

# Le calcul simplifié des charges de climatisation :

## 6 - LES INFILTRATIONS

### 6.1 - APPORTS DUS AUX INFILTRATIONS

L'air extérieur humide provoque par infiltration à l'intérieur des locaux climatisés (ou par ventilation naturelle) des variations d'enthalpie et d'humidité, qui sont autant de charges à prendre en compte immédiatement par l'installation.

Les apports d'enthalpie sensible sont donnés par la relation :

$$H_{\text{sens}} = Q_m \cdot C \cdot (t_e - t_i)$$

|            |            |            /            /  
 [W]    [kg/s]    [J/deg kg]    [deg]

avec :

- $H_{\text{sens}}$  : charge sensible de climatisation ;
- $Q_m$  : débit massique d'air sec d'infiltration ;
- $C$  : chaleur massique de l'air sec ( $C \approx 1\,000$  [J/K kg]) ;
- $t_e - t_i$  : écart entre la température extérieure et la température intérieure.

Les apports d'humidité sont donnés par la relation :

$$m_h = Q_m \cdot (r_e^s - r_i^s)$$

|            |            |  
 [kg/s]    [kg/s]    [kg/kg]

avec :

- $m_h$  : apport d'humidité ;
- $Q_m$  : débit massique d'air sec ;
- $r_e^s$  et  $r_i^s$  : teneur en humidité de l'air extérieur et de l'air intérieur.

Les apports sensibles sont égaux aux apports totaux moins les apports latents :

$$H_{sens} = H - H_{lat}$$

les apports latents étant définis à partir des apports d'humidité par la formule :

$$H_{lat} = 2\,500 \cdot m_h$$

$[W] \quad [J/kg] \quad [kg/s]$

## 6.2 - CARACTERISTIQUES DE L'AIR INTERIEUR

Les conditions intérieures de base (voir chapitre 2 paragraphe 2) déterminent ces caractéristiques. Connaissant  $t_i$  et  $\psi_i$  on lit directement sur le diagramme de l'air humide les valeurs correspondantes de  $r_i^s$ .

## 6.3 - CARACTERISTIQUES DE L'AIR EXTERIEUR

En été, la température extérieure varie continuellement au cours d'une journée. Les valeurs à prendre en compte ont été données au chapitre 2 dans le tableau B-III. La teneur en humidité peut être considérée comme relativement constante et ne dépend que de la zone climatique (cf figure 2-3).

En hiver, la température extérieure de base est considérée comme constante (tableau B-I) ; la teneur en humidité est donnée en fonction de cette température par le tableau B-II.

## 6.4 - DEBIT D'AIR INFILTRE

Dans un local climatisé, les infiltrations et les fuites d'air dépendent de l'étanchéité à l'air des menuiseries extérieures et de la différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur.

Trois cas de figure peuvent se présenter :

- le local climatisé est en légère surpression. Dans ce cas, le débit d'air soufflé est supérieur au débit d'air extrait : il n'y a pas d'infiltrations mais fuites d'air de l'intérieur vers l'extérieur. Ceci n'entraîne pas d'apports ni de déperditions de chaleur dans le local climatisé, mais il convient de prendre en compte le débit de fuite vers l'extérieur lors de la détermination des débits de soufflage et de reprise.

Le maintien d'un local climatisé en surpression est généralement la règle en conditionnement de confort.

- Dans certains locaux industriels, qui représentent un danger pour l'environnement, on maintient une légère dépression par rapport à l'extérieur. Dans ce cas, il est difficile de calculer précisément les infiltrations. Toutefois, si la dépression est suffisante, on peut estimer en première approche, qu'elles sont équivalentes à la différence de débits entre l'air soufflé et l'air repris.
- Dans un local, où les débits de soufflage et de reprise sont équivalents, la pression relative du local est nulle et les infiltrations dépendent de la qualité des menuiseries, du tirage thermique et du vent. La méthode utilisée par le D.T.U. (Règles Th - Titre II - DEPERDITIONS DE BASE DES BATIMENTS) peut être utilisée en hiver pour calculer les infiltrations dans des locaux du type logement. Mais le texte du D.T.U., orienté vers l'habitation, est difficilement applicable dans bien des cas à d'autres types de bâtiment. C'est pourquoi nous utiliserons la méthode de DEBERSIMPLI (PROMOCLIM E, Avril 1978 et PROMOCLIM A, Jan./Fev. 1983).

