

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'HABITAT**

**Document Technique Réglementaire**

**D.T.R. C 3-4**

**CLIMATISATION**

**Règles de calcul des apports  
calorifiques des bâtiments**

*Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment*

**1998**

## COMPOSITION DU GROUPE TECHNIQUE SPÉCIALISÉ

- Président** : M. REBZANI Braham, Ingénieur en Chef.
- Vice-Président** : M. SILHADI Kamel, Maître Assistant à l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger (ENP).
- Rapporteur** : M. EL HASSAR Sidi Mohamed. Karim, Chargé de Recherche au CNERIB.

### Membres

- M. ABALACHE Bachir : Cadre Supérieur, Bureau d'Etudes Habitat d'Alger (BEHA).
- M. ABED Mohamed : Maître Assistant, Chargé de Cours, Université de Blida.
- Mme AIT MESBAH Saliha : Sous Directeur, Ministère de l'Habitat.
- M. BEN ABDESSELAM Azzedine: Maître Assistant, Université des Sciences et Technologies Houari Boumediene.
- M. BENSALÉM Rafik : Maître Assistant, Chargé de Cours, Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme.
- M. BOUHOUN Mohamed : Chef de Service, BATIMETAL.
- Melle CHOUTRI Samia : Chef de Bureau, Ministère de l'Habitat.
- M. KADI Mohamed : Directeur, Office National de la Météorologie
- M. KHELIL Ouahmed : Directeur des projets technologiques, Agence pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie.
- M. KOUMYEM Youcef : Ingénieur, CTC Sud, Agence d'Alger.
- M. MADANI Brahim : Maître Assistant, Université des Sciences et Technologies Houari Boumediene.
- M. MEROUANI Zein-Eddine : Chargé de Recherche, CNERIB.
- M. MEZRED Mohamed : Ingénieur, Office National de la Météorologie.
- Mme OULD-HENIA Nadia : Maître Assistante, Chargée de Cours, Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme.
- M. OUMAZIZ Rabah : Chargé de Recherche, CNERIB.
- M. SAKHRAOUI Saïd : Chargé de Recherche, CNERIB.
- M. SOUCI Messaoud : Chargé de Recherche, CNERIB.
- M. ZOUAOUI Noredine : Chargé de Recherche, CNERIB.

**ARRETE MINISTERIEL PORTANT APPROBATION DU  
DOCUMENT TECHNIQUE REGLEMENTAIRE RELATIF  
A LA REGLEMENTATION THERMIQUE DES BATIMENTS  
« Règles de Calcul des Apports Calorifiques des Bâtiments - Climatisation »**

LE MINISTRE DE L'HABITAT,

- Vu le décret n°86-213 du 19 Août 1986 portant création d'une commission technique permanente pour le contrôle technique de la construction ;
- Vu le décret n°87-234 du 03 Novembre 1987 modifiant le décret n°82-319 du 23 Octobre 1982 portant transformation de l'Institut National d'Etudes et de Recherches du Bâtiment (INERBA) en Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du bâtiment (CNERIB) ;
- Vu le décret présidentiel n°97-231 du 20 Safar 1418 correspondant au 25 Juin 1997 portant nomination des membres du gouvernement ;
- Vu le décret exécutif n°92-176 du 04 Mai 1992 fixant les attributions du Ministre de l'Habitat ;

**ARRETE**

ARTICLE 01 - Est approuvé le document technique réglementaire D.T.R C.3-4 intitulé " Règles de calcul des apports calorifiques des bâtiments "annexé à l'original du présent arrêté.

ARTICLE 02 - Le Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment (CNERIB), est chargé de l'édition et de la diffusion du présent document technique réglementaire.

ARTICLE 03 : Le présent arrêté sera publié au Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 10 Août 1997

Le Ministre de l'Habitat

Abdelkader BOUNEKRAF

# SOMMAIRE

## Chapitre 1 : Principes généraux

1. GENERALITES
  - 1.1. Objet du document
  - 1.2. Domaine d'application
  - 1.3. Référence
  - 1.4. Définitions
2. METHODOLOGIE
  - 2.1. Principes généraux
  - 2.2. Calcul des apports calorifiques
  - 2.3. Vérification réglementaire
3. FORMULES GENERALES
  - 3.1. Calcul des apports
  - 3.2. Vérification réglementaire
  - 3.3. Apports de référence des parois opaques horizontales
  - 3.4. Apports de référence des parois opaques verticales
  - 3.5. Apports de référence des parois vitrées

## Chapitre 2 : Conditions de base

1. CONDITIONS EXTERIEURES DE BASE
  - 1.1. Caractéristiques de l'air extérieur
  - 1.2. Rayonnement solaire de base
    - 1.2.1. Définitions
    - 1.2.2. Valeurs du rayonnement de base
    - 1.2.3. Détermination du rayonnement réel
2. CONDITIONS INTERIEURES DE BASE
  - 2.1. Généralités
  - 2.2. Principes
  - 2.3. Valeurs des conditions intérieures de base

## Chapitre 3 : Apports à travers les parois opaques

1. PAROIS AERIENNES
  - 1.1. Principes
  - 1.2. Expression générale
  - 1.3. Différence de température équivalente  $\Delta t_e(t)$
2. PAROIS INTERIEURES
  - 2.1. Formules générales
  - 2.2. Valeurs du coefficient correcteur  $C_{Inc}$
3. PAROIS EN CONTACT AVEC LE SOL
  - 3.1. Principes
  - 3.2. Formules de calcul

## Chapitre 4 : Apports à travers les parois vitrées

1. PRINCIPE DE CALCUL
  - 1.1. Formules générales
  - 1.2. Détermination du coefficient d'amortissement

## 2. FACTEUR SOLAIRE

### 2.1. Généralités

### 2.2. Facteur solaire des dalles de verre, coupole en matière plastique

### 2.3. Facteur solaire des vitrages spéciaux en simple épaisseur

### 2.4. Facteur solaire des vitrages doubles

### 2.5. Facteur solaire des vitrages munis de protections verticales

## **Chapitre 5 : Apports de chaleur internes**

### 1. PRINCIPES GENERAUX

#### 1.1. Généralités

#### 1.2. Principes de calcul

#### 1.3. Formule générale

#### 1.4. Coefficient d'amortissement

### 2. CALCUL DES GAINS

#### 2.1. Gains dus aux occupants

#### 2.2. Gains dus aux machines entraînées par un moteur électrique

#### 2.3. Gains dus aux machines électriques

#### 2.4. Gains dus à l'éclairage

#### 2.5. Gains dus aux appareils à gaz

#### 2.6. Gains dus à un réservoir

#### 2.7. Gains par évaporation

#### 2.8. Gains par introduction de vapeur vive

#### 2.9. Apports par les tuyauteries

#### 2.10. Apports par les conduits d'air

## **Chapitre 6 : Apports de chaleur par introduction d'air extérieur**

### 1. PRINCIPES

#### 1.1. Généralités

#### 1.2. Expression générale

### 2. DEBIT D'AIR NEUF

#### 2.1. Conventions

#### 2.2. Cas des logements

#### 2.3. Cas des locaux à usage autre que d'habitation

### 3. DEBIT D'AIR DU AUX INFILTRATIONS

#### 3.1. Conventions

#### 3.2. Calcul du débit d'infiltrations

Annexe 1 : Détermination des paramètres solaires

Annexe 2 : Calcul des débits de soufflage

Annexe 3 : Terminologie des différents airs en climatisation

Annexe 4 : Détermination des zones ombrées

Annexe 5 : Classification des communes d'Algérie

Annexe 6 : Notions relatives à l'air humide

Annexe 7 : Coefficient d'amortissement - Apports de chaleur internes

Annexe 8 : Distribution publique de gaz

Annexe 9 : Correspondance des unités

# SYMBOLES

Les principaux symboles et abréviations utilisés dans ce DTR sont présentés ci-après.

## 1. Majuscules latines

Symbole	Signification	Unité
A	Apports calorifiques .....	W
AE	Apports calorifiques effectifs .....	W
AI	Apports calorifiques internes .....	W
APO	Apports calorifiques par une paroi opaque .....	W
AREN	Apports calorifiques dus au renouvellement d'air .....	W
AINF	Apports calorifiques dus aux infiltrations d'air extérieur .....	W
AT	Apports calorifiques totaux .....	W
AV	Apports calorifiques à travers les parois vitrées .....	W
AVE	Apports par rayonnement solaire à travers les parois vitrées .....	W
AVT	Apports par transmission à travers les parois vitrées .....	W
BF	Facteur de by-pass .....	-
C	Coefficient de correction .....	(selon les cas)
CS	Coefficient de simultanéité .....	-
D	Diamètre .....	m
E	Ecart diurne .....	°C
DH	Degré hygrométrique .....	-
ENT	Enthalpie .....	kJ/kg <sub>as</sub>
EAT	Ecart annuel de température .....	°C
FS	Facteur solaire .....	-
HR	Humidité relative .....	%
HS	Humidité spécifique d'air .....	g <sub>vap</sub> /kg <sub>as</sub>
I	Rayonnement .....	W/m <sup>2</sup>
K	Coefficient surfacique de transmission calorifique .....	W/m <sup>2</sup> .°C
L	Latitude .....	degré
M	Masse rapportée à la surface du plancher .....	kg/m <sup>2</sup>
N	Coefficient d'amortissement .....	-
PA	Pression atmosphérique .....	Pa
PC	Pouvoir calorifique .....	J/m <sup>3</sup>
PP	Pression partielle de vapeur d'eau .....	Pa
PS	Pression partielle de vapeur saturante .....	Pa
R	Résistance thermique d'une couche de matériau .....	m <sup>2</sup> .°C/W
S	Surface d'une paroi opaque .....	m <sup>2</sup>
SV	Surface vitrée .....	m <sup>2</sup>
SHFT	Longitude .....	degré
TH	Température humide de l'air .....	°C
TO	Temps officiel .....	h
TR	Température de rosée .....	°C
TS	Température sèche de l'air .....	°C
TSV	Temps Solaire Vrai .....	h
V	Volume .....	m <sup>3</sup>
VS	Volume spécifique .....	m <sup>3</sup> /kg <sub>as</sub>
W	Puissance .....	W

## 2. Minuscules latines

Symbole	Signification	Unité
a	Coefficient réglementaire .....	W/m <sup>2</sup> .°C
alt	Altitude .....	m
c	Coefficient réglementaire .....	W/m <sup>2</sup> .°C
e	épaisseur .....	m
e'	Coefficient réglementaire .....	W/m <sup>2</sup> .°C
h	Coefficient d'échange superficiel .....	W/m <sup>2</sup> .°C
k	Coefficient linéique d'émission calorifique .....	W/m.°C
m	Masse .....	kg
qm	Débit massique .....	kg/s
qv	Débit volumique .....	m <sup>3</sup> /s
qve	Débit volumique d'air extrait .....	m <sup>3</sup> /s
qvo	Débit volumique d'infiltration pour un ouvrant .....	m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup>
r	Résistance thermique d'échanges superficiels .....	m <sup>2</sup> .°C/W
z	Différence de niveau (paroi en contact avec le sol) .....	m

## 3. Majuscules grecques

Symbole	Signification	Unité
ΔTS	Différence de températures sèches .....	°C
Δte	Différence de température équivalente .....	°C
Δtes	Différence de température équivalente non corrigée (conditions standard) pour une paroi à l'ombre .....	°C
Δtem	Différence de température équivalente non corrigée (conditions standard) pour une paroi ensoleillée .....	°C
Δtlnc	Ecart de température sèche entre un espace non conditionné et un local conditionné .....	°C
Δp	Pression d'un ventilateur, hauteur manométrique d'une pompe .....	Pa
Φ	Azimut solaire .....	degré

## 4. Minuscules grecques

Symbole	Signification	Unité
α	Facteur d'absorption .....	-
β	Hauteur du soleil .....	degré
δ	Déclinaison solaire .....	degré
φ	Azimut d'une paroi verticale .....	degré
λ	Conductivité thermique .....	W/m.°C
η	Rendement .....	-
θ	Température .....	°C
ω	Angle horaire .....	degré

## 5. Indices

### **Symbole Signification**

AI	Apports internes
PH	Paroi horizontale
PV	Paroi verticale
PVI	Paroi vitrée
a	absorbé
as	air sec
an	air neuf
b	base
d	diffus
e	extérieur
eff.	effectif
f	fluide
h	habitable
i	intérieur
inf	air d'infiltration
l	latent
lim	limite
lnc	local non climatisé
m	moyen
max.	maximal
min.	minimal
n	nominal
réf.	référence
s	sensible
sf	soufflage
sup.	supérieur
t	total
vap.	vapeur



# CHAPITRE 1

## PRINCIPES GENERAUX

### 1. GENERALITES

#### 1.1. Objet du document

Le présent Document Technique Réglementaire (DTR) a pour objet de fixer :

- les méthodes de détermination des apports calorifiques des bâtiments,
- la méthode de vérification de la conformité à la réglementation thermique d'été des bâtiments.

#### 1.2. Domaine d'application

**1.2.1.** Les méthodes de détermination des apports calorifiques du présent DTR s'appliquent aux locaux :

- à usage d'habitation,
- d'hébergement (chambres collectives, dortoirs, salles de repos, ...),
- à usage de bureaux,
- d'enseignement (classes, salles d'études, ...),
- d'accueil (bibliothèques, bureaux de poste, banques, ...),
- de réunion (salles de spectacle, lieux de culte, ...),
- de vente (boutiques, supermarché, ...),
- de restauration (café, restaurant, cantine, ...),
- à usage artisanal (salon de coiffure, laboratoire de boulangerie, petit atelier, etc.).

**1.2.2.** Pour les autres types de locaux, les pièces du marché doivent préciser les conditions d'utilisation du DTR.

**1.2.3.** La vérification réglementaire ne concerne que les locaux à usage d'habitation, de bureaux et d'hébergement.

#### 1.3. Référence

Le présent DTR fait référence au document technique réglementaire C 3-2 «Réglementation thermique des bâtiments d'habitation - Règles de calcul des déperditions» (principalement pour la détermination des résistances thermiques, et pour la détermination du débit d'air neuf des logements).

#### 1.4. Définitions

**1.4.1.** Les apports calorifiques (appelés aussi gains) d'un local sont égaux à la somme des apports de chaleur sensible et latente, provenant d'une source intérieure ou extérieure du local, pour des conditions extérieures et intérieures déterminées, en ne tenant pas compte des apports dus à l'installation.

**1.4.2.** Les apports calorifiques effectifs sont égaux aux gains du local augmentés, d'une part, des quantités de chaleur correspondant au débit d'air qui passe à travers l'installation sans être affecté, et augmentés, d'autre part, des quantités de chaleur provenant de l'installation elle-même (gains dits supplémentaires : échauffement dans les conduits d'air, fuites d'air éventuelles, etc.).

**1.4.3.** Les apports calorifiques totaux (ou puissance frigorifique) sont égaux aux gains du local augmentés, d'une part des quantités de chaleur correspondant au débit d'air total qui passe à travers l'installation, et augmentés, d'autre part, des quantités de chaleur provenant de l'installation elle-même.

*Les apports calorifiques au sens de l'article 1.4.1 constituent une donnée se rapportant au local, les apports calorifiques totaux au sens de l'article 1.4.3 constituent une donnée se rapportant à l'installation.*

**1.4.4.** Les apports calorifiques sensibles, ou gains sensibles, sont les apports de chaleur qui affectent directement la température sèche de l'air du local considéré.

**1.4.5.** Les apports calorifiques latents, ou gains latents, sont les apports d'humidité sous forme de vapeur d'eau qui affectent le local considéré.

## **2. METHODOLOGIE**

### **2.1. Principes généraux**

**2.1.1.** Le calcul réglementaire est mené en faisant l'hypothèse que les locaux concernés (cf. § 1.2.3) sont conditionnés (même si ces locaux n'ont pas été prévus pour l'être). Cette hypothèse est adoptée aussi pour le calcul des apports calorifiques d'un local, pour le calcul des apports calorifiques effectifs et pour la détermination de la puissance frigorifique.

*Il est possible qu'un local non prévu au départ pour être conditionné le devienne au cours de son utilisation. C'est pourquoi, le calcul réglementaire vise à prendre en compte la climatisation en amont du projet (pour éviter une consommation éventuelle d'énergie excessive si un équipement est installé).*

*Pour aboutir à des puissances d'installations raisonnables, le concepteur aura intérêt à associer à la climatisation les recommandations architecturales d'usage (conception bioclimatique).*

**2.1.2.** Les conditions intérieures du local conditionné sont considérées constantes.

**2.1.3.** Les apports de chaleur par les parois opaques extérieures tiennent compte de la différence de température entre les faces des parois, de l'ensoleillement, de l'amortissement et du déphasage dans la paroi du flux de chaleur induit.

**2.1.4.** Les apports de chaleur par ensoleillement dus aux parois vitrées, ainsi que les gains internes, sont calculés en considérant qu'une partie de ces gains est amortie par les parois opaques internes et externes.

