'éq. B21,
- Φ_s : flux de chaleur au nœud θ_s dû aux sources internes ou au rayonnement solaire direct donné par l'éq. B22,
- Φ_m : flux de chaleur au nœud de masse dû aux sources internes ou au rayonnement solaire direct donné par l'éq. B23,

Le calcul est répété durant plusieurs cycles jusqu'à ce que la convergence sur la valeur de la température intérieure soit obtenue. La convergence est obtenue si la différence entre la température à 24h θ_m de deux cycles est inférieure à 0,01°C.

2.1.3 TERMES DANS LES ÉQUATIONS B1, B2, B3, B4 ET B5

Les différents termes sont les suivants :

facteurs de transmission thermique

facteur de transmission thermique dû à la ventilation :

$$H_{Ej} = 0,34 q_{vete} \quad (B6)$$

avec q_{vete} (m^3/h): débit d'air dû à l'ouverture des fenêtres et au système de ventilation.

$$H_{is} = A_t / (1/h_{ci} - 1/h_{is}) \quad (B7)$$

avec : $h_{is} = h_{ci} + h_{rs}$ et $A_t = \sum_{i=1}^c A_i$

A_t est la surface totale des composants exposée à l'environnement intérieur.

$$H_{es} = H_{Tl} + H_{Tw} \quad (B8)$$

avec : $H_{Tl} = \sum_{k=1}^l (A_k U_k) + \sum_{k=1}^m (\Psi_k l_k)$

$$H_{Tw} = \sum_{j=1}^w (A_j U_j)$$

H_{es} correspond aux composants opaques externes légers (H_{Tl}) et aux fenêtres (H_{Tw} .)

$$H_{ms} = h_{is} A_m \quad (B9)$$

A_m est donné dans l'éq. B12

$$H_{em} = 1 / (1/H_{Th} - 1/H_{ms}) \quad (B10)$$

$$H_{Th} = \sum_{y=1}^h (U_y A_y) + \sum_{k=1}^v (\Psi_k l_k)$$

H_{Th} correspond aux composants opaques externes lourds.

La capacité équivalente du local, C_m , est calculée pour une période de 24h et prend en compte l'inertie du mobilier lorsqu'il existe pour une valeur de 20 kJ/(K.m²) de surface au sol :

$$C_m = \sum_{i=1}^c (A_i C_i) + 20.A_{sol} \quad (B11)$$

avec :

- C_i : capacité utile journalière du composant,
- A_i : surface du composant,
- c : nombre de composants au regard de l'environnement intérieur,
- A_{sol} : surface utile du bâtiment ou de la zone. Cette surface est prise égale la surface habitable pour les logements et à la SHON pour les autres bâtiments. Seules les parties chauffées au sens des Th-Csont à prendre en compte.

La surface d'échange équivalente avec l'ambiance A_m est donnée par :

$$A_m = C_m^2 / \left(\sum_{i=1}^c A_i C_i^2 \right) \quad (B12)$$

Les valeurs de C_m et de A_m peuvent être déterminées à partir de la classe d'inertie du bâtiment ou de la zone telles que définies dans les règles Th-I selon le tableau ci dessous :

Classe d'inertie	C_m	A_m
Très légère	$80 \cdot A_{sol}$	$2,5 \cdot A_{sol}$
Légère	$110 \cdot A_{sol}$	$2,5 \cdot A_{sol}$
Moyenne	$165 \cdot A_{sol}$	$2,5 \cdot A_{sol}$
Lourde	$260 \cdot A_{sol}$	$3,0 \cdot A_{sol}$
Très lourde	$370 \cdot A_{sol}$	$3,5 \cdot A_{sol}$

Valeurs conventionnelles de A_m et C_m

températures extérieures équivalentes

$$\theta_{es} = \theta_{ei} + \Phi_{sl} / H_{es} \quad (B13)$$

$$\theta_{em} = \theta_{ei} + \Phi_{sh} / H_{Th} \quad (B14)$$

Le rayonnement solaire atteignant la surface des composants de l'enveloppe du bâtiment est donné par (voir § 3.2.2 et § 3.2.3) :

$$I_{sr} = f_s \cdot I_D + I_d + I_r$$

avec :

- f_s : facteur d'affaiblissement global
- I_D : composante directe du rayonnement solaire atteignant la surface
- I_d : composante diffuse du rayonnement solaire atteignant la surface
- I_r : composante réfléchie du rayonnement solaire atteignant la surface

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

$$\Phi_{sl} = \sum_{k=1}^s [A (S_f I_{sr} + q_{er} U/h_e)]_k + \sum_{i=1}^l [I (s I_{sr} + q_{er} \Psi / h_e)]_i + \sum_{j=1}^w [A (S_{b2} I_{sr} + q_{er} U/h_e)]_j$$

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

$$\Phi_{sh} = \sum_{y=1}^h [A (S_f I_{sr} + q_{er} U/h_e)]_y + \sum_{i=1}^l [I (s I_{sr} + q_{er} \Psi / h_e)]_i$$

flux de chaleur aux nœuds de température

Le flux de chaleur dû au rayonnement solaire directement transmis à travers les baies est donné par :

$$\Phi_{sd} = \sum_{j=1}^w [A (1 - f_{lf}) S_{b1} I_{sr}]_j$$

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

$$\Phi_{svl} = \sum_{j=1}^w [A S_{b3} I_{sr}]_j$$

Les flux de chaleur dus à des sources internes, sont donnés par :

$$\Phi_{\text{intc}} = \sum_{i=1}^s \Phi_{\text{intc},i} \quad (\text{B19})$$

$$\Phi_{\text{intr}} = \sum_{i=1}^s \Phi_{\text{intr},i} \quad (\text{B20})$$

avec :

- s : nombre de sources internes
 Φ_{intc} : flux de chaleur interne convectif de chaque source
 Φ_{intr} : flux de chaleur interne radiatif de chaque source

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

$$\Phi_j = \Phi_{\text{svl}} + f_{\text{sa}} \cdot \Phi_{\text{sd}} + \Phi_{\text{intc}} \quad (\text{B21})$$

$$\Phi_s = P_{\text{rs}} \cdot (1 - f_{\text{sa}}) \cdot \Phi_{\text{sd}} + P_{\text{rsd}} \cdot \Phi_{\text{intr}} \quad (\text{B22})$$

$$\Phi_m = P_{\text{rm}} \cdot (1 - f_{\text{sa}}) \cdot \Phi_{\text{sd}} + P_{\text{rmd}} \cdot \Phi_{\text{intr}} \quad (\text{B23})$$