## 6.5 - DETERMINATION DES DEBITS D'AIR INFILTRE

Les infiltrations dépendent à la fois des effets du vent et du tirage.

L'effet de tirage est caractérisé par la "hauteur de tirage", c'est-à-dire par la distance verticale entre les orifices (ou interstices) hauts et les orifices (ou interstices) bas. D'une manière générale, quand les locaux ne dépassent pas 10 [m] de hauteur sous plafond, l'effet de tirage est négligé. Néanmoins si le local donne sur une cage d'escalier de plus de 10 [m] de haut, par des portes sans seuil ni joints d'étanchéité, l'effet de tirage sera considéré comme appréciable pour tous les locaux donnant sur la cage d'escalier à quelque niveau qu'ils se situent.

L'effet dû au vent dépend de la hauteur des bâtiments, qui est définie comme il est indiqué figure 6-1, le symbole adopté par la suite pour cette hauteur caractéristique étant :  $h$ .

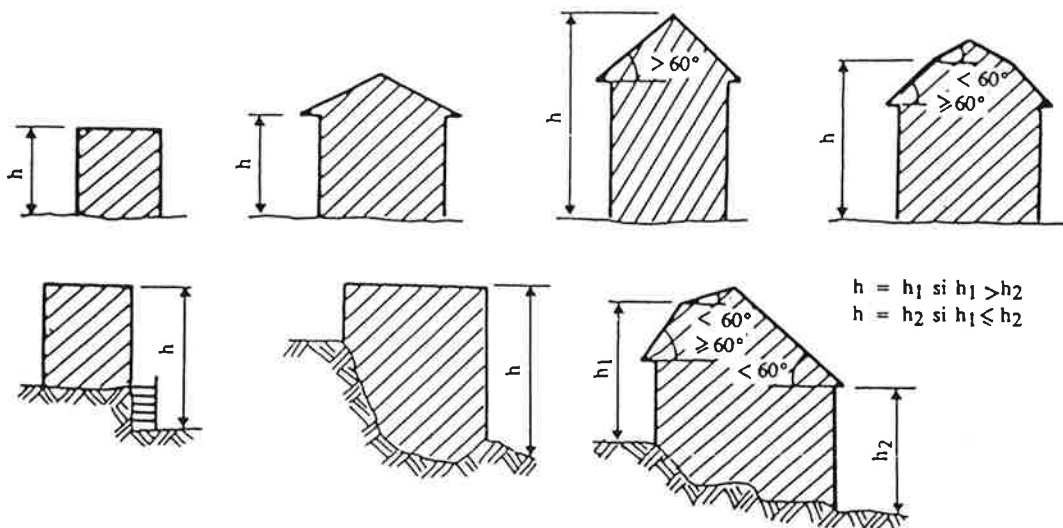


Figure 6-1 - Principes de définition de la hauteur du bâtiment.

## DEBITS D'HIVER

Les tableaux F-I à F-III, ci-après, donnent les débits d'infiltrations par les fenêtres, les portes, les orifices et les volets roulants aux conditions de base d'hiver.

Ces débits unitaires exprimés en gramme par seconde sont à multiplier soit par la surface de l'ouvrant ou de l'orifice (exprimée en  $m^2$ ), soit par la longueur du coffre (exprimée en [m]).

