

## CHAPITRE 3

# LE CALCUL DE L'ÉMISSION CALORIFIQUE ET DES PARAMÈTRES THERMIQUES DE L'INSTALLATION



### 3.1 LES COEFFICIENTS D'ÉMISSION CALORIFIQUE

#### ET LES FACTEURS D'ÉMISSION HAUTE ET BASSE

■ Le coefficient d'émission calorifique linéique désigné par  $phb$  en  $W/(m.K)$  caractérise l'échange de chaleur entre les tubes et l'ambiance intérieure. Il est déterminé en fonction des caractéristiques thermiques du plancher et du pas de la grille.

La connaissance du coefficient d'émission calorifique est indispensable pour l'utilisation des tables de dimensionnement des grilles (paragraphe 5.2).

Le coefficient d'émission calorifique global  $phb$  est égal à la somme du coefficient d'émission linéique vers le haut  $ph$  et du coefficient d'émission linéique vers le bas  $pb$ .



**Ils sont considérés comme indépendants de la température.**

■ Le facteur d'émission haute  $\alpha_h$  et le facteur d'émission basse  $\alpha_b$  définissent les proportions de chaleur qui se dégagent respectivement vers le haut et vers le bas.

■ La méthode de calcul complète des coefficients d'émission linéique et des facteurs d'émission (1) est relativement compliquée, aussi trouvera-t-on ci-après une méthode simplifiée applicable dans la majorité des cas courants. Elle est fondée sur les hypothèses suivantes :

- le coefficient de conductivité du béton d'enrobage des tubes est fixé à 1,5 W/(m.K) ;
- le tube chauffant est constitué par du tube de cuivre de diamètre 14 x 0,8 mm ;
- l'épaisseur équivalente inférieure (voir ci-dessous) a trois valeurs possibles : 0,5 - 1 - 1,5 m<sup>2</sup> K/W ;
- cinq pas uniformes possibles ont été retenus pour la grille chauffante : 300 - 250 - 200 - 150 et 100 mm

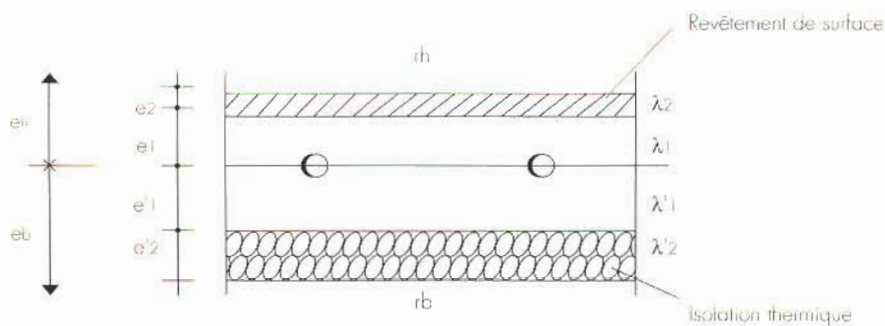


**Pour les cas particuliers nécessitant des calculs ne relevant pas de cette approche, l'utilisation du logiciel est probablement la meilleure des solutions pratiques.**

■ Il faut commencer par identifier correctement les couches de matériaux constitutives du plancher en distinguant celles situées au-dessus de l'axe des tubes de celles situées au-dessous (fig. 3).

Chacune des couches est caractérisée par son épaisseur  $e$  exprimée en m et par son coefficient de conductivité thermique  $\lambda$  exprimé en W/(m.K).

Figure 3



On calcule alors successivement :

- **L'épaisseur équivalente supérieure  $e_h$**

$$e_h = \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \dots + r_h$$

$r_h$  est le coefficient de résistance superficielle supérieure (en m<sup>2</sup> K/W) défini ci-après.

(1) voir références bibliographiques en fin d'ouvrage.

- *L'épaisseur équivalente inférieure eb*

$$e_b = \frac{e'1}{\lambda'1} + \frac{e'2}{\lambda'2} + \dots + r_b$$

$r_b$  est le coefficient de résistance superficielle inférieure (en  $m^2 K/W$ ) défini ci-dessous.