P_{rs} et P_{rm} sont les parts radiatives des apports internes aux noeuds θ_s et θ_m respectivement

$$P_{\text{rs}} = (A_t - A_m - H_{\text{es}} / h_{\text{is}}) / A_t$$

$$P_{\text{rm}} = A_m / A_t$$

P_{rsd} and P_{rmd} sont les parts radiatives des apports solaires directs aux noeuds θ_s et θ_m respectivement, en supposant que le rayonnement solaire courte longueur d'onde réfléchi par les parois du local et transmis par la fenêtre à l'extérieur est déjà pris en compte dans le coefficient de perte solaire f_{f} .

$$P_{\text{rsd}} = [A_t - A_m - A_w - (H_{\text{TI}} / h_{\text{is}})] / (A_t - A_w)$$

$$P_{\text{rmd}} = A_m / (A_t - A_w)$$

A_w est la surface totale des baies :

$$A_w = \sum_{j=1}^w A_j$$

avec :

- l : nombre de composants internes légers,
w : nombre de composants vitrés,
h : nombre de composants opaques lourds,
 S_{f} : facteur solaire de chaque composant opaque,
 S_{b1} : facteur solaire, composante courte longueur d'onde (directe), de la baie,
 S_{b2} : facteur solaire, composantes grande longueur d'onde + convective, de la baie,
 S_{b3} : facteur solaire, composante liée à la lame d'air intérieure ventilée, de la baie,
 I_{sr} : intensité du rayonnement solaire atteignant la surface,
 f_{f} : facteur de perte solaire des fenêtres,
 f_{s} : facteur d'affaiblissement dû aux masques,
 f_{sa} : part des apports solaires transmise directement à l'air du local,
 q_{er} : densité de flux de chaleur de l'environnement extérieur vers la voûte céleste.

On retiendra comme valeurs conventionnelles :

- $f_{\text{f}} = 0$
- $f_{\text{sa}} = 0,1$

2.2 CORRECTION POUR L'EFFET SÉQUENTIEL

L'effet séquentiel est pris en compte par le biais de la constante de temps séquentielle du volume étudié, CTP, et de l'écart de température, Eseq, entre la moyenne de la journée chaude de référence et la moyenne mensuelle. On calcule un abaissement de température DTI qui est ensuite appliqué aux valeurs horaires calculées sur la journée chaude de référence.

$$DTI = 0,75 * E_{seq} * \left(1 - \left[\frac{(1 + 4,7610^{-4} * CTP^2 * (1 - B1)^2)}{(1 + 4,7610^{-4} * CTP^2)} \right]^{1/2} \right)$$

avec : $B1 = 1 / (1 + R_{ms} * H)$

$$CTP = 0,278 * C_{ms} / H$$

C_{ms} : capacité thermique séquentielle telle que définie dans les règles Th-I

H : déperditions moyennes par les parois et le renouvellement de l'air de la zone :

$$H = H_{th} + H_{es} + H_{ei}$$

2.3 CALCUL DE TIC

Tic est la température conventionnelle définie comme la valeur maximale de la moyenne sur trois heures consécutives de la température opérative :

$$Tic = \max_{h=1,24} [\sum_h ((Top(h) + Top(h+1) + Top(h+2)) / 3)] - DTI$$

Tic est fourni avec une précision de 0,1 °C, en arrondissant la valeur obtenue à la valeur la plus proche.

3. DONNÉES CLIMATIQUES ET PRISE EN COMPTE DES MASQUES

3.1 TEMPÉRATURE ET HYGROMÉTRIE

3.1.1 VALEURS DE RÉFÉRENCE AU NIVEAU DE LA MER

L'objectif de la méthode est la détermination des conditions intérieures de températures obtenues lors d'une journée chaude de référence, définie comme la journée dont la température moyenne n'est dépassée, en moyenne, que cinq jours par an. La caractérisation de cette journée n'est cependant pas suffisante : les effets d'inertie séquentielle peuvent dans certains cas entraîner une amélioration sensible du confort, dont il est nécessaire de tenir compte.

De plus l'hygrométrie de l'air extérieur est nécessaire pour caractériser l'efficacité des systèmes de rafraîchissement adiabatique de l'air éventuellement utilisés.

