

CHAPITRE 5

LE DIMENSIONNEMENT DE L'INSTALLATION



5.1 MÉTHODOLOGIE

Les paramètres thermiques et hydrauliques de l'installation ayant été définis, on va procéder à la détermination des débits à l'aide des tables de dimensionnement se trouvant en annexe.

Tous les calculs s'effectuent en commençant pour chaque pièce par le pas le plus grand. Il n'y a pas de règle fondamentale en ce qui concerne le choix de la pièce par laquelle on commence les calculs, dès lors que l'on a choisi préalablement la température T_0 à l'entrée de la grille.

Dès que l'on fixe a priori une grandeur de pas, on détermine du même coup la longueur de grille correspondante (tableau 4). La démarche consiste alors à calculer le débit résultant à l'aide des tables de dimensionnement en s'assurant que le débit est compris dans les limites qui ont été déterminées au paragraphe 4.2.

Le dimensionnement de l'installation consiste ainsi à définir en même temps le binôme débit/longueur en partant du pas de 300 mm.

Si cette grandeur de pas conduit à des résultats non satisfaisants en matière de débit et de vitesse de l'eau, on sera amené, conformément à l'organigramme représenté en figure 8, à choisir suivant les cas l'une des solutions suivantes :

- refaire le calcul en prenant le pas immédiatement inférieur et ainsi de suite ;
- modifier les pertes de charge maximales ΔP_{max} prises comme hypothèse ;
- prévoir pour la même pièce deux ou plusieurs grilles séparées, ce qui permet de diminuer les pertes de charge.

Dans les cas extrêmes où ces solutions n'aboutiraient pas à équilibrer le bilan, on sera amené :

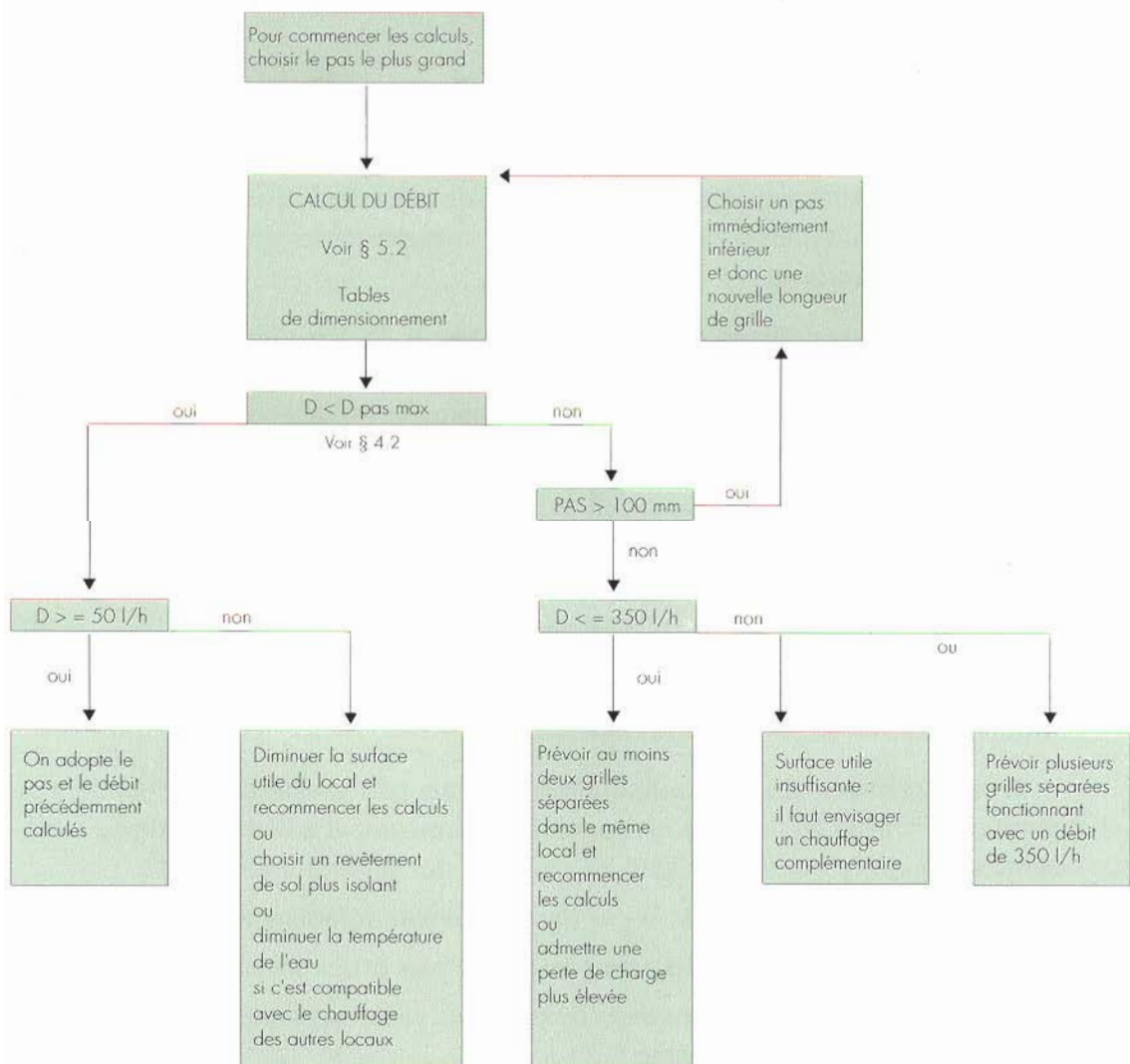
- soit à prévoir un chauffage complémentaire en cas d'insuffisance de chauffage ; c'est le cas lorsque la charge calorifique du local est supérieure à la valeur limite admise (tableau 3) ;