- *L'épaisseur équivalente e du plancher*

$$e = e_h + e_b$$

- *Le facteur d'émission haute  $\alpha_h$*

$$\alpha_h = \frac{e_b}{e}$$

- *Le facteur d'émission basse  $\alpha_b$*

$$\alpha_b = \frac{e_h}{e}$$

Lorsque  $\alpha_h$  est compris entre 1/3 et 1 (cas général), le coefficient  $r_h$  est égal à 0,08  $m^2 K/W$ .

Lorsque  $\alpha_b$  est plus petit que 0,25 (cas général), le coefficient  $r_b$  est égal à 0,20  $m^2 K/W$ .

■ Si l'épaisseur équivalente inférieure  $e_b$  est proche de l'une des trois valeurs retenues par hypothèse de 0,5 - 1 - 1,5  $m^2 K/W$ , celle-ci peut alors être utilisée pour déterminer, **par lecture directe** sur l'un des trois diagrammes représentés en figures 4, 5 et 6, le coefficient d'émission linéique global  $\rho_{hb}$  en fonction du pas et de l'épaisseur équivalente supérieure  $e_h$ .

EXEMPLE

$e_b = 0.95$  donc peu différent de 1, pas = 0.20 m,  $e_h = 0.2$

Le diagramme 5 donne directement la valeur de  $\rho_{hb}$  soit 1.15  $W/(m.K)$

■ Si l'épaisseur équivalente inférieure  $e_b$  est intermédiaire entre deux des trois valeurs retenues, on peut déterminer le coefficient d'émission linéique  $\rho_{hb}$  pour chacune des deux valeurs «encadrantes» de  $e_b$  et procéder par interpolation pour obtenir la valeur recherchée du coefficient  $\rho_{hb}$ .

EXEMPLE

$e_b = 1.2$  donc intermédiaire entre 1 et 1.5 : on procède cette fois par interpolation

$\rho_{hb} = 1.15$  pour  $e_b = 1$  (diagramme 5)

$\rho_{hb} = 1.10$  pour  $e_b = 1.5$  (diagramme 6)

$\Delta\rho_{hb} = 1.15 - 1.10 = 0.05$

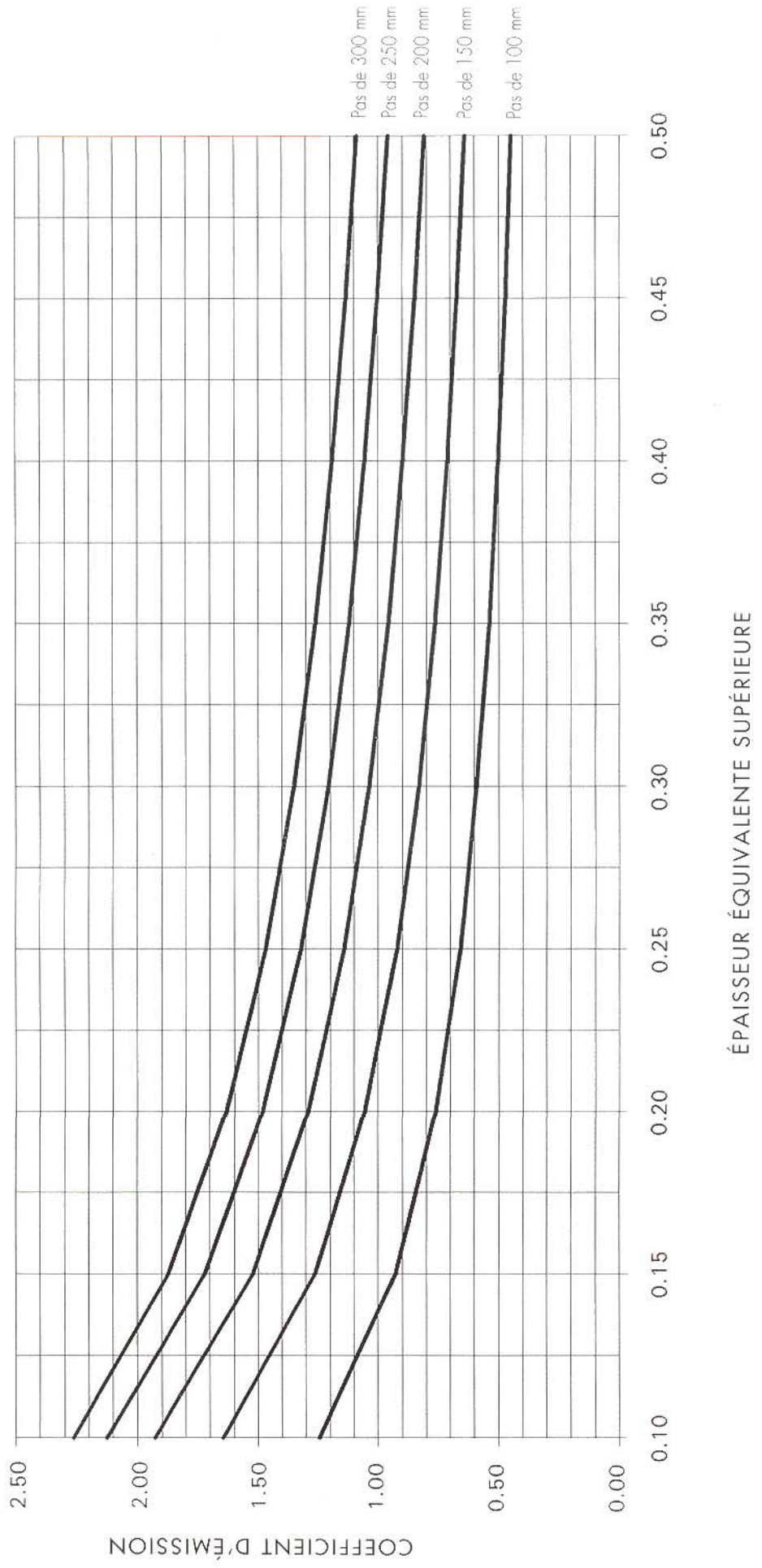
$\rho_{hb} = 1.15 - ((1.2 - 1)/(1.5 - 1)) \times 0.05 = 1.13 \text{ W/(m.K)}$