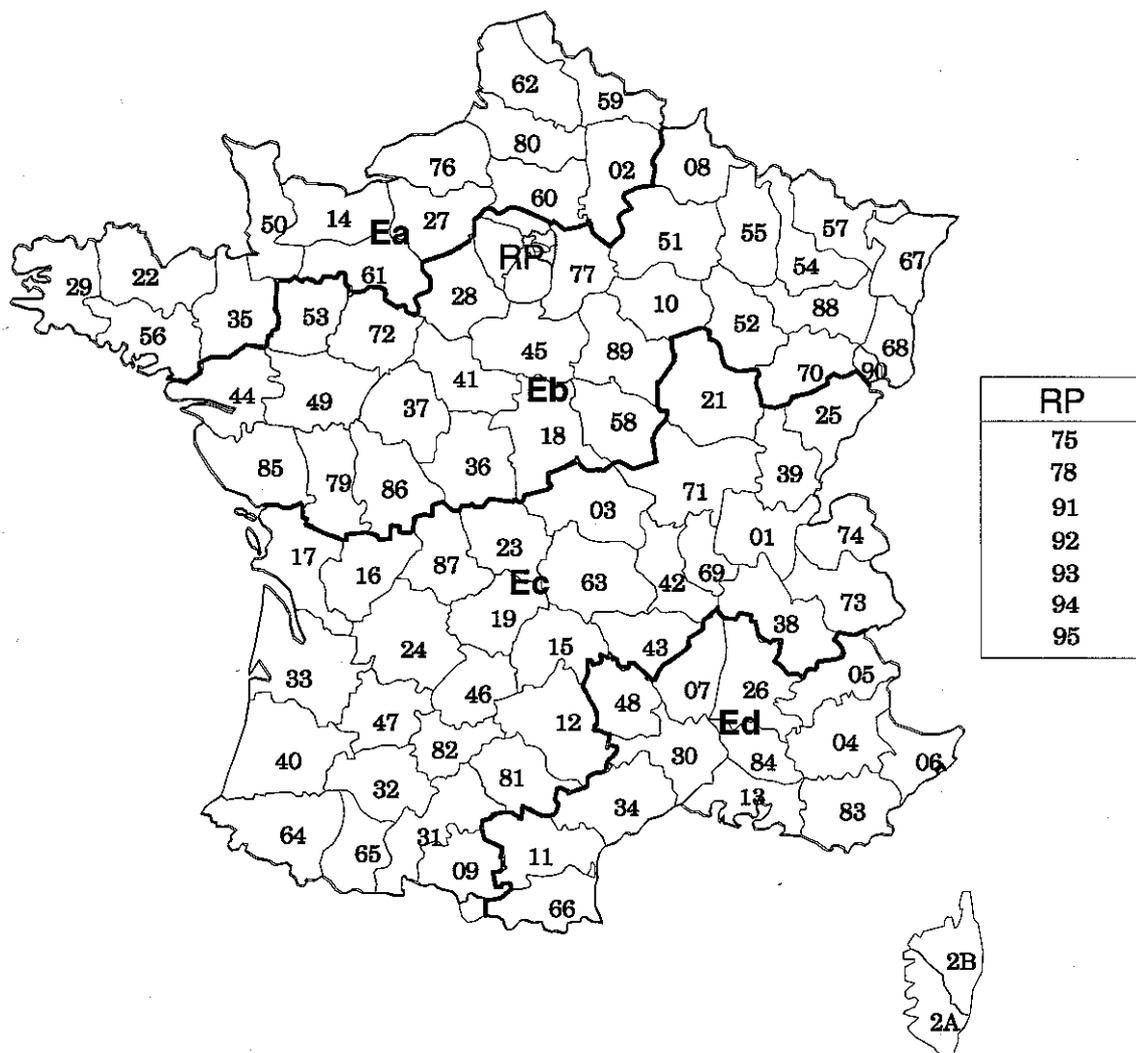
Les caractéristiques météorologiques retenues sont les suivantes :

- Eseq (°C) : écart de température entre la moyenne de la journée chaude de référence et la moyenne mensuelle
 Tqm (°C) : température quotidienne moyenne
 Eq (°C) : écart (demi amplitude) quotidien
 wm (g/kg d'air sec): humidité quotidienne moyenne.

Les valeurs de référence sont données dans le tableau suivant :

Zone		Eseq	Jour chaud de base (dépassé 5 jours/été)			
			Tqm	Eq	wm	
Ea	Littoral	4	21,5	5,5	11	
	Intérieur	4	21,5	7,0	10	
Eb	Littoral	4	23	6,5	11	
	Intérieur	4	23	7,5	10	
Ec	Littoral	4	24,5	6,5	12	
	Intérieur	Zone Ouest (32,40,47,64,82)	4	24,5	6,5	12
		Zone Est autres Dépts	4	24,5	8	10
Ed	Littoral	zone Est (06 83 2A et 2B)	3	26	4	14
		zone Ouest (11,13,30,34,66)	3	26	4	12
	Intérieur		3	26	8	10

Caractéristiques climatiques pour les zones Ea, Eb, Ec, Ed



Zones climatiques d'été : Ea, Eb, Ec, Ed

Pour l'ensemble des zones, on a distingué le littoral et l'intérieur des terres.

Le littoral est défini par une distance à la mer inférieure ou égale à 10 km, l'intérieur des terres par une distance à la mer supérieure à 10 km.

3.1.2 CORRECTION D'ALTITUDE

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

- (0,0040 z)°C	pour $z \leq 300$ m
(0,78 - 0,0066 z)°C	pour $300 \text{ m} < z \leq 800$ m
- 4,5°C	pour $z > 800$ m

On pourra également admettre les valeurs tabulées suivantes :

altitude	correction
inférieure à 300 m	0°C
de 300 à 450 m	-1°C
de 450 à 600 m	-2°C
de 600 à 800 m	-3°C
supérieure à 800 m	- 4,5°C

Correction de température

La correction d'humidité w_m est de -1g/kg d'air sec pour les altitudes supérieures à 300 m.
La courbe de variation horaire de température extérieure est déterminée en fonction de T_{qm} et E_{qm} suivant la formule :

$$T_e(h) = T_{qm} + E_{qm} \cdot C(lh) \quad \text{avec :}$$

lh	C(lh)	lh	C(lh)	lh	C(lh)	lh	C(lh)
0 à 1	- 0,6585	6 à 7	- 0,7085	12 à 13	0,8350	18 à 19	0,5320
1 à 2	- 0,7715	7 à 8	- 0,4050	13 à 14	0,9165	19 à 20	0,2605
2 à 3	- 0,8890	8 à 9	- 0,0615	14 à 15	0,9365	20 à 21	- 0,0130
3 à 4	- 0,9820	9 à 10	0,2620	15 à 16	0,9660	21 à 22	- 0,2465
4 à 5	- 1,0045	10 à 11	0,5235	16 à 17	0,9025	22 à 23	- 0,4220
5 à 6	- 0,9170	11 à 12	0,7105	17 à 18	0,7560	23 à 24	- 0,5500

Valeurs de C(lh)

3.2 RAYONNEMENT SOLAIRE ET RAYONNEMENT FROID VERS LA VOÛTE CÉLESTE

3.2.1 DONNÉES DE RÉFÉRENCE

Les valeurs moyennes horaires des rayonnements I_{di} et I_{Dn} en Wh/m^2 sont données dans le tableau suivant (les heures sont exprimées en temps solaire vrai).