**2.1.5.** On considère le régime permanent pour déterminer les apports calorifiques à travers les parois intérieures.

**2.1.6.** On admet que le régime des conditions extérieures est cyclique.

## **2.2. Calcul des apports calorifiques**

**2.2.1.** Les apports calorifiques doivent être déterminés selon les étapes suivantes :

- définition des zones (ou volumes) thermiques ; une zone thermique est un volume d'air dont les conditions intérieures sont supposées être homogènes ;
- détermination de l'intervalle de temps critique ; pour ce faire, pour chaque façade, on détermine l'heure qui correspond aux gains maxima par transmission à travers les parois opaques et vitrées ; l'intervalle de temps critique est délimité par la plus petite heure et par la plus grande heure choisie parmi les heures déterminées (les heures de la journée sont données en Temps Solaire Vrai, cf. annexe 1) ;
- calcul des apports calorifiques pour chaque volume thermique et pour toutes les heures situées dans l'intervalle de temps critique (cf. § 3.1.1) ;
- calcul des apports calorifiques effectifs (cf. § 3.1.2) ;
- calcul de la puissance frigorifique (cf. § 3.1.3) ;
- adoption d'un système de conditionnement d'air (aspect non traité par ce DTR).

**2.2.2.** Les calculs doivent être menés pour le mois de Juillet.

*Il est fortement recommandé d'opérer le calcul pour les trois mois de l'été : Juillet (calcul obligatoire), Août et Septembre.*

## **2.3. Vérification réglementaire**

La vérification réglementaire des locaux à usage d'habitation, de bureaux et d'hébergement, doit s'effectuer selon les étapes suivantes :

- calcul pour l'ensemble du local (supposé conditionné) à 15 h TSV, pour le mois de Juillet :
  - des apports par les parois opaques aériennes (cf. chapitre 3),
  - des apports par les parois vitrées (cf. chapitre 4),
- calcul des apports calorifiques de référence (cf. § 3.3, § 3.4 et § 3.5),
- vérification de la conformité à la réglementation thermique d'été des locaux (cf. § 3.2).

*Une double vérification réglementaire est à effectuer pour les logements : vérification de leur conformité à la réglementation thermique d'hiver (DTR C 3-2) et d'été (présent DTR).*

### 3. FORMULES GENERALES

#### 3.1. Calcul des apports

3.1.1. Les apports calorifiques sensibles  $A_s$  et latents  $A_l$  sont donnés par :

$$A_s = APO + AV + AI_s + AINF_s \quad [W] \quad (1.1)$$

$$A_l = AI_l + AINF_l \quad [W] \quad (1.2)$$

où :

- APO (en W) représente les apports par les parois opaques (cf. chapitre 3),
- AV (en W) représente les apports à travers les parois vitrées (cf. chapitre 4),
- $AI_s$  et  $AI_l$  (en W) représentent les parties sensibles et latentes des apports internes (cf. chapitre 5),
- $AINF_s$  et  $AINF_l$  (en W) représentent les parties sensibles et latentes des apports dus aux infiltrations d'air (cf. chapitre 6).

*Dans le cas où de l'air neuf s'introduit directement dans le local (sans passer par l'installation de climatisation, par le biais d'un dispositif de ventilation par exemple), il y a lieu d'en tenir compte dans le calcul des apports calorifiques.*

3.1.2. Les apports calorifiques effectifs sensibles  $AE_s$  et latents  $AE_l$  sont donnés par :

$$AE_s = (C_{\Delta as} \times A_s) + (BF \times AREN_s) \quad [W] \quad (1.3)$$

$$AE_l = (C_{\Delta al} \times A_l) + (BF \times AREN_l) \quad [W] \quad (1.4)$$

où :

- $A_s$  (en W) représente les gains sensibles (cf. § 3.1.1),
- $A_l$  (en W) représente les gains latents (cf. § 3.1.1),
- $AREN_s$  et  $AREN_l$  (en W) représentent les parties sensibles et latentes des apports dus à la ventilation des locaux (cf. chapitre 6),
- BF ou facteur de by-pass exprime la partie de l'air extérieur (air neuf) non traité par l'installation de climatisation (imperfection de l'appareil de traitement), et qui parvient au local sans modifications. La valeur de BF représente une caractéristique de l'équipement donnée dans les catalogues des constructeurs. En l'absence d'informations, on adoptera les valeurs du tableau 1.1 ;

Types de locaux	Facteur BF
Habitations, locaux à usage d'hébergement	0,30 à 0,50
Locaux à usage d'enseignement, de bureaux, de réunion, petits magasins	0,20 à 0,30
Banques, ateliers,	0,10 à 0,20
Lieux de restaurations, grands magasins	0,05 à 0,10
Hôpitaux, salle d'opérations, lieux de stockage, locaux abritant des équipements sensibles	< 0,10

Tableau 1.1 : Facteurs BF en fonction du type de local

-  $C_{\Delta as}$  est un coefficient majorateur des gains sensibles qui prend en compte les gains supplémentaires (échauffement du ventilateur, réseau de conduits d'air traversant des locaux non conditionnés) ; à défaut d'un calcul précis, on prendra les valeurs du tableau 1.2 ;

-  $C_{\Delta al}$  est un coefficient majorateur des gains latents qui prend en compte les gains supplémentaires (tels que ceux dus aux fuites d'air éventuelles dans les réseaux de conduits d'air) ; à défaut d'un calcul précis, on prendra les valeurs du tableau 1.2.

Disposition des conduits d'air	$C_{\Delta as}$	$C_{\Delta al}$
Installation sans réseau de conduits d'air (climatiseurs individuels), installation dont les conduits d'air sont à l'intérieur de locaux climatisés	1,05	1,00
Installation dont les conduits d'air sont à l'extérieur des locaux climatisés, ou traversant des locaux non climatisés	1,15	1,10

Tableau 1.2 : Valeur des coefficients majorateurs des gains sensibles et latents

**3.1.3.** Les apports calorifiques totaux sensibles  $AT_s$  et latents  $AT_l$  sont donnés par :

$$AT_s = (C_{\Delta as} \times A_s) + AREN_s \quad [W] \quad (1.5)$$

$$AT_l = (C_{\Delta al} \times A_l) + AREN_l \quad [W] \quad (1.6)$$

où :

- $A_s$  (en W) représente les gains sensibles (cf. § 3.1.1),
- $A_l$  (en W) représente les gains latents (cf. § 3.1.1),
- $C_{\Delta as}$  et  $C_{\Delta al}$  sont des coefficients majorateurs des gains sensibles et latents (cf. § 3.1.2),
- $AREN_s$  et  $AREN_l$  (en W) représentent les apports sensibles et latents dus à la ventilation des locaux (voir chapitre 6).

*Les apports calorifiques (cf. § 3.1.1) sont utilisés pour déterminer le débit d'air soufflé dans les locaux climatisés (cf. annexe 2). Les apports calorifiques effectifs (cf. § 3.1.2) sont utilisés pour déterminer le débit d'air nécessaire (c'est à dire le débit d'air traité par la batterie). La détermination des apports calorifiques effectifs permet de dresser un bilan comparatif du prix de revient et du coût d'exploitation lorsqu'une option devra être prise pour le choix d'un facteur de by-pass pour une installation déterminée. Cet aspect n'est pas traité par le présent DTR. La détermination des apports totaux (cf. § 3.1.3) permet d'opter pour l'équipement adéquat.*

*L'annexe 3 illustre les différents airs dans un ensemble de climatisation.*

## 3.2. Vérification réglementaire

**3.2.1.** La somme des apports calorifiques par les parois vitrées et les parois opaques aériennes doit vérifier au mois de Juillet à 15 h TSV, pour une température sèche intérieure de 27°C, la relation ci-après :

$$APO (15 \text{ h}) + AV (15 \text{ h}) \leq 1,05 \times A_{\text{réf}} (15 \text{ h}) \quad [W] \quad (1.7)$$

où :

- APO (en W) désigne les apports calorifiques à travers les parois opaques aériennes (cf. chapitre 3) ;
- AV (en W) désigne les apports calorifiques à travers les parois vitrées (cf. § 4) ;
- A<sub>réf</sub> (en W) désigne les apports calorifiques de référence (cf. § 3.2.2).

*Les termes de la formule 1.7 ne tiennent pas compte des parois en contact avec le sol, et des parois séparant deux locaux conditionnés.*

**3.2.2.** Les apports calorifiques de référence A<sub>réf</sub> sont donnés par :

$$A_{\text{réf}} = A_{\text{réf,PH}} + A_{\text{réf,PV}} + A_{\text{réf,PVI}} \quad [\text{W}] \quad (1.8)$$

où :

- A<sub>réf,PH</sub> (en W) désigne les apports calorifiques de référence à travers les parois opaques horizontales (cf. § 3.3),
- A<sub>réf,PV</sub> (en W) désigne les apports calorifiques de référence à travers les parois opaques verticales (cf. § 3.4),
- A<sub>réf,PVI</sub> (en W) désigne les apports calorifiques de référence à travers les parois vitrées (cf. § 3.5).

### 3.3. Apports de référence des parois opaques horizontales

**3.3.1.** Les apports calorifiques de référence des parois opaques horizontales A<sub>réf,PH</sub> sont calculés par la formule suivante :

$$A_{\text{réf,PH}} = \sum (a \times S_{\text{int}} \times \Delta T_{\text{S}_{\text{réf,PH}}}) \quad [\text{W}] \quad (1.9)$$

où :

- a (en W/m<sup>2</sup>.°C) est un coefficient lié à la nature de la construction et fonction de la zone climatique ; la valeur de a est donnée au paragraphe 3.3.2,
- S<sub>int</sub> (en m<sup>2</sup>) désigne la surface de la paroi horizontale comptée de l'intérieur ;
- ΔT<sub>S<sub>réf,PH</sub></sub> (en °C) est la différence de température de référence pour les parois horizontales (voir tableau 1.4).

**3.3.2.** La valeur du coefficient a est :

- égale à 1,90 W/m<sup>2</sup>.°C pour les planchers hauts (plafonds) en contact avec un local non conditionné (quelle que soit la zone climatique) ;
- égale à 2,70 W/m<sup>2</sup>.°C pour les planchers bas en contact avec un local non conditionné (quelle que soit la zone climatique) ;
- donnée dans le tableau 1.3 pour les planchers hauts en contact avec l'extérieur (toiture).

Valeurs de a (en W/m <sup>2</sup> .°C)		
Zone climatique	Logement Individuel	Logement en immeuble collectif, bureaux, locaux à usage d'hébergement
<b>A</b>	1,10	1,10
<b>B</b>	1,10	0,90
<b>B'</b>	1,10	0,90
<b>C</b>	1,10	0,85
<b>D1, D2 et D3</b>	2,40	2,40

Tableau 1.3 : Valeurs de a

**3.3.3.** La valeur du coefficient  $\Delta TS_{\text{réf, PH}}$  est donnée dans le tableau ci-après.

Valeurs de $\Delta TS_{\text{réf, PH}}$ (en °C)		
(alt = altitude) Zone climatique	Paroi en contact avec l'extérieur	Paroi en contact avec un local non conditionné
<b>A</b>	alt < 500 m	13,39
	500 ≤ alt < 1000 m	12,49
	alt ≥ 1000 m	9,99
<b>B</b>	alt < 500 m	14,54
	500 ≤ alt < 1000 m	13,59
	alt ≥ 1000 m	12,09
<b>B'</b>	alt < 500 m	16,09
	alt ≥ 500 m	voir zone B (en fonction de l'altitude)
<b>C</b>	alt < 1000 m	13,49
	alt ≥ 1000 m	11,24
<b>D1</b>		13,09
<b>D2</b>		12,09
<b>D3</b>		12,09

Tableau 1.4 : Valeurs de  $\Delta TS_{\text{réf}}$  pour les parois horizontales

### 3.4. Apports de référence des parois opaques verticales

Les apports calorifiques de référence des parois opaques verticales  $A_{\text{réf, PV}}$  sont calculés par la formule suivante :

$$A_{\text{réf, PV}} = \Sigma (c \times S_{\text{int}} \times \Delta TS_{\text{réf, PV}}) \quad [\text{W}] \quad (1.10)$$

où :

- $c$  (en  $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ) est un coefficient lié à la nature de la construction et fonction de la zone climatique (voir tableau 1.5) ;
- $S_{\text{int}}$  (en  $\text{m}^2$ ) désigne la surface de la paroi verticale comptée de l'intérieur ;
- $\Delta TS_{\text{réf, PV}}$  (en  $^\circ\text{C}$ ) est la différence de température de référence pour la paroi opaque verticale ; les valeurs de  $\Delta TS_{\text{réf, PV}}$  sont données dans le tableau 1.6 en fonction de la latitude et de l'orientation de la paroi.

Valeurs de $c$ (en $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ )		
Zone climatique	Logement Individuel	Logement en immeuble collectif, bureaux, locaux à usage d'hébergement
<b>A</b>	1,4	1,2
<b>B</b>	1,2	1,2
<b>B'</b>	1,2	1,2
<b>C</b>	1,2	1,2
<b>D</b>	1,4	1,4
<b>D1, D2 et D3</b>	1,4	1,4

Tableau 1.5 : Valeurs de  $c$

Valeurs de $\Delta T_{S_{ref},PV}$ (en °C) - Latitude 20°N										
Zone climatique		Paroi en contact avec l'extérieur								Paroi en contact avec un l.n.c.
		Orientation								
(alt en m)		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	
<b>B</b>	alt < 500	5,81	6,65	7,03	8,23	6,84	9,45	9,86	6,89	5
	500 ≤ alt < 1000	4,86	5,7	6,08	7,28	5,89	8,5	8,91	5,94	4
	alt ≥ 1000	3,36	4,2	4,58	5,78	4,39	7	7,41	4,44	5
<b>B'</b>	alt < 500	7,36	8,2	8,58	9,78	8,39	11	11,41	8,44	6
	alt ≥ 500	voir zone B (en fonction de l'altitude)								
<b>C</b>	alt < 1000	4,76	5,6	5,98	7,18	5,79	8,4	8,81	5,84	6,5
	alt ≥ 1000	2,51	3,35	3,73	4,93	3,54	6,15	6,56	3,59	3
<b>D1</b>		9,26	10,1	10,48	11,68	10,29	12,9	13,31	10,34	9
<b>D2</b>		8,26	9,1	9,48	10,68	9,29	11,9	12,31	9,34	13
<b>D3</b>		8,26	9,1	9,48	10,68	9,29	11,9	12,31	9,34	6
Valeurs de $\Delta T_{S_{ref},PV}$ (en °C) - Latitude 30° N										
Zone climatique		Paroi en contact avec l'extérieur								Paroi en contact avec un l.n.c.
		Orientation								
(alt en m)		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	
<b>A</b>	alt < 500	4,66	5,46	5,89	7,51	6,88	8,95	8,75	5,69	4
	500 ≤ alt < 1000	3,76	4,56	4,99	6,61	5,98	8,05	7,85	4,79	3,5
	alt ≥ 1000	1,26	2,06	2,49	4,11	3,48	5,55	5,35	2,29	0,5
<b>B</b>	alt < 500	5,81	6,61	7,04	8,66	8,03	10,1	9,9	6,84	5
	500 ≤ alt < 1000	4,86	5,66	6,09	7,71	7,08	9,15	8,95	5,89	4
	alt ≥ 1000	3,36	4,16	4,59	6,21	5,58	7,65	7,45	4,39	5
<b>B'</b>	alt < 500	7,36	8,16	8,59	10,21	9,58	11,65	11,45	8,39	6
	alt ≥ 500	voir zone B (en fonction de l'altitude)								
<b>C</b>	alt < 1000	4,76	5,56	5,99	7,61	6,98	9,05	8,85	5,79	6,5
	alt > 1000	2,51	3,31	3,74	5,36	4,73	6,8	6,6	3,54	3
<b>D1</b>		9,26	10,06	10,49	12,11	11,48	13,55	13,35	10,29	9
<b>D2</b>		8,26	9,06	9,49	11,11	10,48	12,55	12,35	9,29	13
<b>D3</b>		8,26	9,06	9,49	11,11	10,48	12,55	12,35	9,29	6
Valeurs de $\Delta T_{S_{ref},PV}$ (en °C) - Latitude 40°N										
Zone climatique		Paroi en contact avec l'extérieur								Paroi en contact avec un l.n.c.
		Orientation								
(alt en m)		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	
<b>A</b>	alt < 500	4,66	5,44	5,89	8,22	9,81	10,02	8,75	5,66	4
	500 ≤ alt < 1000	3,76	4,54	4,99	7,32	8,91	9,12	7,85	4,76	3,5
	alt ≥ 1000	1,26	2,04	2,49	4,82	6,41	6,62	5,35	2,26	0,5
<b>B</b>	alt < 500	5,81	6,59	7,04	9,37	10,96	11,17	9,9	6,81	5
	500 ≤ alt < 1000	4,86	5,64	6,09	8,42	10,01	10,22	8,95	5,86	4
	alt ≥ 1000	3,36	4,14	4,59	6,92	8,51	8,72	7,45	4,36	5
<b>B'</b>	alt < 500	7,36	8,14	8,59	10,92	12,51	12,72	11,45	8,36	6
	alt ≥ 500	voir zone B (en fonction de l'altitude)								
<b>C</b>	alt < 1000	4,76	5,54	5,99	8,32	9,91	10,12	8,85	5,76	6,5
	alt ≥ 1000	2,51	3,29	3,74	6,07	7,66	7,87	6,6	3,51	3

Tableau 1.6 : Valeurs de  $\Delta T_{S_{ref}}$  pour les parois verticales

Notes pour le tableau 1.6 : On interpolera linéairement pour les orientations et les latitudes intermédiaires. On se référera aux indications données en annexe 1, paragraphe 2, pour déterminer l'orientation d'une paroi. «l.n.c» signifie local non conditionné.