■ Si l'épaisseur équivalente inférieure  $e_b$  est nettement inférieure à 0,5 ou nettement supérieure à 1,5, il est préférable d'utiliser le logiciel pour obtenir des résultats satisfaisants.

# COEFFICIENT D'ÉMISSION LINÉIQUE GLOBAL $\rho_{hb}$

Cas n° 1 : Epaisseur équivalente inférieure égale à 0,5

Figure 4



# COEFFICIENT D'ÉMISSION LINÉIQUE GLOBAL $\rho_{hb}$

Cas n° 2 : Epaisseur équivalente inférieure égale à 1

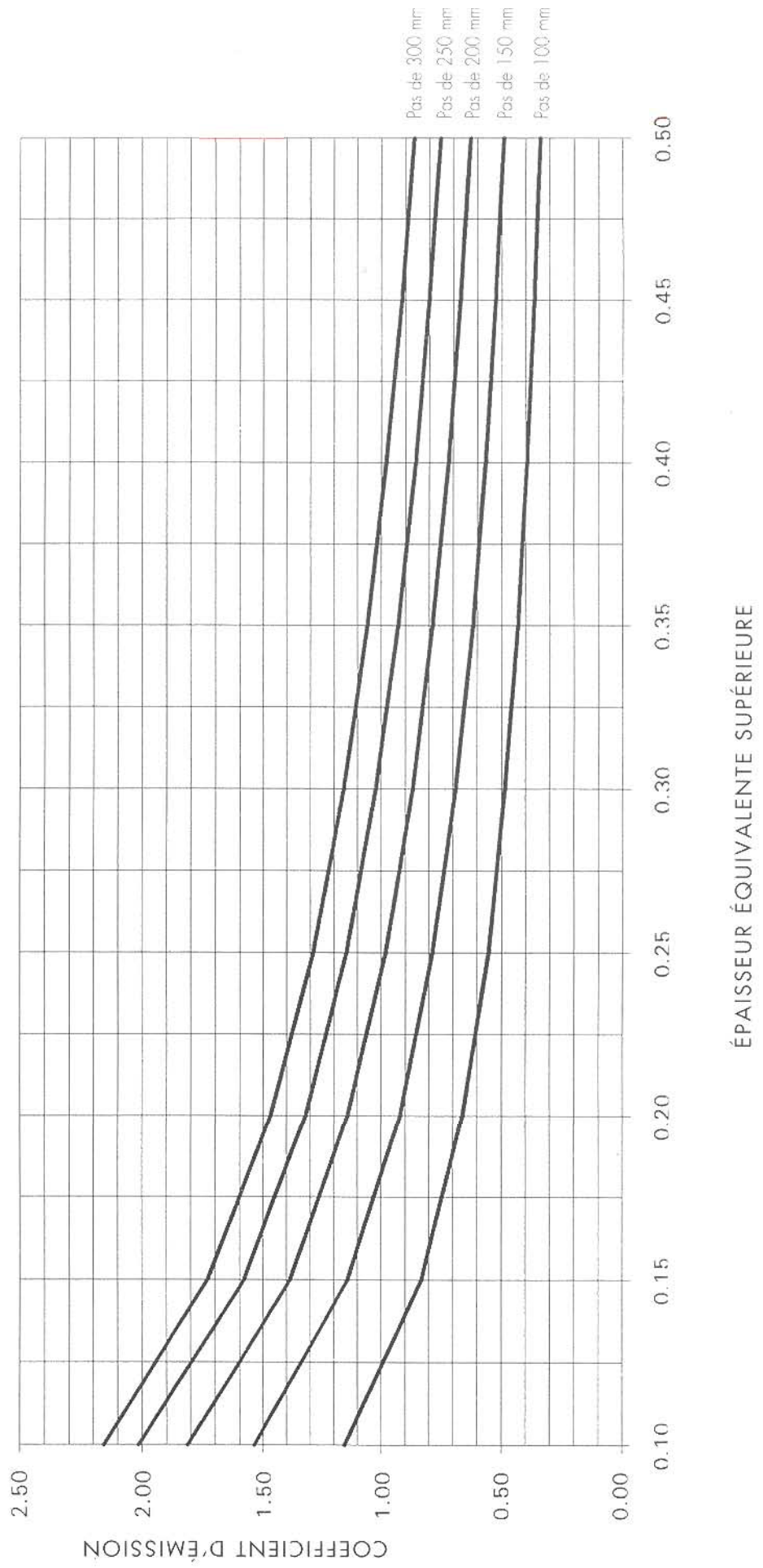
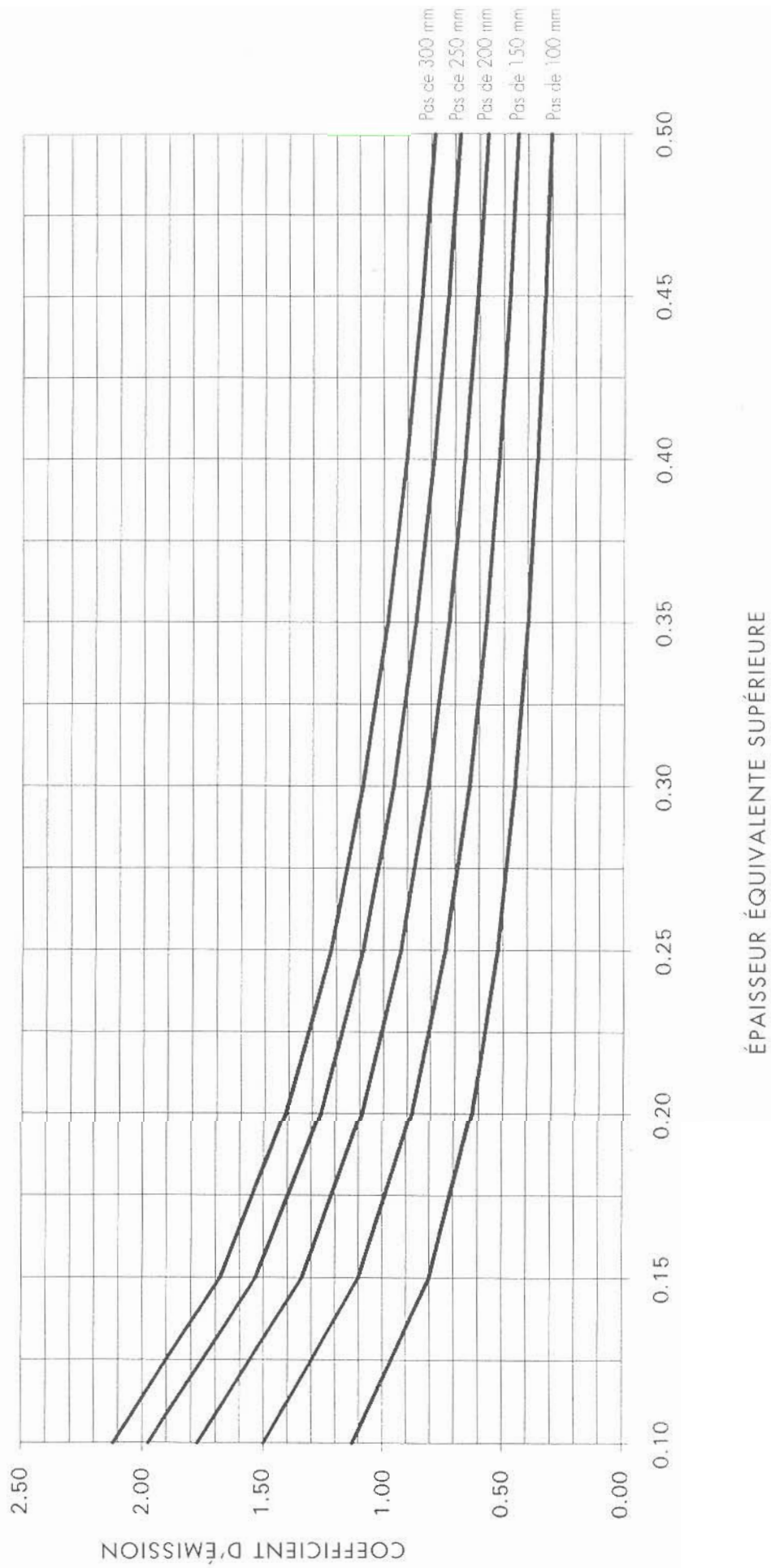