Les calculs sont menés pour les conditions suivantes :

zones Ea et Eb : 25 Juillet ; latitude 49 degrés,

zones Ec et Ed : 27 Juillet ; latitude 45 degrés.

heures		zones Ea et Eb			zones Ec et Ed		
		direct normal (I_{Dn}) Wh/m ²	diffus isotrope (I_{di}) Wh/m ²	rayon. froid horiz. Wh/m ²	direct normal (I_{Dn}) Wh/m ²	diffus isotrope (I_{di}) Wh/m ²	rayon. froid horiz. Wh/m ²
de	à						
0	1	0	0	-70	0	0	-70
1	2	0	0	-70	0	0	-70
2	3	0	0	-70	0	0	-70
3	4	0	0	-70	0	0	-70
4	5	50	12	-70	30	7	-70
5	6	132	69	-70	150	62	-70
6	7	288	124	-70	332	114	-70
7	8	432	153	-70	520	139	-70
8	9	528	174	-70	653	145	-70
9	10	600	182	-70	745	150	-70
10	11	633	193	-70	788	141	-70
11	12	644	199	-70	793	147	-70
12	13	644	199	-70	793	147	-70
13	14	633	193	-70	788	141	-70
14	15	600	182	-70	741	150	-70
15	16	528	174	-70	653	145	-70
16	17	432	153	-70	520	139	-70
17	18	288	124	-70	332	114	-70
18	19	132	69	-70	150	62	-70
19	20	50	12	-70	30	7	-70
20	21	0	0	-70	0	0	-70
21	22	0	0	-70	0	0	-70
22	23	0	0	-70	0	0	-70
23	24	0	0	-70	0	0	-70

Rayonnements solaires et froids conventionnels

Remarque : Il n'y a pas de correction d'ensoleillement en fonction de l'altitude.

3.2.2 RAYONNEMENTS SUR LES PAROIS NON PROTÉGÉES

Le rayonnement solaire pour le jour chaud de base dépend :

- de l'orientation de la paroi,
- de l'inclinaison de la paroi,
- de la zone climatique d'été (Nord correspondant aux zones Ea et Eb, Sud correspondant aux zones Ec et Ed).

3.2.2.1 Calcul du rayonnement solaire direct sur une paroi nue

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

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

$$a_{sol} = \pi(h-12)/12$$

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

$$\psi = \text{acos} [(\cos\delta \cdot \sin(\text{lat}) \cdot \cos(a_{sol}) - \sin\delta \cdot \cos(\text{lat})) / \cos\gamma]$$

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

$$I_D = \cos\theta \cdot I_{Dn} : \text{rayonnement direct sur la paroi.}$$

nota : dans les formules ci-dessus, les angles sont exprimés en radians.

3.2.2.2 Calcul du rayonnement solaire diffus

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

$$I_d = I_{di} \cdot 0,5 (1 + \cos\beta).$$

3.2.2.3 Calcul du rayonnement solaire réfléchi par le sol

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

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

3.2.2.4 Rayonnement froid vers la voûte céleste

La valeur pour un plan horizontal est de -70 W/m^2 .

On considère que le rayonnement froid est nul pour les parois verticales.

Pour une paroi d'inclinaison β , le rayonnement froid a donc pour valeur :

$$q_{er} = -70 \cdot \cos\beta$$

3.2.3 FACTEUR D'AFFAIBLISSEMENT DÛ AUX MASQUES

3.2.3.1 Nature des masques

La caractérisation des masques impose que l'on recherche un juste équilibre entre la précision souhaitée pour les résultats et le temps passé à les caractériser. On retient les types de masques suivants :

- masque proche horizontal considéré comme infini, caractérisé par son débord et sa distance à la paroi étudiée,
- masques proches verticaux droite et gauche considérés comme infinis, caractérisés par leur débord et leur distance à la paroi étudiée,
- masque lointain défini par un plan vertical, caractérisé par sa hauteur et sa distance à la paroi étudiée,
- Masques lointains considérés par tranches azimutales.

Une protection de type loggia sera traitée comme une combinaison de masques proches verticaux et horizontaux. Les masques horizontaux limités à la largeur de la paroi étudiée sont considérés comme infini lorsque le rapport entre leur largeur et la hauteur de la partie masquée est supérieure à 1.

3.2.3.2 Nomenclature

α	: orientation de la paroi (0 : sud ; 90 : ouest ; 180 : nord ; 270 : est)
β	: inclinaison de la paroi (0 : horizontale ; 90 : verticale)
lat	: latitude
δ	: déclinaison
γ	: hauteur du soleil au dessus de l'horizon
ψ	: orientation du soleil/sud
θ	: angle du rayonnement solaire incident / normale à la paroi
Φ	: angle azimutal ($\psi - \alpha$)
h	: heure
asol	: heure en radian
I_{Dh}	: rayonnement direct horizontal ($W.m^{-2}$)
I_D	: rayonnement direct sur la paroi ($W.m^{-2}$)
I_{Dn}	: rayonnement direct normal ($W.m^{-2}$)
I_{di}	: rayonnement diffus isotrope ($W.m^{-2}$)
I_d	: rayonnement diffus sur la paroi ($W.m^{-2}$)
I_r	: rayonnement réfléchi par le sol sur la paroi ($W.m^{-2}$)
I_{sr}	: rayonnement solaire global atteignant la paroi ($W.m^{-2}$)
q_{er}	: rayonnement froid vers la voûte céleste ($W.m^{-2}$)
alb	: albedo du sol.
d_v	: profondeur d'un masque vertical (m)
d_{hm}	: profondeur d'un masque horizontal (m)
d_E	: distance d'un masque éloigné à un point considéré (m)
l_p	: largeur de la paroi (m)
h_p	: hauteur de la paroi (m)
d_l	: partie ombragée due à un masque vertical (m)
d_p	: distance d'un masque vertical à la paroi (m)
d_h	: partie ombragée due à un masque horizontal (m)
d_{hp}	: distance du masque horizontal à la paroi (m)
h_{pE}	: hauteur du plan vertical éloigné/point considéré (m)
d_{hE}	: hauteur ensoleillée à la verticale du point considéré (m)
f_v	: facteur d'affaiblissement dû à un masque vertical
f_h	: facteur d'affaiblissement dû à un masque horizontal
f_E	: facteur d'affaiblissement dû à un masque éloigné
f_s	: facteur d'affaiblissement global
indices	: d : droit
	: g : gauche