### 3.5. Apports de référence des parois vitrées

3.5.1. Les apports de référence pour les parois vitrées sont donnés par la somme des apports de référence de chaque paroi vitrée.

3.5.2. Les apports de référence  $A_{\text{réf, PVI}}$  pour une paroi vitrée en contact avec l'extérieur sont donnés par :

$$A_{\text{réf, PVI}} = AVE_{\text{réf}} + AVT_{\text{réf}} \quad [\text{W}] \quad (1.11)$$

où :

- $AVE_{\text{réf}}$  (en W) désigne les apports de référence dus à l'ensoleillement,
- $AVT_{\text{réf}}$  (en W) désigne les apports de référence dus au gradient de température.

3.5.2.1. Les apports de référence dus à l'ensoleillement à travers une paroi vitrée  $AVE_{\text{réf}}$  sont donnés par :

$$AVE_{\text{réf}} = [SV_{\text{ens}} \times I_t + (SV - SV_{\text{ens}}) \times I_d] FS_{\text{réf}} \times N_{\text{PVI, réf}} \quad [\text{W}] \quad (1.12)$$

où :

- $SV$  (en m<sup>2</sup>) est la surface totale vitrée,
- $SV_{\text{ens}}$  (en m<sup>2</sup>) est la surface vitrée ensoleillée à 15 h TSV (cf. annexe 4 pour la détermination des parties ensoleillées),
- $I_t$  (en W/m<sup>2</sup>) est le rayonnement total maximal réel pour l'orientation et la latitude considérées (cf. chapitre 2, § 1.2.3),
- $I_d$  (en W/m<sup>2</sup>) est le rayonnement diffus maximal réel (cf. chapitre 2, § 1.2.3),
- $FS_{\text{réf}}$  est le facteur solaire de référence ;  $FS_{\text{réf}}$  est égal à :
  - 0,15 pour les locaux à usage d'habitation et d'hébergement,
  - 0,38 pour les locaux à usage de bureaux.
- $N_{\text{PVI, réf}}$  est le coefficient d'amortissement relatif aux gains de référence des parois vitrées pour l'orientation considérée ; les valeurs de  $N_{\text{PVI, réf}}$  sont données par le tableau 1.7.

Valeurs de $N_{\text{PVI, réf}}$								
Types de locaux	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
logement, locaux à usage d'hébergement	0,95	0,26	0,31	0,44	0,68	0,62	0,43	0,30
Bureaux	0,98	0,19	0,21	0,28	0,65	0,77	0,61	0,40

Tableau 1.7 : valeurs de  $N_{\text{PVI, réf}}$

3.5.2.2. Les apports de référence dus au gradient de température à travers une paroi vitrée  $AVT_{\text{réf}}$  sont donnés par :

$$AVT_{\text{réf}} = e' \times S_{\text{ouv}} \times \Delta TS_{\text{réf, PVI}} \quad [\text{W}] \quad (1.13)$$

où :

- $e'$  (en  $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ) est un coefficient relatif à la nature des locaux ; la valeur de  $e'$  (en  $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ) est prise égale à :
  - 4,2 pour les locaux à usage d'habitation et d'hébergement,
  - 5,4 pour les locaux à usage de bureaux ;
- $S_{ouv}$  (en  $m^2$ ) est la surface d'ouverture dans le mur ;
- $\Delta TS_{réf,PVI}$  (en  $^\circ C$ ) est la différence de température de référence des parois vitrées (voir tableau 1.8).

Valeurs de $\Delta TS_{réf,PVI}$ (en $^\circ C$ )		
Zone climatique	Paroi en contact avec l'extérieur	Paroi en contact avec un local non conditionné
<b>A</b>	alt < 500 m	4
	$500 \leq$ alt < 1000 m	3,5
	alt $\geq$ 1000 m	0,5
<b>B</b>	alt < 500 m	5
	$500 \leq$ alt < 1000 m	4
	alt $\geq$ 1000 m	5
<b>B'</b>	alt < 500 m	6
	alt $\geq$ 500 m	voir zone B
<b>C</b>	alt < 1000 m	6,5
	alt $\geq$ 1000 m	3
<b>D1</b>		9
<b>D2</b>		13
<b>D3</b>		6

Tableau 1.8 : Valeurs de  $\Delta TS_{réf}$  pour les parois vitrées

**3.5.3.** Les apports de référence  $A_{réf, PVI}$  pour une paroi vitrée en contact avec un local non conditionné sont donnés par :

$$A_{réf, PVI} = 4,5 \times S_{ouv} \times \Delta TS_{réf, PVI} \quad [W] \quad (1.14)$$

où :

- $S_{ouv}$  (en  $m^2$ ) est la surface d'ouverture dans le mur ;
- $\Delta TS_{réf, PVI}$  (en  $^\circ C$ ) est la différence de température de référence des parois vitrées (voir tableau 1.8).

## CHAPITRE 2

### CONDITIONS DE BASE

#### 1. CONDITIONS EXTERIEURES DE BASE

##### 1.1. Caractéristiques de l'air extérieur

1.1.1. L'air extérieur est défini par :

- la température sèche de base  $TS_{b,e}$  (en °C),
- l'humidité spécifique de base  $HS_{b,e}$  (ou teneur en vapeur d'eau) exprimée en grammes de vapeur par kg d'air sec,
- l'écart diurne de base  $E_b$  (en °C),
- la température moyenne  $TS_m$  (en °C).

1.1.1.1. La température sèche de base de l'air extérieur est une température qui n'est dépassée que pendant 2,5 % des heures de Juin, de Juillet, d'Août et de Septembre.

*Pour déterminer la température sèche de base avec une approximation suffisante, on multiplie la moyenne mensuelle des maxima  $TS_{m, max}$  par un coefficient. Ce coefficient est pris égal à :*

- 1,3 pour  $TS_{m, max} < 24^\circ$  ;
- 1,25 pour  $24^\circ C \leq TS_{m, max} < 26^\circ C$  ;
- 1,22 pour  $26^\circ C \leq TS_{m, max} < 30^\circ C$  ;
- 1,15 pour  $30^\circ C \leq TS_{m, max} < 34^\circ C$  ;
- 1,10 pour  $TS_{m, max} \geq 34^\circ C$ .

1.1.1.2. L'humidité spécifique de base de l'air extérieur est la moyenne mensuelle durant le mois le plus chaud de l'humidité spécifique à 15 heures.

1.1.1.3. L'écart diurne de base est la moyenne mensuelle durant les mois de Juillet et d'Août de la différence entre les températures sèches maxima et minima de l'air extérieur durant une journée.

1.1.1.4. La température moyenne est la moyenne mensuelle durant les mois de Juillet et d'Août de la température moyenne quotidienne.

1.1.2. Les caractéristiques climatiques de base de l'air extérieur sont fonction de la zone climatique où est implanté le projet et de l'altitude.

1.1.2.1. La détermination de la zone climatique à considérer pour le projet doit être effectuée conformément à la classification thermique donnée dans l'annexe 5 du présent DTR.

1.1.2.2. Le tableau 2.1 fixe les valeurs des caractéristiques climatiques de base de l'air extérieur.

Zone climatique	Température sèche $TS_{b,e}$ (°C)	Humidité spécifique $HS_{b,e}$ ( $g_{vap}/kg_{as}$ )	Ecart diurne $E_b$ (°C)	Température moyenne $TS_m$ (°C)	Ecart annuel de température EAT (°C)
<b>A</b>					
alt < 500 m	34	14,5	9	25,5	31
500 ≤ alt < 1000 m	33,5	13	10	25	32,5
alt ≥ 1000 m	30,5	13	9	22,5	31,5
<b>B</b>					
alt < 500 m	38	12,5	15	26,5	36
500 ≥ alt < 1000 m	37	11	15	26,5	36
alt ≥ 1000 m	35	10	14	25	36
<b>B'</b>					
alt < 500 m	41	11	18	29	41
alt ≥ 500 m	voir zone B	voir zone B	voir zone B	29	
<b>C</b>					
alt < 1000 m	39,5	8,5	20	27	41,5
alt ≥ 1000 m	36	8,5	18	25	40
<b>D1</b>	44	6,5	15,5	33	38
<b>D2</b>	48	5,5	16,5	36,5	43
<b>D3</b>	39	5,0	12,0	29,6	35

Tableau 2.1 : Conditions extérieures de base

**Note pour le tableau 2.1 :** EAT est la différence de température entre la température de base «été» et la température de base «hiver».

*Il est possible d'utiliser d'autres valeurs de base de l'air extérieur à condition que ces valeurs soient spécifiées dans les pièces du marché et qu'elles soient fondées sur des études effectuées par un organisme spécialisé tel que l'Office National de la Météorologie.*

**1.1.3.** La construction de la courbe type, courbe donnant les valeurs des températures pour toutes les heures de la journée, est fondée sur les hypothèses suivantes :

- l'allure de la courbe est sinusoïdale,
- le maximum se produit à 15 heures (TSV) ; la valeur de la température maximale est égale à la valeur de la température de base,
- le minimum se produit à 5 heures (TSV) ; la valeur de la température minimale est égale à la valeur de la température de base diminuée de l'écart diurne de base.

**1.1.3.1.** La courbe type des variations de la température sèche de l'air extérieur, pour les mois de Juillet et d'Août, est obtenue à l'aide de la formule suivante :

$$TS_e(t) = TS_{b,e} - [C_{TS}(t) \times E_b] \quad [^\circ C] \quad (2.1)$$

où :

- $TS_e(t)$  (en °C) représente la température sèche de l'air extérieur à l'heure t,
- $TS_{b,e}$  (en °C) représente la température sèche de base de l'air extérieur ; les valeurs de  $TS_{b,e}$  sont données dans le tableau 2.1,
- $C_{TS}(t)$  représente un coefficient correcteur ; les valeurs de  $C_{TS}(t)$  sont données dans le tableau 2.2 en fonction de l'heure t ,

- $E_b$  (en °C) représente l'écart diurne de base ; les valeurs de  $E_b$  sont données dans le tableau 2.1.

Heure	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$C_{TS}$ (%)	67	80	87	94	100	100	93	85	77	63	48	35
Heure	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
$C_{TS}$ (%)	21	6,7	0	0	0	4,7	12	20	28,5	32	43	53

Tableau 2.2. : Valeurs de  $C_{TS}$

**1.1.3.2.** Pour construire la courbe type de la température humide de l'air extérieur (outre les hypothèses énoncées au paragraphe 1.1.3), on admet qu'aux différentes heures de la journée l'humidité spécifique extérieure est constante et correspond à celle des conditions de base. Les valeurs des températures humides sont alors obtenues à l'aide du diagramme psychrométrique (donné en annexe 6) en utilisant les températures sèches déterminées conformément au paragraphe précédent.

**1.1.3.3.** La détermination des variations horaires de la température sèche et de la température humide de l'air extérieur pour le mois de Septembre s'effectue de la façon suivante :

- on détermine tout d'abord les courbes types (températures sèche et humide) pour le mois de Juillet,
- on applique ensuite à ces courbes des corrections (voir tableau 2.3) données en fonction de l'écart annuel de température EAT (tableau 2.1).

EAT (°C)		30	35	40	45
Corrections pour le mois de Septembre	Sèche (°C)	-1,1	-1,1	-2,5	-3,6
	Humide (°C)	-0,5	-0,5	-0,5	-1,1

Tableau 2.3 : Corrections pour le mois de Septembre

## 1.2. Rayonnement solaire de base

### 1.2.1. Définitions

**1.2.1.1.** Le rayonnement solaire se divise en deux composantes ; on distingue :

- le rayonnement direct qui est constitué par la proportion de rayonnement initial et qui parvient jusqu'à la surface de la terre,
- le rayonnement diffus qui est dû à la réflexion par les particules de vapeur d'eau, d'ozone, ou de poussière, et qui est réparti de façon uniforme à la surface de la terre.

*Le rayonnement total est la somme du rayonnement direct et du rayonnement diffus.*

**1.2.1.2.** Les valeurs des rayonnements direct et diffus réels affectant les parois d'une construction dépendent de la limpidité de l'atmosphère, de l'altitude, de l'humidité de l'air, de l'orientation, de la latitude et du mois considérés.

**1.2.1.3.** Le rayonnement de base est défini par rapport aux conditions de référence suivantes :

- atmosphère limpide,
- altitude égale à 0,
- point de rosée de 19,5 °C.

**1.2.1.4.** On appelle vitrage de référence un vitrage ordinaire en simple épaisseur non équipé d'occultation et dont l'encadrement est en bois.

## 1.2.2. Valeurs du rayonnement de base

**1.2.2.1.** Le rayonnement total de base,  $I_{t,b}$  (en  $W/m^2$ ), correspond aux apports de chaleur maxima, non amortis, dus au rayonnement solaire à travers un vitrage de référence (cf. § 1.2.1.4) dans les conditions de référence (cf. § 1.2.1.3). Les valeurs du rayonnement total de base sont données dans le tableau 2.4.

**1.2.2.2.** Le rayonnement diffus de base,  $I_{d,b}$  (en  $W/m^2$ ), correspond aux apports de chaleur non amortis dus au rayonnement solaire à travers un vitrage de référence (cf. § 1.2.1.4) à l'ombre (c'est à dire pour la direction Nord) dans les conditions de référence (cf. § 1.2.1.3). Les valeurs du rayonnement diffus de base sont données dans le tableau 2.4.

Rayonnement total de base $I_{t,b}$ et diffus de base $I_{d,b}$ (en $W/m^2$ )										
Latitude	Mois	ORIENTATION								
		Nord	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
20°	Juillet	59	435	514	267	44	267	514	435	791
	Août	34	372	520	356	81	356	520	372	788
	Septembre	31	273	514	441	205	441	514	273	733
30°	Juillet	50	413	516	315	94	315	516	413	776
	Août	34	340	520	406	198	406	520	340	741
	Septembre	28	284	498	479	330	479	498	284	668
40°	Juillet	47	400	516	394	217	394	516	400	734
	Août	34	321	511	459	321	459	511	321	675
	Septembre	28	183	470	511	441	511	470	183	577

Tableau 2.4 : Rayonnement de base

### Notes pour le tableau 2.4

- Il y a lieu d'interpoler pour les valeurs intermédiaires.
- Les valeurs pour l'orientation Nord correspondent au rayonnement diffus de base.

*Les valeurs données dans le tableau 2.4 correspondent aux apports calorifiques dans le local. L'intensité du flux solaire est bien entendu supérieure à ces valeurs. Pour déterminer l'intensité du flux solaire frappant la paroi vitrée, on divisera par 0,88 les valeurs du tableau 2.4.*

### 1.2.3. Détermination du rayonnement réel

1.2.3.1. Le rayonnement total maximal réel  $I_t$  et le rayonnement diffus maximal réel  $I_d$  sont donnés par :

$$I_t = [C_{cadre} \times C_{limp} \times C_{alt} \times C_{ros}] \times I_{t,b} \quad [W/m^2] \quad (2.2)$$

$$I_d = [C_{cadre} \times C_{limp} \times C_{alt} \times C_{ros}] \times I_{d,b} \quad [W/m^2] \quad (2.3)$$

où :

- $C_{cadre}$  est un coefficient tenant compte de la nature du cadre (cf. § 1.2.3.2) ;
- $C_{limp}$  est un coefficient tenant compte de la limpidité de l'atmosphère (cf. § 1.2.3.3) ;
- $C_{alt}$  est un coefficient tenant compte de l'altitude (cf. § 1.2.3.4) ;
- $C_{ros}$  est un coefficient tenant compte de la valeur du point de rosée (cf. § 1.2.3.5),
- $I_{t,b}$  et  $I_{d,b}$  (en  $W/m^2$ ) sont les rayonnements total et diffus de base (cf. § 1.2.2).

1.2.3.2. Le coefficient de correction  $C_{cadre}$  est donné ci-après :

- $C_{cadre} = 1,17$  pour un cadre métallique,
- $C_{cadre} = 1$  pour un cadre en bois, ou en PVC.