- soit à diminuer la surface active dans le cas où il est impossible d'équilibrer le bilan par le débit sans tomber en deçà de la valeur minimale.

La température maximale de l'eau à l'entrée des grilles étant déterminée par la pièce dont l'épaisseur équivalente haute eh est la plus faible (§ 3.3), cette température, majorée de la chute éventuelle de température dans la longueur de tube de raccordement au collecteur (§ 5.4), fixe du même coup la température de l'eau à prendre en compte pour le calcul des autres locaux.

Figure 8

ORGANIGRAMME DE CALCUL D'UNE GRILLE CHAUFFANTE



5.2 USAGE DES TABLES DE DIMENSIONNEMENT

■ Les tables de dimensionnement en annexe donnent les longueurs de grilles **de base**, l'émission calorifique **de base** et le débit pour un ρ_{HB} **de référence** égal à 1 W/(m.K) et un ΔT_o **de référence** de 10 °C.

On obtient, pour une émission calorifique de base donnée et une longueur de base donnée, le débit correspondant. Inversement, la table permet de trouver une émission calorifique à partir d'un débit et d'une longueur.

Pour entrer dans le tableau, il faut calculer l'émission calorifique de base et la longueur de base à l'aide des deux formules suivantes :

$$\text{ÉMISSION DE BASE} = \text{ÉMISSION RÉELLE NÉCESSAIRE} \times \frac{10}{\Delta T_o} \quad (\text{en watt})$$

$$\text{LONGUEUR DE BASE} = \text{LONGUEUR RÉELLE} \times \rho_{HB} \quad (\text{en m})$$

EXEMPLE

Emission réelle = 1 186 W, longueur réelle = 49 m, $\rho_{HB} = 1.2$ W/(m.K)

$T_o = 42$ °C, $t_{eq} = 19$ °C

$\Delta T_o = 42 - 19 = 23$ °C

Emission de base = 1 186 x (10/23) = 516 W

Longueur de base = 49 x 1,2 = 58,8 m

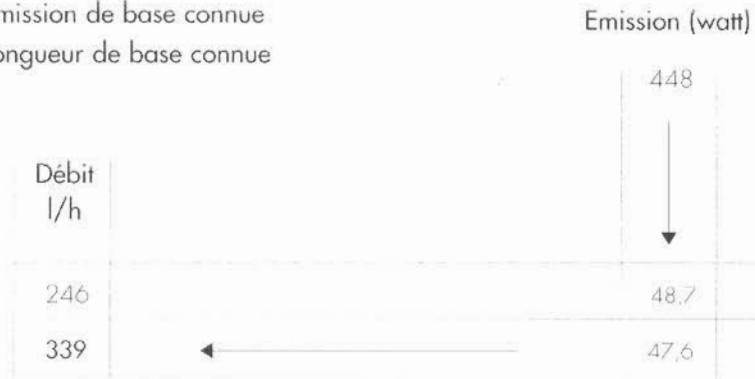
Dans la colonne d'émission de base correspondant à 516 W, on trouve, pour une longueur de base égale à 58,6 m, un débit de 194 l/h.