Figure 5

# COEFFICIENT D'ÉMISSION LINÉIQUE GLOBAL $\rho_{hb}$

Cas n° 3 : Epaisseur équivalente inférieure égale à 1,5

Figure 6



### 3.2 CALCUL DE L'ÉMISSION CALORIFIQUE GLOBALE NÉCESSAIRE

L'émission calorifique globale  $Q_{hb}$  nécessaire à l'installation est égale à la somme de l'émission haute  $Q_h$  utilisée pour chauffer le local qui est égale aux déperditions  $D_t$  et de l'émission basse  $Q_b$  qui est une perte pour le local considéré.

L'émission globale  $Q_{hb}$  nécessaire pour assurer le chauffage du local en fonction des déperditions totales  $D_t$  est ainsi donnée par la formule :

$$Q_{hb} = \frac{D_t}{\alpha h} \quad (\text{en watt})$$

En toute rigueur, cette formule n'est valable que lorsque la température d'ambiance est la même de part et d'autre du plancher. Dans le cas contraire, elle reste valable mais il faut utiliser la température d'ambiance équivalente  $t_{eq}$  et calculer les déperditions calorifiques par le plancher comme si celui-ci n'était pas chauffant (§ 3.4).

### 3.3 CALCUL DE LA TEMPÉRATURE MAXIMALE DE L'EAU

#### À L'ENTRÉE DE LA GRILLE $T_0$

L'arrêté interministériel du 23 juin 1978, dans son article 35, titre III, fixe à 28 °C la température superficielle de sol maximale admissible en tout point d'un plancher chauffant. Cette limitation entraîne celle de la température de l'eau à l'entrée des grilles.

Comme, par définition, la température superficielle de sol est la plus élevée à l'aplomb du tube chauffant à l'entrée dans le local considéré, on peut établir, pour chaque pièce, la température maximale admissible de l'eau  $T_0$  qui résulte de l'épaisseur équivalente supérieure et qui est donnée au tableau 2. Cette température  $T_0$  est fonction de la température ambiante ; les calculs ont été faits pour une température intérieure égale à 19 °C.

Tableau 2

TEMPÉRATURE MAXIMALE DE L'EAU À L'ENTRÉE DES GRILLES																					
eh	0,122	0,133	0,145	0,156	0,167	0,178	0,189	0,200	0,211	0,222	0,233	0,244	0,256	0,267	0,278	0,289	0,300	0,311	0,322	0,335	0,344
$T_0$	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50

L'incertitude due à la méthode de calcul de la température superficielle du sol est assez importante, ce qui justifie un choix de  $T_0$  éventuellement supérieur de 1 à 2 °C à la température lue dans le tableau.