CLASSE DE FENETRE...	TIRAGE NEGLIGEABLE (hauteur de tirage inférieure à 10 [m])				TIRAGE APPRECIABLE (hauteur de tirage de 10 [m] ou plus)			
	NON CLASSEE	A1	A2	A3	NON CLASSEE	A1	A2	A3
<b>ZONES PARTICULIERES</b>								
● Sommets en altitude ...	23	11	4,3	1,7	25	11	5	1,7
● Iles (sauf Corse)								
. bâtiments très bas bien protégés (régulation continue) ....	15	7	3,2	1,2	17	8	3,5	1,3
. autres bâtiments ....	23	11	4,3	1,8	25	11	5	1,7
● Zone côtière ou plateau très dégagé								
. $h < 10$ [m] .....	12	5	2,4	0,9	14	6	2,7	1,0
. $h \geq 10$ [m] .....	15	7	3,2	1,2	17	7	3,5	1,3
<b>AUTRES ZONES</b>								
● Site rural								
. $h < 10$ [m] .....	9	3,9	1,7	0,7	11	5	2,1	0,8
. $h \geq 10$ [m] .....	12	5	2,2	0,9	14	6	2,5	1,0
● Site urbain ou suburbain								
. sur rue ou $h < 10$ [m]	5	2,2	1,0	0,4	7	3,1	1,4	0,5
. $10$ [m] $\leq h < 35$ [m]	6	2,7	1,2	0,5	8	3,6	1,5	0,6
. $h \geq 35$ [m] .....	7	3,2	1,4	0,6	9	3,9	1,7	0,7

Tableau F-I - Débit d'infiltrations en  $[g/s m^2]$  pour les fenêtres. Conditions d'hiver.

CATEGORIE DE PORTE OU ORIFICE...	TIRAGE NEGLIGEABLE (hauteur de tirage inférieure à 10 [m])				TIRAGE APPRECIABLE (hauteur de tirage de 10 [m] ou plus)			
	PORTE COURANTE	PORTE ETANCHE (1)	PORTE TOURNANTE (2)	ORIFICE	PORTE COURANTE	PORTE ETANCHE (1)	PORTE TOURNANTE (2)	ORIFICE
<b>ZONES PARTICULIERES</b>								
• Sommets en altitude ...	35	7	164	8 400	38	8	174	8 700
• Iles (sauf Corse)								
. bâtiments très bas bien protégés (régulation continue) ....	23	4,8	125	6 400	26	5,3	135	6 800
. autres bâtiments ....	35	7	164	8 400	38	8	174	8 700
• Zone côtière ou plateau très dégagé								
. h < 10 [m] .....	17	3,7	106	5 100	20	4,1	116	5 600
. h ≥ 10 [m] .....	23	4,8	125	6 400	26	5,3	135	6 800
<b>AUTRES ZONES</b>								
• Site rural								
. h < 10 [m] .....	14	2,6	87	4 100	16	3,2	96	4 600
. h ≥ 10 [m] .....	17	3,4	96	4 900	20	3,8	106	5 400
• Site urbain ou suburbain								
. sur rue ou h < 10 [m]	8	1,4	58	2 700	11	2,0	68	3 500
. 10 [m] ≤ h < 35 [m]	9	1,7	63	3 100	12	2,3	77	3 800
. h ≥ 35 [m] .....	10	2,0	68	3 500	13	2,6	87	4 100

(1) Portes avec seuil et points d'étanchéité.

(2) Ou portes battantes à ouverture fréquente (magasins, aéroports).

Tableau F-II - Débit d'infiltrations en  $[g/s m^2]$  pour les portes et les orifices. Conditions d'hiver.