■ Dans le cas général, on recherche le débit en fonction d'une longueur et d'une émission. Si la longueur de base de tube chauffant est intermédiaire entre deux valeurs successives lues dans la colonne de l'émission de base, on choisit le débit correspondant à la ligne la plus proche de la longueur de base (fig. 9).

■ Dans certains cas particuliers, on est amené à rechercher une émission à partir du débit et de la longueur : c'est le cas notamment du raccordement des grilles au collecteur (§ 5.4). Si la longueur de base de tube chauffant est intermédiaire entre deux valeurs successives lues dans la ligne du débit, on choisit l'émission de base correspondant à la colonne la plus proche de la longueur de base (fig. 10).

Figure 9

- Emission de base connue
- Longueur de base connue



- Emission de base = 448 W
- Longueur de base = 48 m
- Le débit choisi est égal à 339 l/h

Figure 10

- Débit connu
- Longueur de base connue



- Débit = 246 l/h
- Longueur de base = 48 m
- L'émission de base correspondante est égale à 448 W

5.3 APPLICATION PRATIQUE

Cas d'un rez-de-chaussée sur sous-sol

$t_h = 19\text{ °C}$, $t_b = + 8\text{ °C}$
 Surface utile = 20 m^2
 $\Delta P_{\max} = 2\,500\text{ daPa}$

Calculs préliminaires

Déperditions (y compris celles par le plancher) : 1 576 W

Calcul des coefficients d'émission calorifique :

$e_b = 0,9\text{ m}^2\text{ K/W}$ $e_h = 0,2\text{ m}^2\text{ K/W}$ $e = 1,1\text{ m}^2\text{ K/W}$ $\alpha_h = 0,818$

Pas (mm)	$\rho_{hb}\text{ W/(m.K)}$	Les coefficients d'émission linéiques ont été légèrement augmentés par rapport aux valeurs lues sur le diagramme 5 pour tenir compte d'un $e_b = 0,9$ et non $e_b = 1$.
300	1,49	
250	1,34	
200	1,16	
150	0,94	
100	0,67	

Calcul de la charge calorifique :

Charge = $1\,576/20 = 78,8\text{ W/m}^2$
 Cette valeur est plus faible que la charge maximale admissible (112 W/m^2 d'après tableau 3).

Calcul de l'émission globale nécessaire :

$Q_{hb} = 1\,576/0,818 \# 1\,927\text{ W}$

Calcul de la température maximale de l'eau T_o à l'entrée des grilles :

$e_h = 0,2 \Rightarrow T_o = 37\text{ °C}$ (d'après tableau 2)
 On adopte une température maximale de l'eau égale à 37 °C .

Calcul de la température équivalente et de l'écart de température ΔT_o :

$t_{eq} = (0,818 \times 19) + (0,182 \times 8) \# 17\text{ °C}$
 $\Delta T_o = 37\text{ °C} - 17\text{ °C} = 20\text{ °C}$

Calcul des longueurs maximales de tube en fonction du pas :

Les longueurs supplémentaires dues à l'arrondi des épingles ont été négligées.

Pas 300	L 300	=	$20 \times 3,33$	=	66,66 m	
Pas 250	L 250	=	$20 \times 4,00$	=	80,00 m	
Pas 200	L 200	=	$20 \times 5,00$	=	100,00 m	
Pas 150	L 150	=	$20 \times 6,66$	=	133,33 m	
Pas 100	L 100	=	$20 \times 10,00$	=	200,00 m	(d'après tableau 4)

Calcul de la perte de charge unitaire maximale et du débit maximal en fonction du pas :

$J_{300\max} = 2\,500 / (1,1 \times 66,66) = 34,0\text{ daPa/m} \Rightarrow D_{300\max} = 230\text{ l/h}$
 $J_{250\max} = 2\,500 / (1,1 \times 80,00) = 28,4\text{ daPa/m} \Rightarrow D_{250\max} = 207\text{ l/h}$
 $J_{200\max} = 2\,500 / (1,1 \times 100,00) = 22,7\text{ daPa/m} \Rightarrow D_{200\max} = 182\text{ l/h}$
 $J_{150\max} = 2\,500 / (1,1 \times 133,33) = 17,0\text{ daPa/m} \Rightarrow D_{150\max} = 154\text{ l/h}$
 $J_{100\max} = 2\,500 / (1,1 \times 200,00) = 11,4\text{ daPa/m} \Rightarrow D_{100\max} = 122\text{ l/h}$

(d'après tableau 6)