1.2.3.3. Le coefficient de correction  $C_{limp}$  est donné ci-après :

- $C_{limp} = 1$  pour une atmosphère limpide ; on pourra adopter une atmosphère limpide en zone rurale, hors agglomération (oasis, hameaux, etc.) ;
- $C_{limp} = 0,92$  pour une atmosphère peu limpide ; on pourra adopter une atmosphère peu limpide pour les zones suburbaines, les zones résidentielles des villes ;
- $C_{limp} = 0,87$  pour une atmosphère obscure ; on pourra adopter une atmosphère obscure pour le centre des grandes villes, les zones industrielles, à proximité d'industries polluantes.

1.2.3.4. Le coefficient de correction  $C_{alt}$  est obtenu en augmentant sa valeur de 0,7 % par 300 m en prenant  $C_{alt} = 1$  pour l'altitude 0 (par exemple, si l'altitude est égale à 349 m,  $C_{alt} = 1,007$ ).

1.2.3.5. Le coefficient de correction  $C_{ros}$  est donné dans le tableau 2.5 en fonction de la zone climatique.

Zones		$C_{ros}$	Zones		$C_{ros}$
<b>A</b>	alt < 500 m	0,99	<b>B'</b>	alt < 500 m	1,05
	500 ≤ alt < 1000 m	1,02		alt ≥ 500 m	(zone B)
	alt ≥ 1000 m	1,02	<b>C</b>	alt < 1000 m	1,10
<b>B</b>	alt < 500 m	1,03		alt ≥ 1000 m	1,10
	500 ≤ alt < 1000 m	1,05	<b>D1</b>		1,15
	alt ≥ 1000 m	1,07	<b>D2</b>		1,19
			<b>D3</b>		1,20

Tableau 2.5 :  $C_{ros}$  en fonction de la zone climatique

Dans le cas où les données de base sont différentes de celles définies dans le tableau 2.1, on utilisera les formules 2.4 et 2.5 pour la détermination de  $C_{ros}$ .

$$C_{ros} = 1 - \frac{TR - 19,5}{10} \times 0,13 \quad \text{si le point de rosée } TR \text{ (en } ^\circ\text{C)} > \text{ à } 19,5^\circ \quad (2.4)$$

$$C_{ros} = 1 + \frac{19,5 - TR}{10} \times 0,13 \quad \text{si le point de rosée } TR \text{ (en } ^\circ\text{C)} \leq 19,5^\circ \quad (2.5)$$

où  $TR$ , point de rosée (en  $^\circ\text{C}$ ), est obtenu à partir du diagramme psychrométrique donné en annexe 6 en utilisant les valeurs de base nouvellement définies.

## 2. CONDITIONS INTERIEURES DE BASE

### 2.1. Généralités

2.1.1. Les conditions intérieures de base sont :

- soit définies dans les pièces du marché pour les constructions spécifiques ;
- soit fixées à partir des valeurs données dans le tableau 2.6 en fonction du niveau de confort voulu (cf. § 2.1.2).

2.1.2. Deux niveaux de confort sont prévus par le présent DTR :

- un niveau de confort dit «normal» qui concerne les applications courantes,
- un niveau de confort dit «amélioré» lorsque le confort est privilégié par rapport à l'aspect économique.

### 2.2. Principes

2.2.1. Les conditions intérieures de base sont définies par :

- la température sèche de base de l'air intérieur  $TS_{b,i}$  (en  $^\circ\text{C}$ ) et l'humidité relative de base de l'air intérieur  $HR_{b,i}$  (en %),
- l'accroissement (toléré) de la température sèche de base de l'air intérieur.

2.2.2. La température sèche et l'humidité relative de l'air intérieur correspondant aux conditions de base sont celles qui sont acceptées par la majorité des occupants (et par conséquent leur assurent une sensation thermique acceptable).

2.2.3. L'accroissement de la température intérieure sèche de base de l'air intérieur correspond à la tolérance acceptée à l'heure de pointe pour un niveau «normal» de confort (cf. § 2.1.2). L'heure de pointe se produit lorsqu'il y a simultanément des sollicitations (gains maxima par transmission à travers les parois, éclairage et occupation maxima, etc.).

*La simultanée des sollicitations se produit rarement en pratique.*

*Dans le cas d'un niveau de confort «amélioré», on n'accepte pas d'accroissement de la température intérieure sèche de base.*



### 2.3. Valeurs des conditions intérieures de base

Le tableau 2.6 fixe les valeurs des conditions intérieures de base.

APPLICATION	Niveau de confort amélioré		Niveau de confort normal		
	Température sèche (°C)	Humidité relative (%)	Température sèche (°C)	Humidité relative (%)	Accroissement toléré de la température (°C)
<b>Séjour de longue durée</b> Logement, hôtel, bureaux, hôpital, école, etc.	24	45	27	50	2
<b>Séjour de courte durée</b> Magasin, banque, bureaux de poste, salon de coiffure, etc.	24	45	27	50	2
<b>Séjour de durée limitée avec gains latents importants</b> Amphithéâtre, salle de spectacle, lieu de culte, salle de restauration, cuisine, etc.	24	50	27	60	1

Tableau 2.6 : Conditions intérieures de base

## CHAPITRE 3

### APPORTS A TRAVERS LES PAROIS OPAQUES

#### 1. PAROIS AERIENNES

##### 1.1. Principes

**1.1.1.** Les parois opaques aériennes sont celles qui sont en contact direct avec l'air extérieur (parois verticales ou horizontales).

**1.1.2.** Le calcul est mené en régime variable.

**1.1.3.** Pour estimer le flux à un instant donné pour une paroi en contact avec l'extérieur, on a recours à la notion de «différence de température équivalente » (en °C) notée  $\Delta te(t)$ . La différence de température équivalente à un instant donné est une différence de température fictive qui produirait au même instant, en régime permanent, le même apport de chaleur dans le local que celui produit par le régime variable.

*L'expérience montre que les conséquences du régime variable sont les suivantes :*

- *il existe un décalage horaire (déphasage) entre le moment où la température de surface extérieure de la paroi extérieure est maximale et le moment où le flux d'apport calorifique pénétrant dans le local est maximal ; ce décalage peut atteindre plusieurs heures avec des parois dont l'inertie thermique est importante ;*
- *les valeurs du flux d'apport calorifique pénétrant dans le local sont réduites (amorties) par rapport aux valeurs instantanées du régime permanent.*

*La différence de température équivalente tient compte de l'amortissement et du déphasage.*

##### 1.2. Expression générale

**1.2.1.** Les apports de chaleur à travers une paroi opaque à un instant  $t$ ,  $APO(t)$ , sont donnés par la formule suivante :

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times S_{int} \times \Delta te(t) \quad [W] \quad (3.1)$$

où :

- 1,2 (sans dimension) est un coefficient majorateur tenant compte des apports latéraux linéiques (à travers les ponts thermiques),
- $K_{été}$  (en  $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée pour l'été (cf. § 1.2.2),
- $S_{int}$  (en  $m^2$ ) est la surface intérieure totale de la paroi considérée ; pour les toitures en pente, on prendra la projection horizontale de la surface ;
- $\Delta te(t)$  (en °C) est la différence équivalente de température à l'heure  $t$  (cf. §1.3).

*En attendant de disposer de règles de calcul détaillées pour la détermination des apports à travers les ponts thermiques en période d'été, on se contentera de faire une estimation forfaitaire de 20% comme proposé dans le texte. En d'autres termes, les formules données pour le calcul des ponts thermiques en période d'hiver (DTR C 3-2) ne peuvent être utilisées ici.*

**1.2.2.** Le coefficient  $K_{\text{été}}$  des parois opaques est donné par la formule suivante :

$$\frac{1}{K_{\text{été}}} = \sum R + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{°C/W}] \quad (3.2)$$

où :

- $\sum R$  (en  $\text{m}^2 \cdot \text{°C/W}$ ) représente la somme des résistances thermiques des différentes couches de matériaux constituant la paroi. La détermination de la résistance thermique d'une couche de matériau s'effectue conformément au DTR C3-2, fascicule n°1 ;
- $\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}$  (en  $\text{m}^2 \cdot \text{°C/W}$ ) représente la somme des résistances d'échange superficiel prise conformément aux valeurs données dans le tableau 3.1.


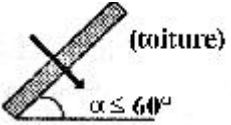
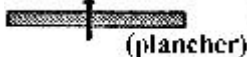
$\frac{1}{h}$ en $\text{m}^2 \cdot \text{°C/W}$	Paroi en contact avec :			Paroi en contact avec :		
	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$
 Latéral (Mur) $\alpha > 60^\circ$	0,10	0,04	0,14	0,10	0,11	0,21
 (toiture) $\alpha \leq 60^\circ$	0,16	0,04	0,20	0,16	0,17	0,33
 (plancher)	0,08	0,04	0,12	0,08	0,09	0,17

Tableau 3.1 : Valeurs des coefficients d'échange superficiel

Les échanges superficiels sont légèrement plus importants en été qu'en hiver. La majoration prend en compte, d'une part le fait que l'air intérieur est agité (agitation due au système de conditionnement d'air), et d'autre part le fait que la forte température de la surface insolée augmente les échanges thermiques par convection.

**1.2.3.** Le coefficient  $K_{\text{été}}$  des ouvrants est obtenu de la manière suivante :

- prendre le coefficient  $K_{\text{vn}}$  du vitrage nu donné dans le DTR C 3-2 ;
- retrancher à  $K_{\text{vn}}$  les résistances d'échanges superficiels «hiver» données dans le DTR C 3-2 ;
- ajouter les résistances d'échanges superficiels «été» données dans le présent DTR (voir tableau 3.1) ;
- ajouter éventuellement les résistances supplémentaires provenant des différentes protections (voilages, protection extérieure, etc.) selon la procédure décrite dans le DTR C 3-2.

### 1.3. Différence de température équivalente $\Delta te(t)$

1.3.1. La différence de température équivalente  $\Delta te(t)$  est donnée par

$$\bullet \text{paroi ensoleillée} \quad \Delta te(t) = \Delta tes(t) + C_{\Delta te} + \frac{\alpha}{0,9} \times [\Delta tem(t) - \Delta tes(t)] \times \frac{I_{t,b}}{I_{t,b}(40)} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.3)$$

$$\bullet \text{paroi à l'ombre 24 h / 24} \quad \Delta te(t) = \Delta tes(t) + C_{\Delta te} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.4)$$

où :

- $\Delta tes(t)$  (en  $^{\circ}\text{C}$ ) est la différence de température équivalente à l'heure  $t$  en considérant que la paroi est à l'ombre ; les valeurs de  $\Delta tes(t)$  sont données par le tableau 3.2 pour les parois verticales, et par le tableau 3.3 pour les parois horizontales ;
- $C_{\Delta te}$  (en  $^{\circ}\text{C}$ ) est un facteur de correction dû, d'une part, à la différence maximale  $\Delta TS_{\max}$  de la température sèche de l'air entre l'extérieur et l'intérieur pour le mois considéré, et d'autre part à l'écart diurne de base  $E_b$  pour le mois considéré (cf. chapitre 2, tableau 2.1) ; les valeurs de  $C_{\Delta te}$  sont données dans le tableau 3.4 ;
- $\alpha$  est le facteur d'absorption de la paroi (cf. § 1.3.4) ;
- $\Delta tem(t)$  (en  $^{\circ}\text{C}$ ) est la différence équivalente de température à l'heure  $t$  pour l'orientation de la paroi considérée ; les valeurs de  $\Delta tem(t)$  sont données par le tableau 3.2 pour les parois verticales, et par le tableau 3.3 pour les parois horizontales ;
- $I_{t,b}$  (en  $\text{W}/\text{m}^2$ ) est le rayonnement total de base pour le mois, la latitude et l'orientation considérés (cf. chapitre 2, tableau 2.4) ;
- $I_{t,b}(40)$  (en  $\text{W}/\text{m}^2$ ) est le rayonnement total de base pour le mois de Juillet, la latitude  $40^{\circ}$  Nord et pour l'orientation considérée (cf. chapitre 2, tableau 2.4).

1.3.2. La différence de température équivalente  $\Delta te(t)$  peut être positive (apports dans le local considéré), ou négative (déperditions). Dans le cas où la différence de température équivalente est négative, on n'en tiendra pas compte dans les calculs.

1.3.3. Dans le cas où la toiture est isolée (c'est à dire que la fonction d'isolation est assurée par un feuillet de matériau isolant dont la conductivité thermique est inférieure à  $0,12 \text{ W}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}$ , et que l'épaisseur du feuillet isolant assure une résistance thermique supérieure à  $0,5 \text{ m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ), on prendra pour  $\Delta tem(t)$  et  $\Delta tes(t)$  75% des valeurs données dans le tableau 3.3.

*Les tableaux 3.2 et 3.3 correspondent aux conditions suivantes : murs ou toits de couleur sombre, température extérieure de base de  $35^{\circ}\text{C}$ , température intérieure de  $27^{\circ}\text{C}$ , écart diurne de  $11^{\circ}\text{C}$ , latitude de  $40^{\circ}\text{N}$ .*

*La différence de température équivalente est donnée dans les tableaux 3.2 et 3.3 en fonction de la masse surfacique  $m_{\text{surf}}$  du mur ou de la toiture. Pour déterminer cette masse surfacique, on prendra les valeurs des masses volumiques des matériaux définies dans le DTR C 3-2 (fascicule n°1).*

**1.3.4.** Le facteur d'absorption  $\alpha$  des parois extérieures est donné ci-après selon que la paroi est peinte ou non.

**1.3.4.1.** Le facteur d'absorption  $\alpha$  d'une paroi extérieure peinte est donné en fonction de la couleur de la face extérieure de la paroi :

- face extérieure de couleur sombre (bleu foncé, rouge foncé, brun foncé),  $\alpha = 0,90$  ;
- face extérieure de couleur moyenne (vert clair, bleu clair, gris clair),  $\alpha = 0,70$  ;
- face extérieure de couleur claire (blanc, crème),  $\alpha = 0,50$  ;
- face extérieure de couleur noire mat,  $\alpha = 1$ .

**1.3.4.2.** Le facteur d'absorption  $\alpha$  d'une paroi extérieure non peinte est donné dans le tableau 3.5 en fonction du facteur d'absorption du matériau constituant la face extérieure de la paroi. Pour des matériaux ne figurant pas dans le tableau 3.5, on adoptera comme coefficient d'absorption celui correspondant à la couleur de la face extérieure (cf. § 1.3.4.1).

Nature du matériau	Facteur d'absorption	Nature du matériau	Facteur d'absorption
asphalte	0,90	pierre calcaire blanche	0,60
feutre bitumé	0,90	granit poli	0,45
sable	0,70	acier poli	0,06
ardoise	0,93	cuivre poli	0,04
tuile	0,80	aluminium poli	0,04
carrelage clair	0,30	tôle galvanisée	0,70
marbre poli	0,60	amiante-ciment	0,96
tôle oxydée	0,80	peinture d'aluminium	0,60
tôle rugueuse	0,94	fonte brute	0,80
béton, brique	0,75	gravier	0,80

*Tableau 3.5 : Facteurs d'absorption*

## 2. PAROIS INTERIEURES

### 2.1. Formules générales

**2.1.1.** Les apports de chaleur à un instant  $t$ ,  $APO(t)$ , traversant une paroi opaque en contact avec deux locaux conditionnés sont donnés par la formule suivante :

$$APO(t) = K_{été} \times S_{int} \times [TS_a - TS_{b,i}] \quad [W] \quad (3.5)$$

où :

- $K_{été}$  (en  $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée (cf. § 1.2.2),
- $S_{int}$  (en  $m^2$ ) est la surface intérieure de la paroi considérée,
- $TS_a$  (en  $^\circ C$ ) est la température sèche de l'air intérieur du local adjacent,
- $TS_{b,i}$  (en  $^\circ C$ ) est la température sèche de l'air intérieur du local considéré.

**2.1.2.** Les apports de chaleur à un instant  $t$ ,  $APO(t)$ , traversant une paroi opaque en contact avec un local non conditionné sont donnés par la formule suivante :

$$APO(t) = K_{été} \times S_{int} \times \Delta t_{Inc}(t) \quad [W] \quad (3.6)$$

où :

- $K_{été}$  (en  $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée (cf. § 1.2.2),
- $S_{int}$  (en  $m^2$ ) est la surface intérieure de la paroi considérée,
- $\Delta t_{Inc}$  (en  $^\circ C$ ) représente l'écart de température entre l'espace non conditionné et le local considéré.  $\Delta t_{Inc}$  est donné par la formule suivante :

$$\Delta t_{Inc} = [(TS_e(t) - C_{Inc}) - TS_{b,i}] \quad (^\circ C) \quad (3.7)$$

où :

- $TS_e(t)$  (en  $^\circ C$ ) est la température extérieure sèche à l'instant considéré (cf. chapitre 2, § 1.1),
- $C_{Inc}$  (en  $^\circ C$ ) est un coefficient correcteur (cf. § 2.2) ;
- $TS_{b,i}$  (en  $^\circ C$ ) représente la température intérieure du local conditionné.