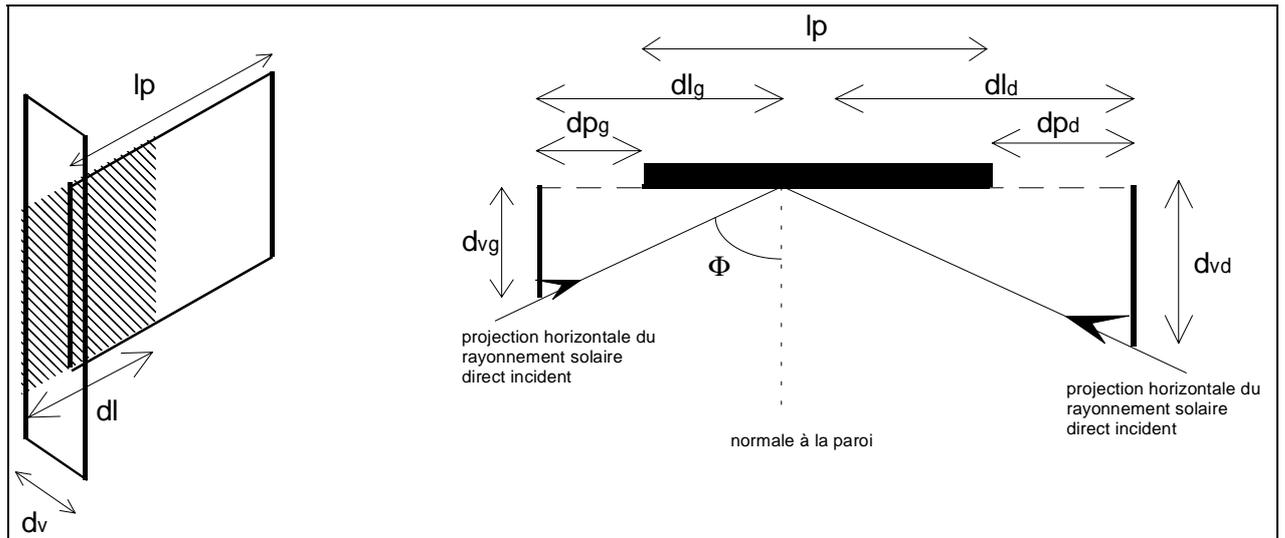
3.2.3.3 Calcul des facteurs d'affaiblissement

On distingue ici les masques proches, dus à l'architecture du bâtiment et les masques lointains dus à son environnement. Les masques proches ne sont calculés que pour les parois verticales, alors que les masques lointains peuvent l'être pour tout type de paroi.

3.2.3.3.1 Masques proches verticaux

On peut considérer le masque jouxtant la paroi ou en étant légèrement éloigné.

Convention : masque droit et gauche vu de l'extérieur.



$$dl_g = \text{Max} (0 ; d_{vg} \cdot \tan \Phi)$$

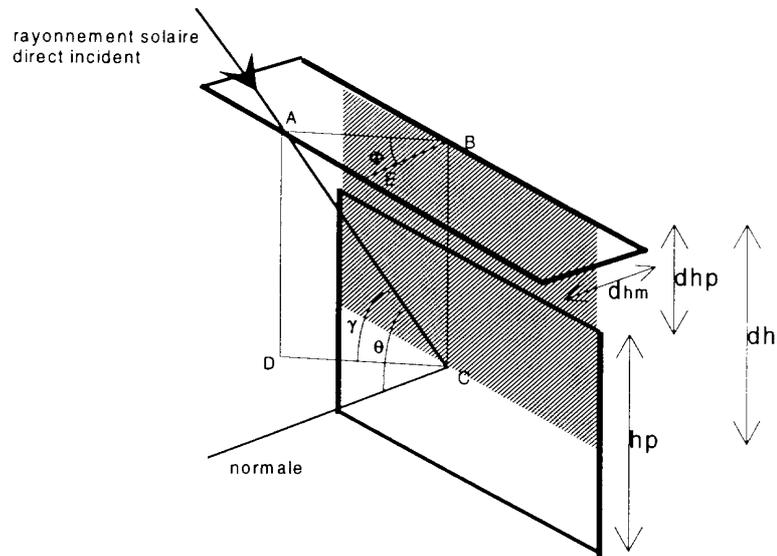
$$f_{vg} = \text{Min} [\text{Max} (0 ; [1 - (dl_g - dp_g) / lp]) ; 1]$$

$$dl_d = \text{Max} (0 ; - d_{vd} \cdot \tan \Phi)$$

$$f_{vd} = \text{Min} [\text{Max} (0 ; [1 - (dl_d - dp_d) / lp]) ; 1]$$

3.2.3.3.2 Masque proche horizontal

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



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

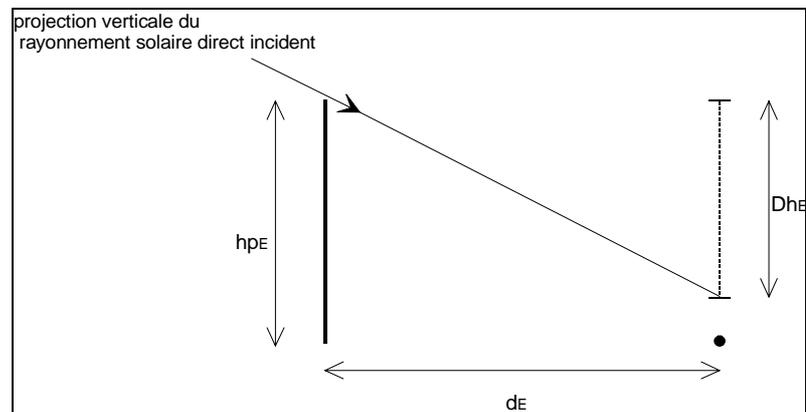
$$d_{hm}/dh = BE/BC = (BE/AB) \cdot (AB/BC) = \cos\Phi / \tan\gamma$$

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

$$f_h = \text{Min} [\text{Max} (0 ; [1 - (dh - dhp)/hp]) ; 1]$$

3.2.3.3.3 Masque lointain défini par un plan vertical

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



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

$$\text{si } dh_E > hp_E \quad f_E = 1 \quad \text{si } dh_E < hp_E \quad f_E = 0$$

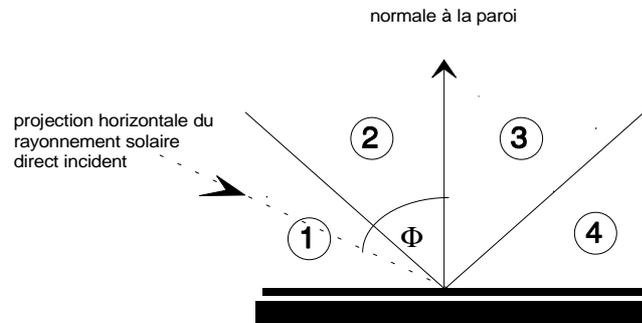
nota :

- Dans ce calcul, le masque n'aura pas d'influence sur les parois perpendiculaires à la paroi considérée.
- Ce calcul peut être utilisé pour calculer l'influence de ce même masque sur une paroi horizontale. Il faut alors donner l'orientation du masque.