**Le choix d'une valeur de  $T_o$  doit satisfaire à deux contraintes essentielles :**

- 1°) Être égale à la valeur limite supérieure qui permette de respecter la valeur maximale de la température superficielle de sol de 28 °C. C'est la pièce qui a l'épaisseur équivalente supérieure et la plus faible qui détermine cette valeur.
- 2°) Avoir une valeur suffisante pour permettre le chauffage à la température de confort souhaitée du local le plus défavorisé, c'est-à-dire celui dont la charge calorifique est la plus élevée.



**Si ces deux contraintes ne sont pas compatibles, il faut impérativement respecter la première et trouver pour le local défavorisé un complément de chauffage pour obtenir la température intérieure souhaitée.**

Un moyen rapide de savoir s'il est possible de chauffer le local défavorisé uniquement par le plancher est de s'assurer que la charge calorifique est égale ou inférieure à la charge calorifique maximale envisageable.

Celle-ci est liée à la **température maximale superficielle de sol de 28 °C** et est fonction des températures d'ambiance à l'intérieur des locaux chauffés comme défini au tableau 3 :

Tableau 3

CHARGE CALORIFIQUE MAXIMALE ADMISSIBLE	
TEMPÉRATURE D'AMBIANCE	CHARGE CALORIFIQUE MAXIMALE ADMISSIBLE
18 °C	125 W/m <sup>2</sup>
19 °C	112 W/m <sup>2</sup>
20 °C	100 W/m <sup>2</sup>
21 °C	87 W/m <sup>2</sup>
22 °C	75 W/m <sup>2</sup>

Si la charge calorifique d'un local dépasse la valeur maximale admissible, il faut nécessairement envisager l'installation d'un **chauffage complémentaire**.

Cela peut être un radiateur à eau chaude directement raccordé sur la grille chauffante ou le circuit correspondant. Un radiateur électrique à faible temps de réponse est une solution bien adaptée au cas des salles de bains à occupation intermittente.

Dans le cas d'un local dont la charge calorifique est nettement plus élevée que celle des autres locaux à chauffer, sans cependant dépasser la valeur maximale admissible, on a généralement intérêt à envisager également un chauffage complémentaire afin de pouvoir choisir une température d'eau plus faible à l'entrée des grilles.



**En effet, choisir une température d'eau relativement élevée uniquement pour satisfaire les besoins calorifiques d'un seul local pénalise l'ensemble de l'installation et peut entraîner pour les locaux à faible charge une réduction sensible des surfaces actives, ce qui est contraire à l'objectif recherché.**

### 3.4 CALCUL DE L'ÉCART DE TEMPÉRATURE EAU/AMBIANCE INTÉRIEURE

#### À L'ENTRÉE DE LA GRILLE

L'usage des tables de dimensionnement fait appel à l'écart  $\Delta T_o$  de température entre l'eau à l'entrée des grilles et la température intérieure du local.

Dans un certain nombre de cas, la température d'ambiance n'est pas la même de part et d'autre du plancher.

Plutôt que de faire tous les calculs en tenant compte de la température d'ambiance supérieure et de la température d'ambiance inférieure, on peut substituer à ces deux valeurs une température unique dite température d'ambiance équivalente ( $t_{eq}$ ).

On a alors :

$$\Delta T_o = T_o - t_{eq}$$

On obtient  $t_{eq}$  à l'aide de la formule suivante :

$$t_{eq} = \alpha_h \times t_h + \alpha_b \times t_b$$

formule dans laquelle  $t_h$  et  $t_b$  sont les températures d'ambiance supérieure et inférieure de part et d'autre du plancher chauffant.

Pour obtenir la valeur de  $t_b$ , il faut distinguer plusieurs cas :

- cas des planchers sur sous-sol :  $t_b$  est égal à la température estimée du sous-sol ;
- cas des planchers sur terre-plein :  $t_b$  est égal approximativement à la température extérieure de base majorée de 10 °C ;
- cas d'un vide sanitaire : lorsque le vide sanitaire est bien ventilé, on prend  $t_b$  égal à la température extérieure de base. Si le vide sanitaire est peu ventilé, on ajoutera quelques degrés à la température extérieure de base.

**Cette façon de procéder implique que l'on calcule les déperditions calorifiques du local chauffé, y compris par le plancher comme si celui-ci n'était pas chauffant.**