**2.1.3.** Dans le cas où les valeurs déterminées à l'aide des formules 3.5 et 3.6 sont négatives, on n'en tiendra pas compte dans les calculs.

## **2.2. Valeurs du coefficient correcteur $C_{Inc}$**

**2.2.1.**  $C_{Inc}$  est égal à 0 :

- dans le cas où la masse rapportée à la surface de plancher (cf. chapitre 4, § 1.2.3) du local non conditionné est inférieure à  $150 \text{ kg/m}^2$ ,
- pour les combles et les vides sanitaires fortement ventilés (cf. DTR C 3-2, chapitre 6).

*On admet par là que la température du local non conditionné est égale à la température extérieure.*

**2.2.2.** Dans le cas où la masse rapportée à la surface de plancher (cf. chapitre 4, § 1.2.3) du local non conditionné est supérieure à  $150 \text{ kg/m}^2$ , les valeurs de  $C_{Inc}$  sont données dans les tableaux 3.6 à 3.10 pour différentes températures de base (on interpolera pour les autres valeurs). On distingue pour la détermination de  $C_{Inc}$  :

- cas 1 : les locaux à apports de chaleur interne négligeable tels que les combles non habitables faiblement ou très faiblement ventilés, les vides sanitaires faiblement ou très faiblement ventilés, et les circulations ;
- cas 2 : les locaux techniques tels que les chaufferies, les centrales de climatisation, etc. ;
- cas 3 : les locaux non conditionnés d'un logement, les locaux à usage d'enseignement, d'hébergement, de bureaux et de réunion ;
- cas 4 : les locaux à usage artisanal, de restauration, de vente et les cuisines collectives.

TS <sub>b,e</sub> ≥ 46 °C									
Heure	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Heure	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4
1	-1	-14	-3	-4	13	6	-7	3	-3
2	-2	-15	-4	-4	14	7	-7	4	-2
3	-3	-16	-4	-5	15	8	-6	4	-2
4	-4	-17	-5	-6	16	9	-5	5	-1
5	-4	-16	-5	-5	17	8	-6	4	-2
6	-3	-16	-5	-5	18	7	-7	4	-3
7	-3	-16	-4	-4	19	7	-7	3	-3
8	-2	-15	-3	-3	20	6	-8	2	-4
9	0	-13	-2	-7	21	5	-9	1	0
10	1	-12	-1	-6	22	4	-10	1	-1
11	3	-11	0	-5	23	2	-11	-1	-2
12	4	-9	2	-4	24	1	-12	-2	-3

Tableau 3.6 : Valeurs de  $C_{inc}$  pour une température de base supérieure ou égale à 46°C

TS <sub>b,e</sub> = 41 °C									
Heure	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Heure	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4
1	-4	-17	-5	-6	13	6	-7	4	-2
2	-5	-18	-6	-7	14	7	-6	4	-1
3	-7	-19	-7	-7	15	8	-5	5	-1
4	-6	-19	-7	-7	16	7	-6	4	-2
5	-6	-19	-6	-7	17	7	-7	3	-3
6	-6	-18	-6	-6	18	6	-8	3	-3
7	-4	-17	-5	-5	19	5	-9	2	-4
8	-3	-15	-3	-3	20	4	-10	1	-6
9	-1	-14	-3	-7	21	3	-11	0	-1
10	1	-12	-1	-6	22	1	-12	-2	-3
11	3	-10	1	-4	23	-1	-14	-3	-4
12	5	-8	3	-3	24	-3	-16	-4	-5

Tableau 3.7 : Valeurs de  $C_{inc}$  pour une température de base égale à 41°C

TS <sub>b,e</sub> = 37 °C									
Heure	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Heure	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4
1	-3	-16	-4	-5	13	4	-9	2	-4
2	-4	-17	-5	-6	14	5	-8	2	-3
3	-5	-18	-6	-6	15	6	-8	3	-3
4	-6	-18	-6	-7	16	6	-7	3	-3
5	-6	-18	-6	-6	17	6	-8	3	-3
6	-6	-18	-6	-6	18	5	-8	2	-4
7	-5	-18	-6	-6	19	4	-9	2	-5
8	-4	-16	-4	-4	20	4	-10	1	-6
9	-3	-15	-4	-9	21	3	-11	0	-1
10	-1	-14	-3	-8	22	2	-11	-1	-2
11	1	-12	-1	-6	23	0	-13	-2	-3
12	2	-11	0	-5	24	-1	-14	-3	-4

Tableau 3.8 : Valeurs de  $C_{inc}$  pour une température de base égale à 37°C

TS <sub>b,e</sub> = 34 °C									
Heure	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Heure	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4
1	-2	-14	-3	-4	13	2	-11	0	-6
2	-2	-15	-4	-4	14	2	-11	0	-6
3	-3	-15	-4	-4	15	3	-10	1	-5
4	-3	-16	-4	-5	16	4	-9	1	-5
5	-3	-16	-4	-4	17	3	-10	1	-5
6	-3	-16	-4	-4	18	3	-10	1	-6
7	-3	-16	-4	-4	19	3	-10	0	-6
8	-2	-15	-3	-3	20	2	-11	0	-7
9	-1	-14	-3	-8	21	2	-11	-1	-2
10	-1	-14	-2	-7	22	1	-12	-1	-2
11	0	-13	-2	-7	23	0	-13	-2	-3
12	1	-12	-1	-7	24	-1	-14	-2	-3

Tableau 3.9 : Valeurs de  $C_{inc}$  pour une température de base égale à 34°C

TS <sub>b,e</sub> = 30,5 °C									
Heure	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Heure	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4
1	-2	-15	-4	-4	13	2	-11	0	-6
2	-3	-16	-4	-5	14	2	-11	0	-6
3	-4	-16	-5	-5	15	3	-11	0	-6
4	-4	-17	-5	-5	16	3	-10	1	-5
5	-4	-17	-5	-5	17	3	-11	0	-6
6	-4	-17	-5	-5	18	2	-11	0	-6
7	-4	-16	-4	-4	19	2	-11	0	-7
8	-3	-16	-4	-4	20	1	-12	-1	-7
9	-2	-15	-4	-8	21	1	-12	-1	-2
10	-1	-14	-3	-8	22	0	-13	-2	-3
11	0	-13	-2	-7	23	-1	-13	-2	-3
12	1	-12	-1	-7	24	-1	-14	-3	-4

Tableau 3.10 : Valeurs de  $C_{inc}$  pour une température de base égale à 30,5°C

### 3. PAROIS EN CONTACT AVEC LE SOL

#### 3.1. Principes

**3.1.1.** Les apports par transmission à travers les parois en contact avec le sol sont calculés en fonction de la différence de niveau  $z$ . La différence de niveau  $z$  est :

- pour un plancher, la différence comptée positivement entre le niveau de la face supérieure du plancher et le niveau du sol (voir figure 3.1) ;
- pour un mur enterré, la différence comptée positivement entre le niveau du sol et le niveau considéré du mur.

**3.1.2.** Les apports par transmission pour une paroi en contact avec le sol, plancher ou mur enterré, sont considérés comme nuls au delà de  $z = z_{lim}$  ( $z > z_{lim}$ ) dont les valeurs sont données dans le tableau 3.11.



Valeurs de $\alpha_{lim}$					
Zone climatique					Température du local conditionnée
A	B, C	B, altitude > 200 m	C1	C2	
2,80	4,20	2,40	2,80	2,40	24
3,00	4,60	2,80	3,00	2,60	22
3,40	5,00	3,20	3,40	3,00	20
3,80	5,40	3,60	3,80	3,40	18

Tableau 3.11 : Valeurs de  $\alpha_{lim}$  (en m)

3.1.3. Les apports à travers un plancher en contact avec le sol n'ont lieu que sur une bande de largeur égale à 2 mètres, comptée à partir du périmètre intérieur. Au delà de cette bande, les apports par transmission sont considérés comme nuls.

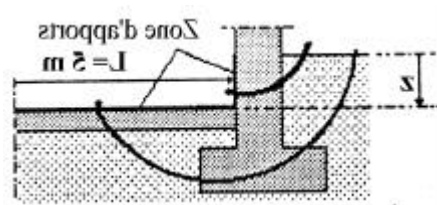


Figure 3.1 : Zone d'apport pour des parois en contact avec le sol

### 3.2. Formules de calcul

3.2.1. Les apports APO à travers une paroi en contact avec le sol sont donnés par :

$$APO = K_{\text{été}} S_{\text{app}} (T_m - T_{\text{ext}}) \quad [W] \quad (3.8)$$

où :

- $K_{\text{été}}$  (en  $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ) est le coefficient de transmission de la paroi calculé comme si la paroi était en contact avec l'extérieur (cf. 1.2.2),
- $S_{\text{app}}$  (en  $m^2$ ) est la surface de la zone d'apport (cf. 3.1),
- $T_m$  (en  $^\circ C$ ) est la température du local conditionnée,
- $T_{\text{ext}}$  (en  $^\circ C$ ) est la température moyenne sèche de l'air extérieur (cf. chapitre 2, tableau 2.1).

3.2.2. Dans le cas où les valeurs déterminées à l'aide de la formule 3.8 sont négatives, on n'en tiendra pas compte dans les calculs.

## CHAPITRE 4

### APPORTS A TRAVERS LES PAROIS VITREES

#### 1. PRINCIPE DE CALCUL

##### 1.1. Formules générales

**1.1.1.** Les apports à travers les parois vitrées intérieures AVT(t) sont dus uniquement à la différence de température de part et d'autre de la paroi. Ils sont donnés par :

$$AVT(t) = K_{été} \times S_{ouv} \times [(TS_e(t) - C_{inc}) - TS_{b,i}] \quad [W] \quad (4.1)$$

où :

- $K_{été}$  (en  $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée (cf. chapitre 3, § 1.2.3),
- $S_{ouv}$  (en  $m^2$ ) est la surface de l'ouverture dans la paroi opaque,
- $TS_e(t)$  (en  $^\circ C$ ) est la température extérieure sèche à l'heure t (cf. chapitre 2, § 1.1.3),
- $C_{inc}$  est un coefficient correcteur (cf. chapitre 3, § 2.2.),
- $TS_{b,i}$  (en  $^\circ C$ ) est la température intérieure sèche de base pour le local considéré.

**1.1.2.** Les gains à travers les parois vitrées extérieures AV(t) sont donnés par :

$$AV(t) = AVT(t) + AVE(t) \quad [W] \quad (4.2)$$

où :

- AVT(t) (en W) représente les gains dus au gradient de température à travers les parois vitrées,
- AVE(t) (en W) représente les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées.

**1.1.3.** Les gains dus au gradient de température AVT(t) à travers les parois vitrées extérieures sont donnés par :

$$AVT(t) = 1,2 \times K_{été} \times S_{ouv} \times [TS_e(t) - TS_{b,i}] \quad [W] \quad (4.3)$$

où :

- 1,2 (sans dimension) est un coefficient majorateur tenant compte des apports à travers les ponts thermiques,
- $K_{été}$  (en  $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée (cf. chapitre 3, § 1.2.3),
- $S_{ouv}$  (en  $m^2$ ) est la surface de l'ouverture dans la paroi opaque,
- $TS_e(t)$  (en  $^\circ C$ ) est la température extérieure sèche à l'heure t (cf. chapitre 2, § 1.1.3),
- $TS_{b,i}$  (en  $^\circ C$ ) est la température intérieure de base.

**1.1.4.** Les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées extérieures AVE(t) sont donnés par :

$$AVE(t) = [SV_{ens} \times I_t + (SV - SV_{ens}) \times I_d] \times FS \times N_{PVI}(t) \quad [W] \quad (4.4)$$

où :

- SV (en  $m^2$ ) est la surface totale vitrée,
- $SV_{ens}$  (en  $m^2$ ) est la surface vitrée ensoleillée (cf. annexe 4 pour la détermination des parties ensoleillées),
- $SV - SV_{ens}$  (en  $m^2$ ) est la surface vitrée à l'ombre (cf. annexe 4 pour la détermination des parties ensoleillées),

- $I_t$  (en  $W/m^2$ ) est le rayonnement total maximal réel (cf. chapitre 2, § 1.2.3),
- $I_d$  (en  $W/m^2$ ) est le rayonnement diffus maximal réel (cf. chapitre 2, § 1.2.3),
- $N_{PVI}(t)$  représente le coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées à l'heure  $t$  considérée (cf. § 1.2),
- FS est le facteur solaire du vitrage (cf. § 2).

## 1.2. Détermination du coefficient d'amortissement

**1.2.1.** Le coefficient d'amortissement  $N_{PVI}(t)$  est donné dans les tableaux 4.1 à 4.5 en fonction de la durée de fonctionnement des installations, de la présence ou non de protections (stores, volets, rideaux, etc.), de la masse  $M$  rapportée à la surface du plancher, de l'orientation de la paroi vitrée et de l'heure solaire vraie.

**1.2.2.** Les durées de fonctionnement de l'installation doivent être choisies parmi ces trois valeurs : 12 h, 16 h et 24 h. Pour 12 heures et 16 heures de fonctionnement, l'installation est considérée mise en marche à 6 h (l'installation fonctionne donc soit de 6 h à 18 h pour 12 heures de fonctionnement de l'installation, soit de 6 h à 22 h pour 16 heures de fonctionnement de l'installation).

*En l'absence d'informations, on pourra prendre :*

- *locaux à usage d'habitation, d'hébergement et de vente :*
  - *zones A, B, B' et C : 12 heures de fonctionnement,*
  - *zones D1, D2 et D3 : 16 heures de fonctionnement ;*
- *locaux à usage d'enseignement, de bureaux, d'accueil et de réunion : 12 heures de fonctionnement ;*
- *locaux de restauration et à usage artisanal : 16 heures de fonctionnement.*

**1.2.3.** Pour l'utilisation des tableaux 4.1 à 4.5, toute paroi vitrée sans protection intérieure est considérée comme une paroi vitrée sans protection (même si elle comporte une protection extérieure, ou si elle est protégée de l'ensoleillement direct par des saillies).

**1.2.4.** La masse  $M$  rapportée à la surface du plancher est donnée par :

$$M = \frac{\sum m_{\text{ext}} + \frac{1}{2}\sum m_{\text{sep}} + \sum m_i}{S_{\text{pl}}} \quad [\text{kg/m}^2] \quad (4.5)$$

où :

- $m_{\text{ext}}$  (en kg) est la masse des parois séparant la zone thermique considérée et l'environnement extérieur (murs extérieurs, toiture, plancher éventuel en contact avec le sol) ;
- $m_{\text{sep}}$  (en kg) est la masse des parois séparant la zone thermique considérée et les autres zones thermiques (cloisons, planchers intermédiaires, plafonds) ;
- $m_i$  (en kg) désigne toute masse fixe (cloisons, murets, cage d'escalier, etc.) se trouvant au sein de la zone thermique considérée ;
- $S_{\text{pl}}$  (en  $m^2$ ) est la surface de plancher pour la zone thermique considérée ; si une zone thermique a été définie sur plusieurs niveaux,  $S_{\text{pl}}$  est la somme des surfaces de plancher.

*Pour le calcul de  $M$  (formule 4.5), on ne tiendra pas compte de la masse des parois vitrées. L'inertie thermique d'un plancher (ou d'un mur) est réduite de façon sensible par la présence d'un revêtement textile (moquette, tapis, etc.). On considère alors seulement 50 % de la masse de la paroi pour le calcul de  $M$  (formule 4.5). Néanmoins, on n'en tiendra pas compte pour le calcul de  $M$  dans le cadre de ce DTR.*

**1.2.5.** Le coefficient d'amortissement  $N_{pVl}(t)$  est donné en % par les tableaux 4.1 à 4.5 :

- tableau 4.1 : coefficient d'amortissement pour 24 heures de fonctionnement de l'installation, pour des parois vitrées sans protection,
- tableau 4.2 : coefficient d'amortissement pour 24 heures de fonctionnement de l'installation, pour des parois vitrées avec protection,
- tableau 4.3 : coefficient d'amortissement pour 16 heures de fonctionnement de l'installation, pour des parois vitrées sans protection,
- tableau 4.4 : coefficient d'amortissement pour 16 heures de fonctionnement de l'installation, pour des parois vitrées avec protection,
- tableau 4.5 : coefficient d'amortissement pour 12 heures de fonctionnement de l'installation, pour des parois vitrées sans protection ou avec protection.

*Pour l'utilisation des tableaux 4.1 à 4.5, on interpolera pour les valeurs intermédiaires.*

## **2. FACTEUR SOLAIRE**

### **2.1. Généralités**

**2.1.1.** On appelle vitrage antisolaire des vitrages constitués :

- de glaces de forte épaisseur simples ou doubles, absorbantes ou non,
- de vitrages, simples ou doubles, équipés de stores, de volets, persiennes, de rideaux intérieurs ou extérieurs.