3.2.3.3.4 Masques lointains considérés par tranches azimutales

Par rapport à une paroi, on considère 4 tranches azimutales de 45°. Dans chaque tranche, on considère un angle γ_i ($i = 1, 2, 3$ ou 4) correspondant à la hauteur de l'horizon vu du centre de la paroi intégrant les masques naturels et urbains existants et futurs (voir chapitre 6)

Lorsque l'azimut du soleil par rapport à la normale à la paroi (Φ) se situe dans une tranche donnée, si γ est supérieur à l'angle γ_i de cette tranche, la paroi est éclairée ($f_E=1$), sinon elle est à l'ombre ($f_E=0$).



Remarques :

- Dans ce calcul, les masques n'auront pas d'influence sur les parois perpendiculaires à la paroi considérée. Il faut effectuer la démarche paroi par paroi.
- Ce calcul peut être utilisé pour calculer l'influence de ces mêmes masques sur une paroi horizontale mais on ne peut traiter qu'une demi-sphère de masques.

3.2.3.3.5 Composition des masques et rayonnement global incident

Pour une paroi considérée, le **facteur d'affaiblissement global** f_s est :

$$f_s = f_E \cdot f_{vg} \cdot f_{vd} \cdot f_h$$

Si β est différent de 90° (paroi non verticale), $f_{vg} = f_{vd} = f_h = 1$ (on considère qu'il n'y a pas de masque proche).

Les tableaux de baies peuvent être pris en compte de façon simplifiée selon la formulation précisée dans les Th-S.

La prise en compte des parois opaques percées d'ouvertures peut être menée de deux façons :

1. on considère que la surface, ou la position de la ou des ouvertures modifiera peu le rayonnement moyen incident sur la paroi opaque et l'on définit les masques pour la paroi opaque sans tenir compte des ouvertures. Dans ce cas bien entendu, le calcul du flux de chaleur reçu par la paroi opaque sera mené sur la base de sa surface effective, c'est-à-dire après déduction des ouvertures.
2. on considère que la surface, ou la position de la ou des ouvertures modifiera de façon prononcée le rayonnement moyen incident sur la paroi opaque. On devra alors séparer la paroi opaque en éléments sans ouvertures traités indépendamment.

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

$$I_{sr} = f_s \cdot I_D + I_d + I_r$$

4. APPORTS INTERNES

Les apports internes, $A_i(h)$, sont répartis à égalité sous formes convective et radiative. Les valeurs totales (convectif + radiatif) sont définies comme suit :

4.1 BÂTIMENTS À USAGE D'HABITATION

Les apports internes ont pour valeur en Wh/m^2 de surface utile du bâtiment ou de la zone (au sens des règles Th-C) :

Tranche horaire		W/m ²
Temps légal en h	temps solaire vrai	
de 0 à 7	de 0 à 5	3
de 7 à 8	de 5 à 6	4
de 8 à 12	de 6 à 10	2
de 12 à 13	de 10 à 11	10
de 13 à 18	de 11 à 16	2
de 18 à 19	de 16 à 17	4
de 19 à 20	de 17 à 18	16
de 20 à 21	de 18 à 19	4
de 21 à 23	de 19 à 21	5
de 23 à 24	de 21 à 24	3

Apports internes $A_i(h)$ par m² de surface utile

4.2 BÂTIMENTS À USAGE AUTRE QUE D'HABITATION

Les apports internes sont calculés sur la base des valeurs conventionnelles définies dans les règles Th-C en fonction de la typologie de maintien en température avec les hypothèses suivantes :

long (16 heures/jour , 7 jours/semaine) :	présence de 6h à 22 h
moyen (10 heures/jour , 5 jours/semaine) :	présence de 8 h à 18 h
court (5 heures/jour , 5 jours/semaine) :	présence de 10h à 15 h

Les apports internes sont répartis uniformément sur la plage d'occupation. Les calculs sont menés pour un jour où le bâtiment est occupé.

5. CALCUL DES DÉBITS DE RENOUELEMENT D'AIR

5.1 CALCUL DU DÉBIT D'AIR DÛ À L'OUVERTURE DES FENÊTRES

5.1.1 CALCUL DU DÉBIT D'AIR DÛ À L'OUVERTURE DES FENÊTRES POUR LES BÂTIMENTS À USAGE D'HABITATION

5.1.1.1 *Algorithme de calcul*

a) Pour chaque baie on définit :

ROL : rapport entre la surface d'ouverture libre de la baie sa surface totale comptée en tableau,

BR 1,2,3 : classes d'exposition au bruit telle que définie dans l'arrêté,

IJN : statut du local pour la baie concernée :
 1 : local destiné au sommeil
 2 : autres

b) Pour chaque baie (b) et chaque plage horaire (Ph) , on calcule l'aire équivalente Aeq :

$$Aeq(b, Ph) = Ab \cdot ROL \cdot Cpr(BR, IJN)$$

où Ab est la surface de la baie et Ph la plage horaire (nuit, matinée, journée).

c) On définit les zones suivant les possibilités de ventilation traversante :

Une zone est dite traversante pour le confort d'été si les deux conditions suivantes sont respectées :

- 1 - la zone est non étanche entre façades au sens des règles Th-C,
- 2 - tout secteur d'orientation d'ouverture de 80 degrés inclut une surface de baies inférieure à 75 % de la surface totale des baies.

d) Pour chaque zone, chaque façade et chaque plage horaire, on calcule la somme des ouvertures équivalentes par orientation (Or = Est, Ouest, Nord ou Sud) :

$$Aeqt(zone, Ph, Or) = \sum_b Aeq(b, Ph)$$

e) Pour chaque zone et chaque plage horaire, on calcule le débit dû à l'ouverture des fenêtres :

1. si la zone est traversante :

$$qvfenete(Ph) = 100 \cdot \left(\sum_{Or} Aeqt(Ph, Or) + 3 \cdot \sqrt{\sum_{Or2 > Or1} Aeqt(Ph, Or1) \cdot Aeqt(Ph, Or2)} \right)$$

2. si la zone n'est pas traversante :

$$qvfenete(Ph) = 100 \cdot \left(\sum_{Or} Aeqt(Ph, Or) \right)$$

où 100 (en m/h) est la vitesse de vent équivalente pour les effets thermiques et de ventilation transversale.

f) Pour le bâtiment ou la zone, le débit dû à l'ouverture des fenêtres, qvfenete est pour chaque plage horaire la somme des débits des différentes zones.