Calcul de la grille

Emission base = $1\,927 \times (10/20) = 963\text{ W}$

1er essai : PAS 300

Longueur base = $66,66 \times 1,49 = 99,3\text{ m}$

Débit nécessaire > 350 l/h (selon table de dimensionnement)

2ème essai : PAS 250

Longueur base = $80 \times 1,34 = 107,2\text{ m}$

Débit nécessaire > 350 l/h (selon table de dimensionnement)

3ème essai : PAS 200

Longueur base = $100 \times 1,16 = 116\text{ m}$

Débit nécessaire = 266 l/h

Débit **supérieur** au débit **maximal égal** à 182 l/h

4ème essai : PAS 150

Longueur base = $133,33 \times 0,94 = 125,33\text{ m}$

Débit nécessaire = 197 l/h

Débit **supérieur** au débit **maximal égal** à 154 l/h

5ème essai : PAS 100

Longueur base : $200 \times 0,67 = 134\text{ m}$

Débit nécessaire = 175 l/h

Débit **supérieur** au débit **maximal égal** à 122 l/h

A ce stade du calcul, on a le choix entre augmenter la hauteur de charge maximale disponible (ΔP_{\max}) ou installer deux grilles séparées.



On décide ici d'installer deux grilles séparées de puissance égale.

Nouvelle émission globale unitaire = $1\,927/2 = 963,5$

Nouvelle émission de base = $963,5 \times (10/20) = 482\text{ W}$

Nouvelles valeurs du débit maximal :

J300max = 68,0 daPa \Rightarrow D300max = 342 l/h

J250max = 56,8 daPa \Rightarrow D250max = 307 l/h

J200max = 45,4 daPa \Rightarrow D200max = 272 l/h

J150max = 34,0 daPa \Rightarrow D150max = 230 l/h

J100max = 22,7 daPa \Rightarrow D100max = 182 l/h

1er essai : PAS 300

Longueur base = 49,65 m

Débit nécessaire > 350 l/h (selon table de dimensionnement)

2ème essai : PAS 250

Longueur base = 53,60 m

Débit nécessaire = 194 l/h (selon table de dimensionnement)

Débit inférieur au débit maximal égal à 307 l/h

Cette solution est donc acceptable. La longueur de grille correspondante est de : $53,6/1,34 = 40\text{ m}$.

EN CONCLUSION

On installera deux grilles de 40 mètres chacune, avec un pas égal à 250 mm et un débit unitaire égal à 194 l/h

PUISSANCE CALORIFIQUE DE CHAQUE GRILLE : environ **963 W**

PERTE DE CHARGE UNITAIRE # **25,3 daPa/m** (tableau 6).

Chaque grille aura donc une perte de charge totale voisine de :

$$40 \times 25,3 \text{ \# } \mathbf{1\ 012\ daPa.}$$

5.4 RACCORDEMENT DES GRILLES AUX COLLECTEURS

Deux difficultés trouvent leur origine dans le raccordement des grilles aux collecteurs :

1°) Il y a une chute de température entre le collecteur de départ et l'entrée de la grille. Cette chute de température peut être suffisamment importante pour entraîner une diminution significative de l'émission calorifique de la grille si l'on ne procède pas à un calcul correctif (fig. 11).

Si tel est bien le cas, il faut calculer la grille comme indiqué précédemment, puis déterminer la chute de température dans la tuyauterie de raccordement, donc la nouvelle température de l'eau à l'entrée de la grille et, si nécessaire, redimensionner cette dernière en conséquence.

EXEMPLE

Longueur de tube = 10 mètres

Débit = 200 l/h

To collecteur de départ = 40 °C, $t_h = t_b = 19$ °C, $T_o = 40 - 19 = 21$ °C

Coefficient d'émission $\phi_{hb} = 1.2$ W/(m.K)

Longueur de base = $10 \times 1.2 = 12$ m

Emission calorifique de base (d'après table de dimensionnement) = 118 W

Emission réelle : $118 \times (21/10) \text{ \# } 248$ W

$$\text{Chute de température } C = \frac{Q \text{ hb}}{1,163 D} = \frac{248}{200 \times 1.163} \text{ \# } \mathbf{1,1\ ^\circ C}$$

$$\text{Température à l'entrée de la grille} = 40 - 1,1 = \mathbf{38,9\ ^\circ C}$$

2°) A l'aller comme au retour, entre la grille et le collecteur, l'émission calorifique du tube peut :

■ soit participer à la surchauffe éventuelle d'un local dans le cas où le tube passe par exemple dans un couloir non déperditif. Il faudra alors s'assurer que cette surchauffe soit acceptable et, dans le cas contraire, diminuer l'émission du tube en disposant, par exemple, un élément isolant au-dessus du tube ou en gainant le tube ;

■ soit participer directement au chauffage du local dans lequel il passe, auquel cas l'émission calorifique du tube est à soustraire des déperditions du local avant de dimensionner la grille chauffante correspondante.