**2.1.2.** Le facteur solaire  $FS$  est égal au rapport du flux total transmis par le vitrage antisolaire au flux transmis à travers un vitrage ordinaire dans les conditions de référence (cf. chapitre 2, § 1.2.1.3).

*En d'autres termes,  $FS = 1$  pour un vitrage ordinaire,  $FS < 1$  pour un vitrage antisolaire. Pour réduire le coût de la climatisation, on est donc amené à installer des vitrages antisolaires.*

**2.1.3.** Les valeurs du facteur solaire pour les parois vitrées possédant des vitrages spéciaux (vitrages absorbants, vitrages réfléchissants, ...) doivent être fournies par le fabricant. En l'absence d'informations, on utilisera les valeurs données au paragraphe 2.2 du présent DTR.

## 2.2. Facteur solaire des dalles de verre, coupole en matière plastique

2.2.1. Les valeurs des facteurs solaires des dalles et pavés de verre (appelés communément Nevada, Primalith) sont données dans le tableau 4.6 :

- en fonction des dimensions de la dalle ou du pavé de verre ;
- selon que la dalle ou le pavé de verre est ensoleillé ou se trouve à l'ombre ; dans le cas où la dalle de verre est à l'ombre, le facteur solaire est donné en fonction de l'orientation de la paroi.

Dimensions (mm)	Ensoleillé	A l'ombre	
		Orientation N/NO/O/SO	Orientation E/SE/NE
150 × 150 × 100	0,55	0,34	0,51
200 × 200 × 100	0,65	0,40	0,60
300 × 300 × 100	0,75	0,46	0,69

Tableau 4.6 : Facteur solaire des dalles, pavés de verre

2.2.2. Le facteur solaire des coupoles d'éclairage en matière plastique translucide doit être pris égal à 0,88.

## 2.3. Facteur solaire des vitrages spéciaux en simple épaisseur

2.3.1. Les vitrages spéciaux sont ceux dont la proportion du flux solaire transmise est diminuée pour les raisons suivantes : le verre utilisé a une forte épaisseur, le verre peut être coloré dans la masse (ce qui a pour effet d'augmenter le facteur d'absorption du vitrage), la face extérieure du vitrage peut être traitée pour réfléchir une partie importante de l'énergie solaire incidente (vitrages réfléchissants).

2.3.2. Les valeurs du facteur solaire des vitrages spéciaux en simple épaisseur sont données dans le tableau 4.7.

## 2.4. Facteur solaire des vitrages doubles

2.4.1. Les vitrages doubles sont constitués de deux épaisseurs de verre ou de glace qui sont généralement séparés par une lame d'air déshumidifiée.

2.4.2. Les valeurs du facteur solaire des vitrages doubles sans stores, ni rideaux sont données dans le tableau 4.8.

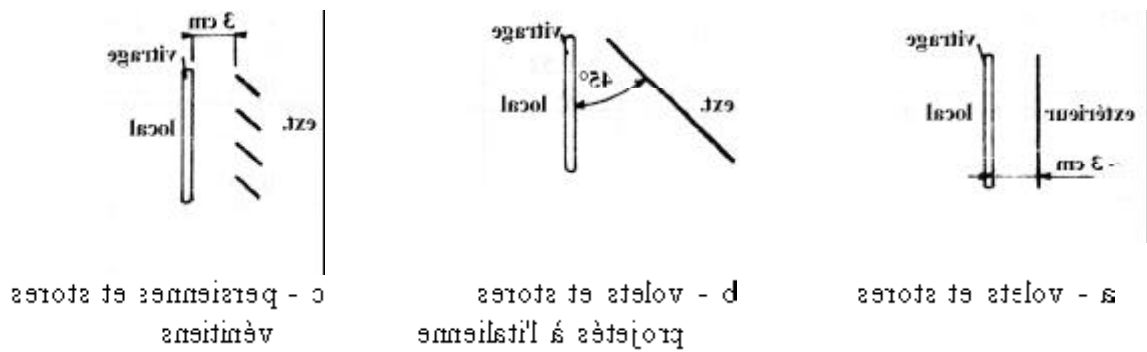
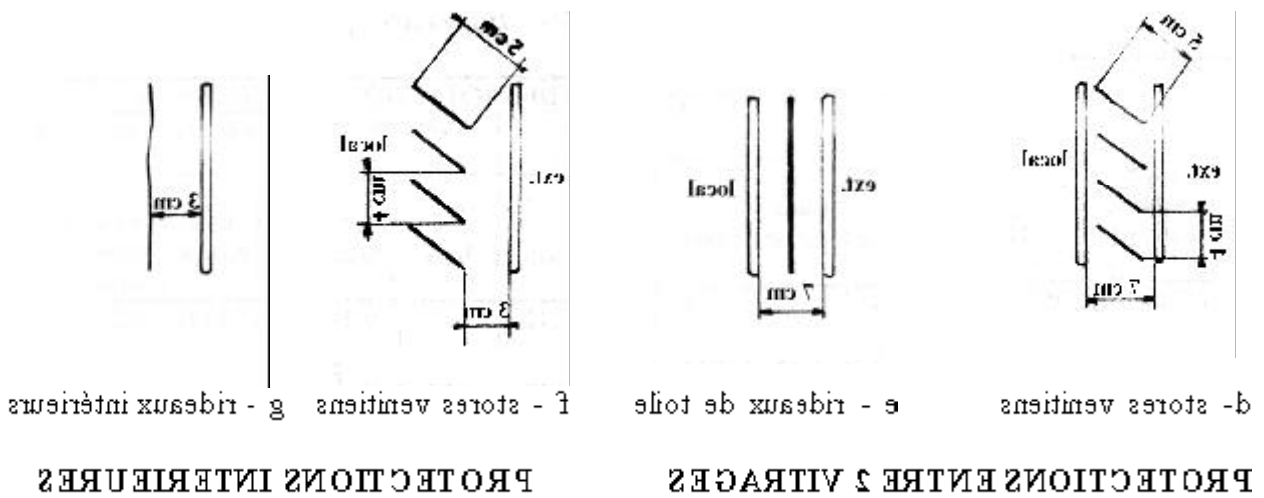
Type de vitrage	Epaisseur (mm)	FS
Verre à vitre : normal fort épais	2 à 3	1
	4	0,98
	5	0,96
Glace claire ordinaire	6	0,95
	8,6	0,92
	10,5	0,90
	12	0,88
Verre absorbant	5,5	0,71
Glace absorbante couleur bronze  couleur grise  couleur verte	6	0,64
	8	0,60
	10	0,54
	6	0,65
	8	0,60
	10	0,55
	6	0,63
	8	0,59
	10	0,53
	Verre coloré rouge foncé bleu foncé gris foncé gris-vert opale vert opale foncé ambre	3 à 6
3 à 6		0,60
3 à 6		0,32
3 à 6		0,46
3 à 6		0,43
3 à 6		0,37
3 à 6		0,70
Glaces réfléchissantes claires  bronze  gris  vert	6	0,72
	8	0,71
	10	0,70
	6	0,55
	8	0,49
	10	0,45
	6	0,55
	8	0,50
	10	0,46
	6	0,53
	8	0,49
	10	0,45
Film réflecteur sur glace claire film A18 film A33 sur glace absorbante bronze film A18 film A33 gris film A18 film A33		0,25
		0,42
		0,33
		0,41
		0,12
		0,21

Tableau 4.7 : Facteur solaire des vitrages spéciaux en simple épaisseur

Type de vitrage	Epaisseur nominale (mm)	Epaisseur (mm)			FS	
		Glace int.	Glace ext.	lame d'air		
verre clair	11	3	3	5	0,90	
glace claire	18	6	6	6	0,85	
	20	6	6	8	0,85	
	24	6	6	12	0,85	
	24	6	8	10	0,82	
	32	8	10	14	0,80	
glace intérieure claire et glace absorbante extérieure :	grise	18	6	6	6	0,59
		24	8	8	8	0,52
		32	8	10	14	0,48
	vert	18	6	6	6	0,56
		24	8	8	8	0,51
		32	8	10	14	0,44
	bronze	18	6	6	6	0,58
		24	8	8	8	0,52
		32	8	10	14	0,47
glace intérieure claire et glace réfléchissante extérieure :	claire	18	6	6	6	0,64
		24	8	8	8	0,60
		32	8	10	14	0,60
	bronze	18	6	6	6	0,44
		24	8	8	8	0,37
		32	8	10	14	0,34
	gris	18	6	6	6	0,45
		24	8	8	8	0,38
		32	8	10	14	0,35
	vert	18	6	6	6	0,43
		24	8	8	8	0,37
		32	8	10	14	0,35
glace claire extérieure et glace réfléchissante intérieure	18	6	6	6	0,30	
glace absorbante extérieure et glace réfléchissante intérieure	18	6	6	6	0,22	
glace réfléchissante extérieure et intérieure	18	6	6	6	0,13	

Tableau 4.8 : Facteur solaire des vitrages doubles

Figure 4.1 : Différents types de protection antisolaires des vitrages



Les protections extérieures sont les plus efficaces parce qu'elles réfléchissent le flux solaire avant qu'il ne traverse le vitrage et ne pénètre dans le local.

- es protections intérieures qui comprennent (voir figure 4.1 cas f et g) :
  - les stores vénitiens à lames minces,
  - es rideaux pendant librement devant les fenêtres.

- es protections entre deux vitrages qui sont réalisées par des stores vénitiens à lames minces ou par des rideaux opaques ou légèrement transparents (voir figure 4.1 cas d et e),

- es persiennes et stores vénitiens généralement métalliques, en bois ou en matière plastique (voir figure 4.1 cas c)
- es volets et stores projetés à l'italienne constitués de bois, de matière plastique ou de tissu (voir figure 4.1 cas b),
- les stores verticaux qui sont constitués de toile plus ou moins opaque,
- es volets verticaux qui sont en général en bois, en métal ou en matière plastique (voir figure 4.1 cas a),

- es protections extérieures qui comprennent :

2.2.1. On distingue trois sortes de protections solaires pour les vitrages ordinaires ou spéciaux :

## 2. Facteur solaire des vitrages munis de protections verticales



**2.5.2.** Les valeurs du facteur solaire des vitrages avec protection intérieure, protection extérieure et protection entre deux vitrages sont données dans les tableaux 4.9, 4.10 et 4.11.

TYPE DE VITRAGE	Epaisseur nominale (mm)	TYPE DE PROTECTION INTERIEURE				
		Stores vénitiens		Stores de toile		
		teinte claire	teinte moyenne	opaque		translucide
				foncé	clair	
Verre à vitre glace	2 à 6 6 à 12	0,55	0,64	0,59	0,25	0,39
Verre absorbant ou coloré Glace absorbante	3 à 6	0,53	0,57	0,45	0,30	0,36
	6	0,53	0,57	0,45	0,30	0,36
	10	0,52	0,54	0,40	0,28	0,32
	12	0,50	0,51	0,36	0,28	0,31
Double vitrage avec lame d'air verre clair glace claire glace absorbante + glace claire intérieure	11	0,51	0,57	0,60	0,25	0,37
	18 à 32	0,51	0,57	0,60	0,25	0,37
	18 à 32	0,36	0,39	0,40	0,22	0,30

*Tableau 4. 9 : Facteur solaire des vitrages avec protection intérieure*

Type de Vitrage	TYPE DE PROTECTION EXTÉRIEURE									
	Stores verticaux		Volets verticaux		Volets et stores à l'italienne				Stores vénitiens	
	opaque	trans-lucide	bois	métal	bois	métal	toile opaque	toile trans-lucide	bois	métal ou plastique
Verre ou glace claire	0,14	0,27	0,08	0,12	0,10	0,13	0,14	0,22	0,13	0,16
Glace absorbante	0,12	0,18	0,06	0,10	0,08	0,10	0,11	0,15	0,10	0,11
Double vitrage clair absorbant	0,16	0,20	0,06	0,08	0,08	0,09	0,09	0,19	0,10	0,11
	0,09	0,11	0,06	0,08	0,07	0,08	0,08	0,15	0,09	0,10

*Tableau 4. 10 : Facteur solaire des vitrages avec protections extérieures*

TYPE DE VITRAGE	TYPE DE PROTECTION		
	Stores Vénitiens		Rideau (teinte claire)
	teinte claire	teinte moyenne	
Double vitrage verre clair	0,33	0,36	0,28
glace claire	0,33	0,36	0,28
glace absorbante et glace claire intérieure	0,28	0,28	0,23

*Tableau 4.11 : Facteur solaire des parois vitrées avec protection entre deux vitrages*

# CHAPITRE 5

## APPORTS DE CHALEUR INTERNES

### 1. PRINCIPES GENERAUX

#### 1.1. Généralités

**1.1.1.** On désigne par apports de chaleur internes, ou gains internes, les quantités de chaleur dégagées sous forme latente ou sensible à l'intérieur des locaux conditionnés.

**1.1.2.** Les gains internes prévus par ce DTR sont ceux ayant pour origine les occupants (cf. § 2.1), les machines entraînées par des moteurs électriques (cf. § 2.2), les appareils électriques (cf. § 2.3), l'éclairage (cf. § 2.4), les appareils à gaz (cf. § 2.5), les réservoirs (cf. § 2.6), l'évaporation libre (cf. § 2.7), l'introduction de vapeur vive (cf. § 2.8), les tuyauteries (cf. § 2.9) et les conduits d'air intérieurs (cf. § 2.10).

**1.1.3.** Les pièces du marché doivent fournir avec précision les informations nécessaires pour la prise en compte des apports internes (par exemple le nombre de moteurs électriques, leur emplacement et celui des tuyauteries, etc.).

#### 1.2. Principes de calcul

**1.2.1.** Les apports internes, lorsqu'ils existent, sont calculés en les considérant constants pendant la durée de fonctionnement de l'installation de climatisation.

**1.2.2.** Les apports internes sont calculés en considérant un amortissement des gains sensibles. On utilise pour les besoins du calcul un coefficient dit d'amortissement noté  $N_{AI}(t)$ . Le coefficient d'amortissement  $N_{AI}(t)$  est à affecter séparément pour chaque apport interne.

*Une partie de la chaleur sensible rayonnée est absorbée, puis emmagasinée par les parois. Au fur et à mesure que cette absorption se poursuit, la température des matériaux augmente et leur capacité d'accumulation diminue. Il en résulte que, au début, pendant la période d'accumulation, la chaleur sensible réellement cédée au local par rayonnement est faible. Elle augmente progressivement ensuite pour devenir maximale au bout d'un certain temps.*

**1.2.3.** Les apports internes sont déterminés en multipliant, pour chaque apport, les gains maxima par un coefficient de simultanéité (noté CS) spécifique à chaque apport.

*Il y a peu de chance que tous les occupants soient présents au même moment, que tout l'éclairage fonctionne et que toutes les machines fonctionnent simultanément. C'est pourquoi, on utilise des coefficients de simultanéité pour déterminer les apports réels. On obtient ainsi une estimation valable des apports internes et cela permet de limiter la puissance maximale de l'installation à une valeur économique.*

### 1.3. Formule générale

Les apports de chaleur internes  $AI(t)$  à l'instant  $t$  sont donnés par la formule :

$$AI(t) = \sum_j (CS_j \times AI_{s,j} \times N_{AI,j}) + ( \sum (CS_j \times AI_{l,j}) \quad [W] \quad (5.1)$$

où :

- $AI_{s,j}$  (en W) représente la partie sensible de l'apport interne  $j$  ; la détermination de ces apports est donnée au paragraphe 2 ;
- $AI_{l,j}$  (en W) représente la partie latente de l'apport interne  $j$  ; la détermination de ces apports est donnée au paragraphe 2 ;
- $CS_j$  est le coefficient de simultanéité relatif à l'apport interne  $j$  ; en l'absence d'information, les valeurs à considérer pour les coefficients de simultanéité sont celles du tableau 5.1 ;
- $N_{AI,j}$  est le coefficient d'amortissement relatif à l'apport interne  $j$  (cf. § 1.4).

Apport	Nature des apports	Coefficient de Simultanéité CS				
		Locaux				
		Bureaux Réunions Accueil	Logement Hébergement	Vente Restauration	Artisanal Industriel	Enseignement
Occupant	Sensible Latent	0,80	0,50	0,80	0,90	1,00
Moteurs électriques	Sensible	0,60	0,50	0,85	0,85	0
Appareils électriques	Sensible Latent	0,60	0,50	0,85	0,85	0
Eclairage fluorescent non encastré	Sensible	0,70	0,35	0,90	0,85	0,90
Eclairage fluorescent encastré, éclairage incandescent non encastré	Sensible	0,70	0,35	0,90	0,85	0,90
Eclairage encastré dans un faux plafond avec plénum de reprise	Sensible	0,70	0,35	0,90	0,85	0,90
Appareil à gaz	Sensible Latent	0	0,50	0,85	0,85	0
Réservoir	Sensible Latent	0	1,00	1,00	1,00	0
Evaporation libre	Latent	0	1,00	1,00	1,00	0
Vapeur vive	Sensible Latent	0	0	1,00	1,00	0
Tuyauteries, conduits d'air	Sensible	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tableau 5.1 : Coefficients de simultanéité des gains internes

**Note pour le tableau 5.1 :** Un coefficient de simultanéité égal à 0 signifie que pour le type de local défini, l'apport interne correspondant existe rarement dans la pratique (ou est négligeable). Dans le cas où ce type d'apport n'est pas considéré comme négligeable, on prendra un coefficient de simultanéité maximal (égal à 100 %).