CATEGORIE DE VOLETS ROULANTS...	TIRAGE NEGLIGEABLE (hauteur de tirage inférieure à 10 [m])			TIRAGE APPRECIABLE (hauteur de tirage de 10 [m] ou plus)		
	EXTERIEUR (1)	INTERIEUR (2)		EXTERIEUR (1)	INTERIEUR (2)	
		AVEC JOINTS CALFEUTRES	JOINTS NON CALFEUTRES		AVEC JOINTS CALFEUTRES	JOINTS NON CALFEUTRES
<b>ZONES PARTICULIERES</b>						
• Sommets en altitude ...	0	1,2	8	0	1,2	8
• Iles (sauf Corse)						
. bâtiments très bas bien protégés (régulation continue) ....	0	0,8	5	0	0,8	5
. autres bâtiments ....	0	1,2	8	0	1,2	8
• Zone côtière ou plateau très dégagé						
. h < 10 [m] .....	0	0,6	3,7	0	0,6	3,7
. h ≥ 10 [m] .....	0	0,8	5	0	0,8	5
<b>AUTRES ZONES</b>						
• Site rural						
. h < 10 [m] .....	0	0,5	2,9	0	0,5	3,7
. h ≥ 10 [m] .....	0	0,6	3,7	0	0,7	4,3
• Site urbain ou suburbain						
. sur rue ou h < 10 [m]	0	0,3	1,6	0	0,3	2,3
. 10 [m] ≤ h < 35 [m]	0	0,3	2	0	0,4	2,7
. h ≥ 35 [m] .....	0	0,4	2,4	0	0,5	2,9

(1) Coffre extérieur sans communication avec l'intérieur.

(2) Coffre extérieur en communication avec l'intérieur (trappe de visite) ou coffre intérieur.

Tableau F-III - Débit d'infiltrations en  $[g/s m^2]$  pour les volets roulants. Conditions d'hiver.

## DEBITS D'ETE

En été, le tirage thermique est négligeable compte tenu du faible écart de température entre l'intérieur et l'extérieur. De plus, aux heures des charges maximales, la vitesse moyenne du vent est plus faible qu'en hiver et il est rare que son effet vienne aggraver le bilan des charges.

On peut retenir les valeurs de débits linéiques données par le tableau F-IV pour les coffres de volets roulants, et les débits surfaciques du tableau F-V pour les fenêtres, portes, et orifices.

CATEGORIE DE VOLETS ROULANTS...	EXTERIEUR (1)	INTERIEUR (2)	
		AVEC JOINTS CALFEUTRES	JOINTS NON CALFEUTRES
<b>ZONES PARTICULIERES</b>			
● Sommets en altitude ...	0	0,6	4
● Iles (sauf Corse)			
. bâtiments très bas bien protégés (régulation continue) ....	0	0,4	2,5
. autres bâtiments ....	0	0,6	4
● Zone côtière ou plateau très dégagé			
. $h < 10$ [m] .....	0	0,3	1,8
. $h \geq 10$ [m] .....	0	0,4	2,5
<b>AUTRES ZONES</b>			
● Site rural			
. $h < 10$ [m] .....	0	0,2	1,4
. $h \geq 10$ [m] .....	0	0,3	1,8
● Site urbain ou suburbain			
. sur rue ou $h < 10$ [m]	0	0,1	0,8
. $10$ [m] $\leq h < 35$ [m]	0	0,1	1,0
. $h \geq 35$ [m] .....	0	0,2	1,2

(1) Coffre extérieur sans communication avec l'intérieur.

(2) Coffre extérieur en communication avec l'intérieur (trappe de visite) ou coffre intérieur.

Tableau F-IV - Débit d'infiltrations en  $[g/s m^2]$  pour les volets roulants. Conditions d'été.