5.1.1.2 Valeurs des paramètres

Les plages horaires sont constantes et ainsi définies, en temps solaire vrai (T.S.V.) :

Ph1 - nuit	:	de 18h à 5h (soit 20h à 7h temps légal),
Ph2 - matinée	:	de 5h à 7h (soit 7h à 9h temps légal),
Ph3 - journée	:	de 7h à 18h (soit 9h à 20h temps légal).

Les coefficients Cpr sont définis dans le tableau suivant :

exp. au bruit	Local	Ph1	Ph2	Ph3
BR1	Nuit	0.7	0.7	0.0
	Autres	1.0	0.7	0.0
BR2	Nuit	0.0	0.7	0.0
	Autres	1.0	0.7	0.0
BR3	Nuit	0.0	0.0	0.0
	Autres	0.0	0.7	0.0

Valeur des coefficients Cpr

5.1.2 CALCUL DU DÉBIT D'AIR DÛ À L'OUVERTURE DES FENÊTRES POUR LES BÂTIMENT À USAGE AUTRE QUE D'HABITATION

La procédure de calcul est la suivante, pour chaque pas de temps horaire :

5.1.2.1 Détermination de l'ouverture des baies

En période d'occupation, l'ouverture des fenêtres est régie par la valeur de la température intérieure opérative, et proportionnelle à cette dernière sur une bande Topmin – Topmax avec Topmin = 24 °C et Topmax = 27 °C. Pour Top < Topmin , la baie est fermée. Pour Top > Topmax elle est ouverte au maximum.

En période d'inoccupation, les baies sont fermées.

On considère un temps de réaction d'une heure. La détermination du pourcentage d'ouverture est donc fonction de la valeur de Top calculée au pas de temps précédent. On dispose donc à chaque pas de temps du ratio d'ouverture libre de la baie store non compris noté Rolbhs.

5.1.2.2 Détermination des caractéristiques de ventilation de la baie

Chaque store ou volet est caractérisé par un ratio d'ouverture libre, noté Rolst. Par convention Rolst est égal à 1 pour les stores ou volets projetés, les dispositifs de protection à lame fixe ou orientable et les stores vénitiens, égal à une valeur forfaitaire de 0,20 pour les autres.

Le ratio disponible pour la ventilation, noté Rolbeff, a pour valeur $Rolbeff = Rolbhs * Rolst$

5.1.2.3 Calcul du débit de ventilation

Le débit de ventilation par ouverture des fenêtres, $q_{v_{fenete}}$, est calculé selon la formulation simplifiée ci-dessous retenant une vitesse du vent conventionnelle de 1 m/s..

$$q_{v_{fenete}} = 1800 (\sum_{baies} Rolbeff_{baie} * A_{baie}) ((0,01 + 0,001 Ve^2 + 0,0035 H_{ttf} \text{abs}(T_e - T_i))^{0.5})$$

où :

T_e est la température d'air extérieur,

T_i est la température d'air intérieur.

La vitesse de vent, Ve , est fixée conventionnellement à 1 m/s.

Dans le cas des locaux pour lesquels la différence d'altitude entre le point bas de leur ouverture la plus basse et le point haut de leur ouverture la plus haute est égale ou supérieure à 4 m, H_{ttf} a pour valeur cette différence d'altitude. Pour les autres locaux, on applique une valeur conventionnelle de 1,5 m.

5.2 CALCUL DU DÉBIT DE RENOUELEMENT D'AIR PAR SYSTÈME SPÉCIFIQUE

Le débit de renouvellement d'air par système spécifique est défini dans l'arrêté.

5.2.1 BÂTIMENTS À USAGE D'HABITATION

Le débit de base est appliqué 22 h par jour. Le volume soufflé correspondant au grand débit est réparti à égalité sur les plages horaires 12 h 13 h et 19 h 20 h en heure légale.

Exemple : si le grand débit est utilisé 2 h par jour, on retient cette valeur pour les plages horaires définies ci-avant. S'il est utilisé 1 h par jour, on retient la moitié de sa valeur.

5.2.2 BÂTIMENTS À USAGE AUTRE QUE D'HABITATION

On applique les débit de ventilation en période normale et en période réduite selon un scénario identique à celui des apports internes (4.2).

5.3 CALCUL DU DÉBIT DE RENOUELEMENT D'AIR GLOBAL

En cas de présence de ventilation spécifique, on retient comme valeur de $q_{v_{ete}}$ la plus grande des valeurs entre celle due à l'ouverture des fenêtres $q_{v_{fenete}}$ et celle due à la ventilation spécifique.

Les débits dus à la perméabilité à l'air de l'enveloppe du bâtiment sont négligés.

6. APPORTS SOLAIRES PAR LES BAIES

6.1 CARACTÉRISTIQUES DES BAIES POUR LES BÂTIMENTS À USAGE D'HABITATION

Les baies étant systématiquement fermés dans la journée, l'impact de l'ouverture des fenêtres sur les apports solaires est faible et peut être négligé. On considère donc que le facteur solaire est toujours égal à la valeur correspondant à une fenêtre fermée.

6.2 CARACTÉRISTIQUES DES BAIES POUR LES BÂTIMENTS À USAGE AUTRE QUE D'HABITATION

Les baies sont en général ouvertes dans la journée.

Le facteur solaire d'une baie est obtenu par somme pondérée du facteur solaire :

- des parties vitrées (on néglige l'effet éventuel d'un coulissant),
- et du store devant la partie ouverte.

7. CONVENTIONS DE CALCUL ET VALEURS PAR DÉFAUT

On rappelle que le calcul de Ticref doit être mené pour les valeurs du projet pour tout paramètre ne faisant pas l'objet d'une référence. Si elles sont utilisées, les valeurs par défaut ne faisant pas l'objet d'une référence doivent donc être utilisées de façon identique dans la référence et dans le projet.