## 1.4. Coefficient d'amortissement

**1.4.1.** Pour la détermination de  $N_{AI}$ , par convention, on distingue les quatre types d'apports suivants :

- type I : apports dus à un éclairage fluorescent l'appareil étant non encastré, apports dus aux occupants, apports dus aux appareils électriques ou à gaz, apports dus aux machines entraînées par un moteur électrique, apports dus aux réservoirs, apports dus aux tuyauteries et aux conduits d'air intérieurs ;
- type II : apports dus à un éclairage fluorescent encastré ou incandescent non encastré ;
- type III : apports dus à un éclairage fluorescent ou incandescent encastré dans un faux plafond dans lequel se fait la reprise de l'air du local (luminaires refroidis par air) ;
- type IV : introduction de vapeur vive, évaporation libre.

**1.4.2.** La valeur de  $N_{AI}(t)$  est déterminée comme indiqué ci-dessous :

- pour les apports de type IV, la valeur de  $N_{AI}(t)$  est égale à 100% ;
- pour les apports de type I, II ou III, la valeur de  $N_{AI}(t)$  est égale à 100% dans le cas où la durée de l'apport interne est supérieure à la durée de fonctionnement de l'installation ;
- pour les apports de type I, II ou III, dans le cas où la durée de l'apport interne est inférieure à la durée de fonctionnement de l'installation, la valeur de  $N_{AI}(t)$  est donnée dans le tableau 5.2 en fonction :
  - de la durée des apports internes,
  - du nombre d'heures écoulées entre l'heure considérée et le début des apports internes,
  - de la masse  $M$  (en  $\text{kg}/\text{m}^2$ ) rapportée à la surface de plancher (cf. chapitre 4, § 1.2.4),
  - du type d'apport (cf. § 1.4.1),
  - de la durée de fonctionnement de l'installation (cf. chapitre 4, § 1.2.2).

*Les valeurs du tableau 5.2 correspondent à une durée des apports internes de 10 h. Dans le cas où la durée des apports internes est différente de 10 h, il y a lieu de se reporter aux explications données dans l'annexe 7.*

## 2. CALCUL DES GAINS

### 2.1. Gains dus aux occupants

2.1.1. Les gains dus aux occupants sont une source de chaleur sensible et latente.

2.1.2. Le calcul doit tenir compte des personnes susceptibles de fréquenter les locaux :

- pour un logement :
  - si une seule zone thermique est définie, le nombre d'occupants par pièce (occ/p) à considérer doit être de 2,5 occ/p pour les quatre premières pièces principales, et de 1 occ/p par pièce principale supplémentaire ;
  - si plusieurs zones thermiques sont définies, le nombre d'occupants par pièce à considérer doit être de 2 occ/p pour les pièces principales et les cuisines, et de 1 occ/p pour les pièces de service autres que les cuisines ;
- pour les locaux à usage autre que d'habitation, en l'absence d'informations, on considérera 1 occupant pour 4,5 m<sup>2</sup> de surface de plancher.

2.1.3. Les gains internes pour un occupant sont donnés dans le tableau 5.3.

Degré d'activité	Exemple d'application	Température sèche du local (°C)									
		28		27		26		24		21	
		Apports sensibles (Sen) et latents (Lat) en W/pers.									
		Sen	Lat	Sen	Lat	Sen	Lat	Sen	Lat	Sen	Lat
Assis, repos	Classe, salle de spectacle	51	51	57	45	62	40	67	35	76	27
Assis, travail très léger	Logement, bureau, hôtel, amphithéâtre	52	79	58	73	63	69	71	60	83	49
		52	94	58	88	64	83	74	72	85	62
Debout, marche	Magasin, accueil	60	102	66	96	72	91	82	80	93	70
Travail léger	Atelier, usine	56	164	64	156	72	148	86	134	107	113
Travail assez pénible	Atelier, usine, salle de sport	79	214	88	205	97	197	112	181	135	158
Travail pénible	Atelier, usine, salle de sport	131	293	136	288	142	283	154	271	177	248

Tableau 5.3. : Gains dus aux occupants

### 2.2. Gains dus aux machines entraînées par un moteur électrique

2.2.1. Les moteurs électriques et les machines entraînées par ces moteurs constituent des sources de gains sensibles.

2.2.2. Un moteur électrique est caractérisé par :

- une puissance absorbée  $W_a$  exprimée en W ou en kW ; la puissance absorbée peut être déterminée en fonction de la nature du courant (voir tableau 5.4) ;
- une puissance effective (ou nominale)  $W_{eff}$  exprimée en W ou en kW ; cette puissance correspond à la puissance fournie à la machine entraînée ;

- un rendement  $\eta$  (formule 5.4) qui est le rapport de la puissance fournie à la machine  $W_{\text{eff}}$  à la puissance absorbée  $W_a$  par le moteur,
- sa position par rapport au local climatisé.

$$\eta = \frac{W_{\text{eff}}}{W_a} \quad (5.4)$$

Nature du courant	$W_a$ (en W) en fonction de : I (en A) l'intensité du courant, U (en V) la tension du courant et de $\cos(\varphi)$ facteur de puissance
Courant continu	$W_a = U \times I$
Courant monophasé	$W_a = U \times I \times \cos(\varphi)$
Courant triphasé	$W_a = U \times I \times \cos(\varphi) \times 1,73$
Courant diphasé (4 fils)	$W_a = U \times I \times \cos(\varphi) \times 2$

Tableau 5.4 : Puissance absorbée des moteurs électriques

La différence  $W_a - W_{\text{eff}}$  représente les pertes diverses à l'intérieur de la carcasse du moteur (pertes par effet Joule, pertes mécaniques de frottement, etc.)

2.2.3. On distingue les cas suivants (voir figure 5.1) :

- le moteur et la machine entraînée sont dans le local climatisé (cf. § 2.2.3.1),
- seul le moteur est dans le local climatisé (cf. § 2.2.3.2),
- seule la machine entraînée est dans le local climatisé (cf. § 2.2.3.3).

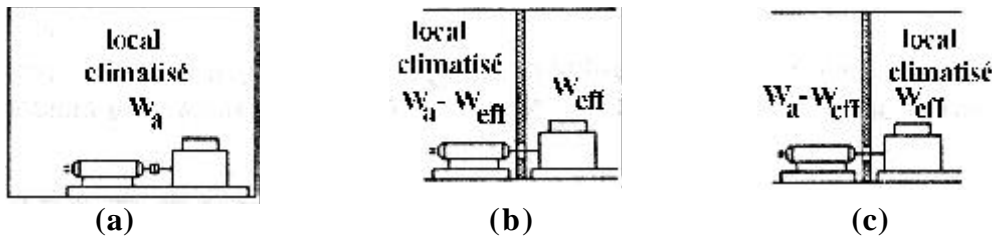


Figure 5.1 : Localisation des moteurs électriques

2.2.3.1. Dans le cas où le moteur et la machine entraînée sont dans le même local climatisé (cas a de la figure 5.1), toute l'énergie absorbée est dissipée sous forme de chaleur dans le local climatisé. L'apport AI dû à l'ensemble moteur-machine est donné par la formule :

$$AI = W_a = \frac{W_{\text{eff}}}{\eta} \quad [\text{W}] \quad (5.5)$$

où :

- $W_{\text{eff}}$  (en W) désigne la puissance nominale,
- $\eta$  désigne le rendement du moteur (cf. § 2.2.3.5).

2.2.3.2. Dans le cas où seul le moteur est dans le local climatisé (cas b de la figure 5.1), l'apport calorifique est égal aux pertes diverses dans la carcasse du moteur. L'apport AI est donné par la formule :

$$AI = W_a - W_{\text{eff}} = \frac{W_{\text{eff}}}{\eta} \times (1 - \eta) \quad [\text{W}] \quad (5.6)$$

où :

- $W_{\text{eff}}$  (en W) désigne la puissance nominale,
- $\eta$  désigne le rendement du moteur (cf. § 2.2.3.5).

**2.2.3.3.** Dans le cas où seule la machine est dans le local climatisé (cas c de la figure 5.1), l'apport calorifique AI est égal à la puissance nominale  $W_{\text{eff}}$ .

**2.2.3.4.** S'il s'agit d'une pompe ou d'un ventilateur véhiculant un fluide à l'extérieur du local, l'apport calorifique AI dans le local correspond à :

$$AI = [W_{\text{eff}} - \Delta p \times qv_m] \quad [\text{W}] \quad (5.7)$$

si le moteur électrique est positionné à l'extérieur du local

ou

$$AI = \left[ \frac{W_{\text{eff}}}{\eta} - \Delta p \times qv_m \right] \quad [\text{W}] \quad (5.8)$$

si le moteur électrique est positionné dans le local.

où :

- $W_{\text{eff}}$  (en W) désigne la puissance nominale,
- $\eta$  désigne le rendement du moteur (cf. § 2.2.3.5),
- $\Delta p$  (en Pa) désigne la pression du ventilateur ou la hauteur manométrique de la pompe,
- $qv_m$  (en m<sup>3</sup>/s) est le débit volumique moyen du fluide.

**2.2.3.5.** En l'absence d'informations, on pourra utiliser les rendements moyens (à pleine charge) des moteurs électriques donnés dans le tableau 5.5 en fonction de la puissance nominale.

Puissance nominale [W]		Rendement (%)	Puissance nominale [kW]		Rendement (%)
	[ch]			[ch]	
37	1/20	40	2,2	3	81
61	1/12	50	3,7	5	82
92	1/8	55	5,5	7,5	85
122	1/6	60	7,36	10	85
184	1/4	64	11	15	86
245	1/3	66	14,7	20	87
368	1/2	70	18,4	25	88
550	3/4	72	22	30	89
736	1	80	29,4	40	89
1100	1,5	80	37	50	90
1470	2	80			

Tableau 5.5 : Rendements moyens des moteurs électriques



## 2.3. Gains dus aux machines électriques

2.3.1. Les appareils peuvent constituer à la fois une source de chaleur sensible et latente, ou seulement une source de gains sensibles.

2.3.2. Une machine électrique utilisée dans un local dégage intégralement l'équivalent calorifique de la puissance électrique moyenne absorbée.

2.3.3. Pour la détermination des apports dus aux machines électriques, on utilisera soit :

- les indications données par le fabricant ;
- les formules du tableau 5.4 pour le calcul de la puissance absorbée, cette puissance constituant les gains sensibles ; pour certains appareils (de cuisines, de restaurants, etc.), il y a lieu de tenir compte aussi des gains latents ; on pourra alors utiliser les formules relatives aux gains par évaporation (cf. § 2.7) ;
- à défaut, les valeurs des tableaux 5.6 à 5.8.

2.3.4. On diminuera de 50 % les apports sensibles et latents si l'appareil électrique est pourvu d'une hotte d'extraction mécanique dimensionnée selon les règles d'usage.

Appareils	Gains à admettre (en W)		
	Sens.	Lat.	Total
<b>Appareils Ménagers</b>			
Four électrique	3000	610	3610
Four micro-onde	1400	-	1400
Cuisinière électrique	3000	1500	4500
Plaque chauffante ( $W_n = 500$ W)	500	280	780
Plaque chauffante ( $W_n = 1000$ W)	1000	560	1560
Télévision	150	-	150
Réfrigérateur (100 l)	100	-	100
Réfrigérateur (200 l)	175	-	175
Machine à laver (3 kg)	3000	1500	4500
Machine à laver (5 kg)	6000	3000	9000
Télévision	150	-	150
<b>Appareils de restaurants</b>			
Percolateurs avec chauffe-eau			
2 percolateurs, 2 litres d'eau	400	140	540
4 percolateurs, 4 litres d'eau	1800	350	2150
Table chauffante (par m <sup>2</sup> de surface)			
avec chauffe-assiette	2200	1110	3310
sans chauffe assiette	1750	1180	2930
Grille-pain	1900	760	2510
Gril à viandes (250 à 300 mm)	1750	620	2370
Friteuse			
5 l d'huile	1200	690	1890
10 l d'huile	3000	1660	4660
Sorbetière			
Capacité : 50 kg/jour	2730	-	2730
Capacité : 100 kg/jour	1880	-	1880
Four micro-ondes	2630	-	2630

Tableau 5.6 : Apports calorifiques dus aux appareils ménagers et de restaurants

Appareils	Gains à admettre (en W)		
	Sens.	Lat.	Total
Machine à écrire	90	-	90
Micro-ordinateur (écran compris)	450	-	450
Mini-ordinateur (les valeurs peuvent varier de 2200 à 6600 W)	4400	-	4400
Imprimante Plus de 5000 lignes/minute	1800	-	1800
300 à 600 lignes/minute	376	-	376
Terminal écran	160	-	160
Machine comptable	105	-	105
Photocopieur 100 cop./h	100	-	100
200 cop./h	200	-	200
500 cop./h	900	-	900
1000 cop./h et plus	1800	-	1800
Machine à tirer des plans			
Vitesse de sortie 40 [m/h]	1000	-	1000
100 [m/h]	1400	-	1400
200 [m/h]	3712	-	3712
400 [m/h]	4640	-	4640
600 [m/h]	6500	-	6500
Rétroprojecteur	400	-	400
Plotter	70	-	70
Projecteur de diapositives	300	-	300
Lecteur de microfilm	520	-	520
Lecteur de microfiches	85	-	85

Tableau 5.7 : Apports calorifiques dus aux machines de bureaux

Appareils	Gains à admettre (en W)		
	Sens.	Lat.	Total
Présentoir (par m3 de volume intérieur)	640	-	640
Caisse enregistreuse	48	-	48
Réfrigérant à eau	1750	-	1750
Sèche cheveux central 5 casques	4483	1197	5680
10 casques	6273	1790	8063
Casque sèche-cheveux	690	120	810
Stérilisateur de pansements, taille : 406x620 mm	2870	2600	5470
508x 914 mm	6960	7170	14130
Stérilisateur 152x205x432mm	805	710	1515
d'instruments, taille : 228x254x508mm	1518	1174	2692
254x305x560mm	2420	1760	4180
254x305x914mm	3048	2810	5858
305x406x620mm	2728	2550	5278
Stérilisateur ustensiles, taille :			
406 x 406 x 620 mm	3167	6096	9263
508 x 508 x 620 mm	3676	7649	11325
Moulin à café	500	140	640
Mixer	1000	277	1277
Fer à repasser	500	280	780
Aspirateur	200	-	200

Tableau 5.8 : Apports calorifiques dus à divers appareils

## 2.4. Gains dus à l'éclairage

2.4.1. Les appareils d'éclairage constituent une source de chaleur sensible.

2.4.2. Si l'on connaît la puissance installée pour l'éclairage, les gains dus à l'éclairage sont donnés par la formule suivante :

$$AI = \sum (W_n \times C_{me} \times C_{cr}) \quad [W] \quad (5.9)$$

où :

- $W_n$  (en W) est la puissance nominale de l'ampoule ou du tube fluorescent ;
- $C_{me}$  est un coefficient de majoration ; il est égal à :
  - 1,2 pour les lampes à incandescence,
  - 1,25 pour les tubes fluorescents ;
- $C_{cr}$  est le pourcentage de chaleur résiduelle correspondant à la part d'énergie restant dans la salle ;  $C_{cr}$  est :
  - égal à 1 pour les installations dont l'éclairage n'est pas raccordé à un système d'extraction d'air,
  - est donné dans le tableau 5.9 quand l'éclairage est raccordé à un système d'extraction d'air.

Débit d'air pour 100 W de puissance de lampe ou de tube (m <sup>3</sup> /h)	20	30	50	100
$C_{cr}$	0,6	0,5	0,4	0,35

Tableau 5.9 : Valeurs de  $C_{cr}$

2.4.3. Si l'on ne connaît pas la puissance installée pour l'éclairage, on calculera les gains dus à l'éclairage en utilisant le tableau 5.10.