TYPE D'OUVERTURE ...	CLASSE DE FENETRE				CATEGORIE DE PORTE OU ORIFICE			
	NON CLASSEE	A1	A2	A3	PORTE COURANTE	PORTE ETANCHE (1)	PORTE TOURNANTE (2)	ORIFICE
<b>ZONES PARTICULIERES</b>								
● Sommets en altitude ...	11	5,5	2,1	0,8	17	3,5	82	4 200
● Iles (sauf Corse)								
. bâtiments très bas bien protégés (régulation continue) ...	7	7	1,6	0,6	11	2,4	62	3 200
. autres bâtiments ...	11	5,5	2,1	0,9	17	3,5	82	4 200
● Zone côtière ou plateau très dégagé								
. h < 10 [m] .....	6	2,5	1,2	0,4	8	1,8	53	2 500
. h ≥ 10 [m] .....	7	3,5	1,6	0,6	11	2,4	62	3 200
<b>AUTRES ZONES</b>								
● Site rural								
. h < 10 [m] .....	4	1,9	0,8	0,3	7	1,3	43	2 000
. h ≥ 10 [m] .....	6	2,5	1,1	0,4	8	1,7	48	2 400
● Site urbain ou suburbain								
. sur rue ou h < 10 [m]	2,5	1,1	0,5	0,2	4	0,7	29	2 300
. 10 [m] < h < 35 [m]	3	1,3	0,6	0,2	4,5	0,8	31	1 500
. h ≥ 35 [m] .....	3,5	1,6	0,7	0,3	5	1	34	1 700

(1) Portes avec seuil et points d'étanchéité.

(2) Ou portes battantes à ouverture fréquente (magasins, aéroports).

Tableau F-V - Débit d'infiltrations en [g/s m<sup>2</sup>] pour les ouvrants. Conditions d'été.

## 6.6 - EXEMPLES

Considérons le cas du bureau étudié dans le chapitre précédent (figure 5-2). Les ouvrants en façade représentent une surface de 22,4 [m<sup>2</sup>], ils sont de catégorie A1. Le bâtiment d'une hauteur supérieure à 10 [m] est situé en zone rurale de la région parisienne.

Dans le cas hypothétique où ce local ne serait pas en surpression les infiltrations par les ouvrants aux conditions d'hiver s'élèveraient à 6 [g/s m<sup>2</sup>] soit 0,134 [kg/s] (tableau F-I). En été, elles seraient seulement de 2,5 [g/s m<sup>2</sup>] soit 0,056 kg/s] (tableau F-V). Ceci nous donnerait les bilans suivants :

- en hiver, avec des conditions intérieures de 18 [°C] et 50 % d'humidité relative, les déperditions par infiltrations s'élèvent à :

$$\begin{aligned}
 H_{\text{sens}} &= Q_m \cdot C \cdot (t_e - t_i) \\
 &= 0,134 \cdot 1000 \cdot (18 - (-7)) \\
 &= 3\,350 \text{ [W]}
 \end{aligned}$$

Les apports d'humidité sont de :

$$\begin{aligned}
 m_h &= Q_m \cdot (r_e^s - r_i^s) \\
 &= 0,134 \cdot (2 - 7) \\
 &= -0,67 \text{ [g/s]}
 \end{aligned}$$

Les infiltrations dessèchent donc l'air ambiant.

- En été, avec 25 [°C] et 50 % d'humidité relative, les humidités spécifiques intérieures et extérieures sont voisines 10 [g/kg], il n'y a donc pas de variation d'humidité liée aux infiltrations, par contre il faut pour les apports de chaleur sensible prendre en compte les variations de la température extérieure et l'on obtient pour le mois de juin le bilan présenté dans le tableau ci-dessous :

	HEURE SOLAIRE											
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
TEMPERATURE EXTERIEURE	18,6	19,8	21,5	23,5	25,3	27,0	28,1	28,8	29,0	28,8	28,3	27,7
ECART DE TEMPERATURE $\Delta t = t_e - 25$	- 6,4	- 5,2	- 3,5	- 1,5	0,3	2,0	3,1	3,8	4,0	3,8	3,3	2,7
APPORTS SENSIBLES [W] $\Delta t \times 1000 \times 0,056$	- 358	- 292	- 196	- 84	17	112	174	213	224	213	185	151

Tableau F-VI - Bilan des variations de la température extérieure, pour le mois de juin.