Ces différents cas sont représentés à la figure 12.

Figure 11

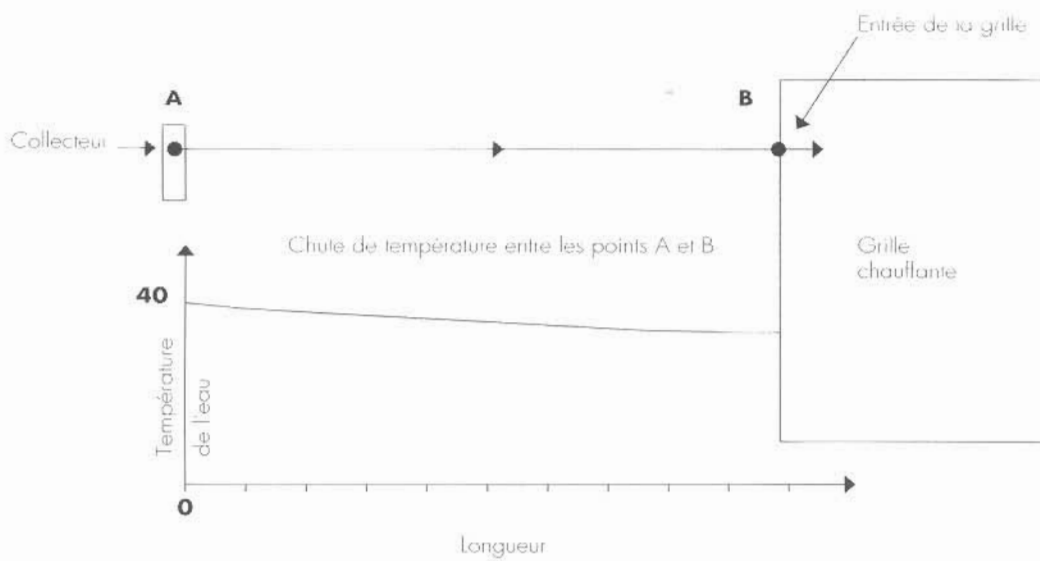
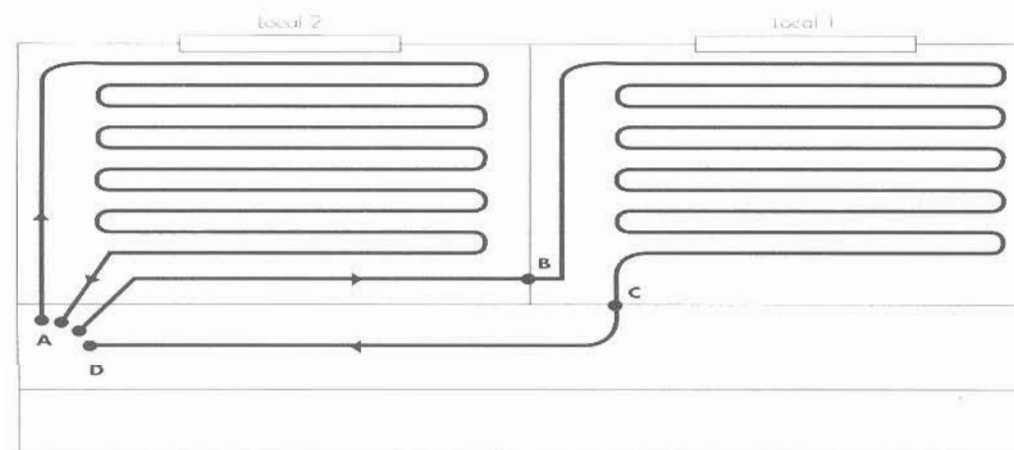


Figure 12



- | | |
|-------------------|--|
| Tronçon AB | <ul style="list-style-type: none"> ● Chute de température dont il faut éventuellement tenir compte pour calculer la grille chauffante du local. ● Emission de chaleur à soustraire des déperditions du local 2 pour calculer la grille correspondante. |
| Tronçon CD | <ul style="list-style-type: none"> ● Emission de chaleur parasite dans un couloir non déperditif. |