Désignation du local ou genre d'activité	Intensité lumineuse recommandée (lux)	Puissance dégagée des lampes ou des tubes (W/m <sup>2</sup> )	
		lampes à incandescence	lampes fluorescentes
Entrepôt, pièces d'habitation, théâtre	120	25	8
Bureaux, salle de cours	250	55	16
Salles de lecture, laboratoires, magasins	500	110	32
Montages fins, ateliers, supermarchés	750	170	50
Dessin industriel, grands bureaux, salles d'opération	1000	-	65
Locaux industriels montages très fins	1500	-	100

Tableau 5.10 : Gains dus à l'éclairage

**Notes pour le tableau 5.10** : Les valeurs de ce tableau ont été obtenues à partir des hypothèses suivantes : rendement moyen d'éclairage = 0,4 ; rendement lumineux égal à 13,8 lm/W pour les lampes à incandescence, et de 48 lm/W pour les tubes fluorescents (le lumen, noté lm, est l'unité du flux lumineux ; le lux, noté lx, est l'unité de l'intensité lumineuse ou éclairement ; 1 lx = 1 lm/m<sup>2</sup>).

Ces valeurs tiennent compte d'une majoration de 20 % pour les lampes à incandescence, et de 25 % pour les tubes fluorescents, et sont données pour un éclairage non raccordé à un système d'extraction d'air.

## 2.5. Gains dus aux appareils à gaz

2.5.1. Les appareils à gaz sont une source de chaleur sensible et latente.

2.5.2. Pour la détermination des apports dus aux appareils à gaz, on utilisera soit les formules 5.10 et 5.11 (cf. § 2.5.3), soit les valeurs du tableau 5.11.

Appareils	Gains à admettre (en W)		
	Sens.	Lat.	Total
Percolateur $W_n = 1000$ W	400	105	505
$W_n = 150$ W	115	30	145
Chauffe-plats (par m <sup>2</sup> de surface)	2685	1420	4105
Friteuse $W_n = 4175$ W	1235	820	2055
$W_n = 7035$ W	2110	1405	3515
Grill $W_n = 10840$ W	4215	1065	5280
Four (par m <sup>2</sup> de surface) $W_n = 4420$ W	1325	1325	2650
Petit bec Bunsen (brûleur D 11 mm)	490	130	620
Gros bec Bunsen (brûleur D 38 mm)	980	270	1250

Tableau 5.11 : Apports calorifiques dus aux appareils à gaz

2.5.3. Les apports sensibles et latents  $AI_s$  et  $AI_l$  dus aux appareils à gaz sont donnés par :

$$AI_s = qv_n \times PC_{sup} \quad [W] \quad (5.10)$$

$$AI_l = qv_n \times m_{vap} \times 2498 \ 103 \quad [W] \quad (5.11)$$

où :

- $qv_n$  (en m<sup>3</sup>/s) est le débit nominal de l'appareil,
- $PC_{sup}$  (en J/m<sup>3</sup>) est le pouvoir calorifique supérieur du combustible ; les valeurs des caractéristiques des principaux combustibles gazeux sont données dans le tableau 5.12 ;
- $m_{vap}$  (en kg/m<sup>3</sup>) est la masse d'eau apportée par la combustion du gaz,
- 2498 103 (en J/kg) est la chaleur latente de condensation de la vapeur d'eau.

Combustible	Gaz naturel Hassi R'Mel	Propane commercial	Butane commercial
Composition des principaux constituants (%)	CH <sub>4</sub> : 85,99 C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> : 9,98 N <sub>2</sub> : 6,15	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> : 97,91 C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> : 1,83	NC <sub>4</sub> H <sub>10</sub> : 61,46 IC <sub>3</sub> H <sub>10</sub> : 37,47
PC <sub>sup</sub> (en KJ/m <sup>3</sup> de gaz )	42 480	98 200	120 000
m <sub>vap</sub> (kg/m <sup>3</sup> de gaz )	1,6	2,8	3,7

Tableau 5.12 : Principales caractéristiques des combustibles gazeux

**Note pour le tableau 5.12 :** On trouvera en annexe 8 les agglomérations qui bénéficient d'une distribution publique de gaz ainsi que le type de combustible les alimentant.

2.5.4. Si les appareils à gaz sont pourvus d'une hotte d'extraction mécanique dimensionnée selon les règles d'usage, on réduira de 50% les apports de chaleur sensibles et latents.

La quantité d'humidité dégagée dans le local visée par la formule 5.11 est celle provenant de la combustion des hydrocarbures contenus dans le combustible. La formule 5.11 ne tient donc pas compte de l'apport latent provenant éventuellement des produits chauffés. On pourra utiliser pour la prise en compte de ces apports les formules relatives aux gains par évaporation (cf. § 2.7).

## 2.6. Gains dus à un réservoir

**2.6.1.** Les réservoirs fermés sont une source de chaleur sensible. S'ils sont ouverts, ils constituent une source de chaleur sensible et latente.

**2.6.2.** Les gains sensibles dus à un réservoir AIs contenant un liquide maintenu à une certaine température sont donnés par la formule suivante :

$$AI_s = (\theta_f - TS_{b,i}) \times \sum \frac{S_i}{\sum_j \frac{e_{ij}}{\lambda_{ij}} + r_{ej}} \quad [W] \quad (5.12)$$

où :

- $\theta_f$  (en °C) est la température du liquide,
- $TS_{b,i}$  (en °C) est la température de base l'air intérieur (cf. chapitre 2, § 2.3) ;
- $S_i$  (en m<sup>2</sup>) est la surface de la paroi considérée en contact avec l'air intérieur ; les surfaces se calculent comme indiqué dans le tableau 5.13 ;
- $e$  (en m) désigne l'épaisseur de la couche de matériau constituant les parois du réservoir,
- $\lambda$  (en W/°C) désigne la conductivité thermique du matériau considéré (voir annexe 2 du DTR C 3-2) ;
- $r_e$  (en m<sup>2</sup>.°C/W) désigne la résistance superficielle extérieure (voir tableau 5.13)
- l'indice  $i$  désigne la paroi, l'indice  $j$  désigne les différentes couches de matériau.

Forme de la paroi	Caractéristiques géométriques de la paroi	Surface $S_i$ (m <sup>2</sup> )	$r_e$ (m <sup>2</sup> .°C/W)
rectangulaire	longueur : a largeur : b	$a \times b$	Flux horizontal : $r_e = 0,12$ Flux descendant : $r_e = 0,17$
circulaire	Rayon intérieur	$\pi \times R_i^2$	Flux ascendant : $r_e = 0,10$
cylindrique	Rayon intérieur : $R_i$ longueur du cylindre : L	$2 \times \pi \times L \times R_i$	$r_e = 0,15$
sphérique	Rayon intérieur : $R_i$	$4 \times \pi \times R_i^2$	
calotte sphérique	Rayon intérieur : $R_i$ hauteur de la calotte : d	$2 \times \pi \times R_i \times d$	

Tableau 5.13 : Détermination des surfaces  $S_i$  et de  $r_e$

Si la différence ( $q_f - TS_{b,i}$ ) est négative, les gains dus aux réservoirs sont considérés comme nuls.

La formule 5.12 ne tient pas compte de la résistance thermique  $r_i$  entre le liquide et le réservoir (échange liquide-réservoir par convection important).

Pour un ballon d'eau chaude sanitaire, on admet que la température de l'eau est de l'ordre de 60°C. Pour d'autres types de réservoirs, il y a lieu de se référer aux indications fixées par les pièces du marché.

**2.6.3.** Lorsque le réservoir est ouvert à l'air libre, il y a lieu de considérer au niveau de la surface libre seulement des gains latents dus à une évaporation libre (cf. § 2.7).

## 2.7. Gains par évaporation

**2.7.1.** L'évaporation est une source de chaleur latente.

**2.7.2.** Les gains latents, en W/m<sup>2</sup> de surface, provenant de l'évaporation d'un plan d'eau (piscines, bassin, plonge de restaurant, etc.) sont donnés par la formule suivante :

$$AI_l = 0,0935 \times [PS_{\text{eau}} - PP_i] \quad [\text{W/m}^2] \quad (5.13)$$

où :

- $PS_{\text{eau}}$  (en Pa) désigne la pression de vapeur saturante (cf. annexe 6) de la couche d'air en contact avec le plan d'eau (et donc à la même température) ;
- $PP_i$  (en Pa) désigne la pression partielle de vapeur d'eau (cf. annexe 6) de l'air ambiant.

La formule 5.13 est fondée sur l'hypothèse que la vitesse de l'air en contact avec le plan d'eau est inférieure à 1 m/s.

**2.7.2.** Le tableau 5.14 donne les gains latents pour différentes températures du bassin d'eau et pour un air ambiant à 24°C/50%HR et à 27°C/50%HR.

Température de l'eau (°C)	24	35	50	65	80	95
Gains latents (W/m <sup>2</sup> ) Air ambiant : 24°C, 50%	140	387	1015	2198	4283	7750
Gains latents (W/m <sup>2</sup> ) Air ambiant : 27°C, 50%	113	360	988	2171	4256	7733

Tableau 5.14 : Gains latents par évaporation

## 2.8. Gains par introduction de vapeur vive

**2.8.1.** L'introduction de vapeur vive est une source de chaleur sensible et latente.

**2.8.2.** Les gains sensibles dus à l'introduction de vapeur vive  $AI_s$  sont donnés par :

$$AI_s = 0,523 \times (\theta_{\text{vap}} - TS_{b,i}) \times qm_{\text{vap}} \quad [\text{W}] \quad (5.14)$$

où :

- 0,523 (en J/kg.°C) est le produit de la chaleur spécifique de la vapeur d'eau (1883 J/kg.°C) par un facteur de conversion (1/3600),
- $\theta_{\text{vap}}$  (en °C) est la température de la vapeur d'eau à l'entrée du local,
- $TS_{b,i}$  (en °C) est la température sèche de l'air du local,
- $qm_{\text{vap}}$  (en kg/h) est le débit massique de vapeur d'eau introduite dans le local.

**2.8.3.** Les gains latents dus à l'introduction de vapeur vive  $AI_1$  sont donnés par :

$$AI_1 = 694 \times qm_{\text{vap}} \quad [W] \quad (5.15)$$

où :

- 694 (en J/kg) est le produit de la chaleur latente de condensation de la vapeur d'eau ( $2498 \cdot 10^3$  J/kg) par un facteur de conversion (1/3600),
- $qm_{\text{vap}}$  (en kg/h) est le débit massique de vapeur d'eau introduite dans le local.

## 2.9. Apports par les tuyauteries

**2.9.1.** Les tuyauteries sont une source de chaleur sensible.

**2.9.2.** L'apport calorifique par les tuyauteries  $AI_s$  est donné par la relation suivante :

$$AI_s = k \times \ell \quad [W] \quad (5.16)$$

où :

- $\ell$  (en m) désigne la longueur totale de tuyauterie mesurée à l'intérieur du local climatisé,
- $k$  (en W/m) est le coefficient linéique d'émission de la tuyauterie ;  $k$  est donné par les tableaux 5.15 à 5.17 en fonction du type de tuyauteries.

Diam. ext. (mm)	Ecart entre la température du fluide transporté (eau ou vapeur) et celle de l'ambiance (°C)						
	30	40	50	60	70	89	127
21,3	22,7	32,1	42,3	53,5	65,4	91,4	146,9
26,9	30,7	43,8	56,8	71,4	85	117,5	188
33,7	35,0	49,7	65,7	82,6	100,9	140,8	228,6
42,4	44,5	61,5	81,2	101,1	123,6	174,3	282,8
48,3	48,7	68,8	90,9	114,6	140,5	195	317,5
60,3	59,1	83,7	110,4	137,9	170,3	228	370,4

Tableau 5.15 : Coefficient linéique  $k$  des tuyauteries en acier non calorifugées (W/m)

Diam. ext. (mm)	Ecart entre la température du fluide transporté (eau ou vapeur) et celle de l'ambiance (°C)						
	20	30	45	60	75	95	110
10	4,9	8,2	12,4	18,7	24,6	33,5	41,0
12	5,8	9,4	15,3	22,5	30,0	40,1	48,7
14	6,4	10,0	16,8	23,9	32,4	43,0	53,1
16	6,8	10,6	18,2	26,3	34,7	45,9	57,4
18	7,4	11,6	19,1	26,6	37,0	49,4	61,3
20	8,0	12,5	20,1	29,9	39,3	52,8	65,0
22	8,8	14,2	22,5	33,3	44,1	58,6	72,3
28	9,5	15,7	24,9	36,5	48,7	64,3	79,5

Tableau 5.16 : Coefficient linéique  $k$  des tuyauteries en cuivre non calorifugées (W/m)

Diam. ext. (mm)	Epaisseur du calorifuge (cm)	Ecart entre la température de l'eau ou de la vapeur et celle de l'ambiance (°C)				
		25	50	75	100	125
21,3	2	5,8	12,4	18,9	26,6	34,5
	3	5,2	10,7	16,9	23,8	31,6
	4	4,6	9,5	15,2	20,8	27,8
26,9	2	6,8	14,0	22,9	31,2	41,1
	3	5,8	12,6	19,6	26,6	34,6
	4	5,2	10,7	17,4	23,4	31,6
33,7	2	8,0	16,5	26,1	36,3	46,4
	3	6,7	14,3	22,5	31,9	40,5
	4	5,8	12,4	18,9	26,1	33,9
42,4	2	9,2	19,4	30,2	41,5	54,5
	3	7,7	16,6	24,6	34,8	45,4
	4	6,5	13,3	20,8	29,0	37,4
48,3	2	10,4	21,5	34,1	47,3	61,7
	3	8,5	17,4	27,3	38,2	49,7
	4	6,8	14,0	23,2	31,9	41,1
60,3	2	12,3	25,9	40,3	56,6	72,9
	3	9,5	20,1	31,6	44,0	56,8
	4	7,2	14,5	23,9	32,4	42,3

Tableau 5.17 : Coefficient linéique  $k$  des tuyauteries calorifugées (W/m)

**Note pour le tableau 5.17 :** Les valeurs du tableau 5.17 sont données pour un calorifuge dont la conductivité thermique est égale à 0,05 W/m.°C. Dans le cas où la conductivité thermique  $\lambda$  du calorifuge utilisé est différente, on multipliera les valeurs du tableau 5.17 par le rapport  $\lambda / 0,05$ .



## 2.10. Apports par les conduits d'air

**2.10.1.** Les conduits d'air sont une source de chaleur sensible. Les apports  $AI_s$  par les conduits d'air sont donnés par :

$$AI_s = k \times l \times [\theta_{a,c} - TS_{b,i}] \quad [W] \quad (5.17)$$

où :

- $l$  (en m) désigne la longueur totale du conduit mesurée à l'intérieur du local climatisé,
- $\theta_{a,c}$  (en °C) est la température moyenne de l'air circulant dans le conduit,
- $TS_{b,i}$  (en °C) est la température sèche de l'air du local climatisé,
- $k$  (en W/m.°C) est le coefficient linéique de transmission thermique du conduit d'air calculé selon la forme du conduit (cf. § 2.10.2 pour les conduits de forme rectangulaire, cf. § 2.10.3 pour les conduits de forme circulaire).

**2.10.2.** Le coefficient linéique  $k$  d'un conduit d'air rectangulaire est donné par :

$$k = a \times (K_1 + K_2) + b \times (K_2 + K_4) \quad [W/m.°C] \quad (5.18)$$

où :

- les coefficients  $K$  (en W/m<sup>2</sup>.°C) sont les coefficients de transmission thermique des parois du conduit d'air (voir figure 5.2) ; les coefficients  $K$  se calculent conformément aux indications données dans le chapitre 3 en prenant pour valeurs des résistances superficielles celles définies en 2.10.4 ;
- $a$  et  $b$  (en m) sont les dimensions des parois du conduit d'air (voir figure 5.2).

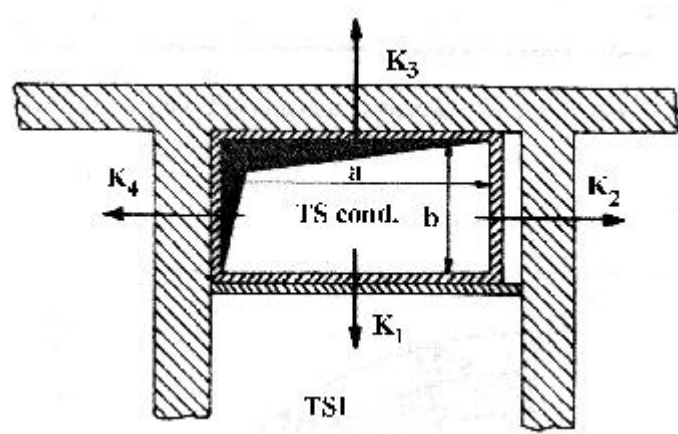


Figure 5.2. : Calcul du coefficient linéique d'un conduit à section rectangulaire

**2.10.3.** Le coefficient linéique de transmission thermique  $k$  d'un conduit d'air circulaire est donné par :

$$k = \frac{\pi}{\frac{r_i}{D_i} + \frac{\ln \frac{D_1}{D_i}}{2 \times \lambda_1} + \frac{\ln \frac{D_2}{D_1}}{2 \times \lambda_2} + \dots + \frac{\ln \frac{D_{n-1}}{D_{n-1}}}{2 \times \lambda_n} + \frac{r_e}{D_e}}$$