7.1 RÉFÉRENCES RÉGLEMENTAIRES ET NORMATIVES À UTILISER

Les calculs relatifs aux déperditions par les parois, aux facteurs solaires et à l'inertie sont respectivement précisés dans les règles Th-C, Th-U, Th-S et Th-I .

7.2 CARACTÉRISATION DU SITE

7.2.1 CARACTÉRISTIQUES CLIMATIQUES

On utilisera les valeurs par défaut suivantes, en particulier si la seule information disponible est la zone d'été :

- Altitude : 0 m,
- Situation : intérieur.

7.2.2 BRUIT

Une baie est par défaut exposée BR1 ou BR3 si la distance à toute infrastructure classée en application du décret 95-21 du 9/1/1995, est respectivement supérieure ou inférieure aux valeurs données dans le tableau ci dessous :

Catégorie de l'infrastructure de transport	Distance minimale pour la classe BR1
1	700 m
2	500 m
3	250 m
4	100 m
5	30 m

7.2.3 MASQUES LOINTAINS

Les masques lointains affectant une paroi sont évalués selon les paragraphes 3.2.3.3.3 ou 3.2.3.3.3 . Le point de référence est le centre de la paroi considérée. Les masques pris en compte sont les masques existants et futurs ainsi définis :

- Les masques existants sont constitués par tous les obstacles au rayonnement solaire existants à la date de calcul du projet, à l'exception de ceux situés à l'intérieur de la parcelle d'implantation du bâtiment et explicitement condamnés du fait de la réalisation du projet.
- Les masques futurs sont constitués par tous les obstacles au rayonnement solaire, créés par le projet lui-même et susceptibles d'intervenir ultérieurement et de modifier les performances thermiques du bâtiment étudié.
- Par convention il n'est pas tenu compte des masques dus à la présence de végétaux.

7.3 CARACTÉRISATION DU BÂTIMENT

7.3.1 PRINCIPE GÉNÉRAL

On effectue le calcul sur toutes les parties de l'enveloppe du bâtiment en segmentant éventuellement le bâtiment en plusieurs zones.

En cas de présence d'une véranda :

- Si les baies de la véranda peuvent être considérées comme ouvertes en été (ce qui implique qu'elles ne participent pas le cas échéant à l'isolement acoustique) le volume enveloppe sur lequel porte le calcul est la partie du logement hors véranda.
- Dans le cas contraire, le volume comprend la véranda.

7.3.2 MASQUES

On considère par défaut qu'il n'y a ni masques lointains ni masques proches.

7.3.3 ORIENTATIONS ET INCLINAISONS PAR DÉFAUT POUR LES BAIES

Pour l'orientation on peut retenir 4 orientations : Nord, Sud, Est et Ouest, correspondant aux secteurs situés de part et d'autre de ces orientations dans un angle de 45 degrés. On peut considérer par défaut que les baies Est, Sud et Ouest sont réparties uniformément sur ces 3 orientations.

Pour l'inclinaison (les angles sont comptés par rapport à l'horizontale), on peut retenir :

- Vertical (angle de calcul : 90 degrés) : inclinaison de 60 degrés compris à 90 degrés compris,
- Angle de calcul : 45 degrés : angle de 30 degrés non compris à 60 degrés non compris,
- Horizontal (angle de calcul : 0 degré) : angle de 0 degré compris à 30 degrés compris.

7.3.4 PAROIS OPAQUES ET PONTS THERMIQUES

On considère par défaut pour les parois opaques dites **verticales** au sens de l'arrêté les caractéristiques suivantes :

- inclinaison verticale,
- surfaces uniformément réparties sur les orientations nord, est, sud et ouest,
- coefficient U égal à la moyenne des U des parois pondérées par leur surfaces,
- coefficient d'absorption de 0,5.

nota : on peut donc effectuer le calcul en partant de la surface totale des parois opaques verticales affectée de la valeur moyenne de U .

On considérera par défaut pour les parois opaques dites **horizontales** au sens de l'arrêté les caractéristiques suivantes :

- inclinaison horizontale,
- coefficient U égale à la moyenne des U des parois pondérées par leur surfaces,
- coefficient d'absorption de 0,7.

On considère par défaut pour les **ponts thermiques** les caractéristiques suivantes :

- inclinaison verticale,
- linéaires uniformément répartis sur les orientations nord, est, sud et ouest,
- coefficient Ψ égale à la moyenne des Ψ des ponts pondérées par leurs longueurs,
- coefficient d'absorption de 0,5.

nota : on peut donc effectuer le calcul en partant de la longueur totale des ponts thermiques affectée de la valeur moyenne de Ψ .

7.3.5 VENTILATION PAR OUVERTURE DES FENÊTRES

Pour tous les secteurs, on applique par défaut les valeurs minimales d'ouvertures définies dans l'arrêté.

Pour les bâtiments à usage d'habitation, on considère par défaut une ventilation non traversante. Pour les autres bâtiments on applique par défaut un ratio d'ouverture libre pour les stores $R_{olst} = 0,20$,

Pour les locaux appliquant la dérogation de l'article 34 en terme de mobilité des baies, on considère par défaut une hauteur de tirage thermique H_{ttf} de 4 m. Pour les autres locaux on applique la hauteur conventionnelle de tirage thermique H_{ttf} de 1,5m.

7.3.6 INERTIE

L'inertie quotidienne et séquentielle du bâtiment sont déterminées par les règles Th-I.

Pour l'inertie quotidienne les démarches suivantes sont possibles :

- détermination forfaitaire de la classe d'inertie par le nombre de « parois lourdes »,
- détermination de la classe d'inertie par point d'inertie des parois,
- détermination par le calcul de C_m et A_m .

Pour l'inertie séquentielle les démarches suivantes sont possibles :

- prendre par défaut $C_{ms} = C_m$
- déterminer la « classe d'inertie séquentielle » à partir des « points d'inertie séquentielle » des parois ou par le nombre de plancher lourds,
- déterminer C_{ms} par le calcul.

7.3.7 SURFACE TOTALE DES PAROIS DE L'ENVIRONNEMENT INTÉRIEUR : A_T

La valeur par défaut de A_t est calculée par :

$$A_t = 4,5 A_{utile}$$

avec A_{utile} : surface utile de la zone.9