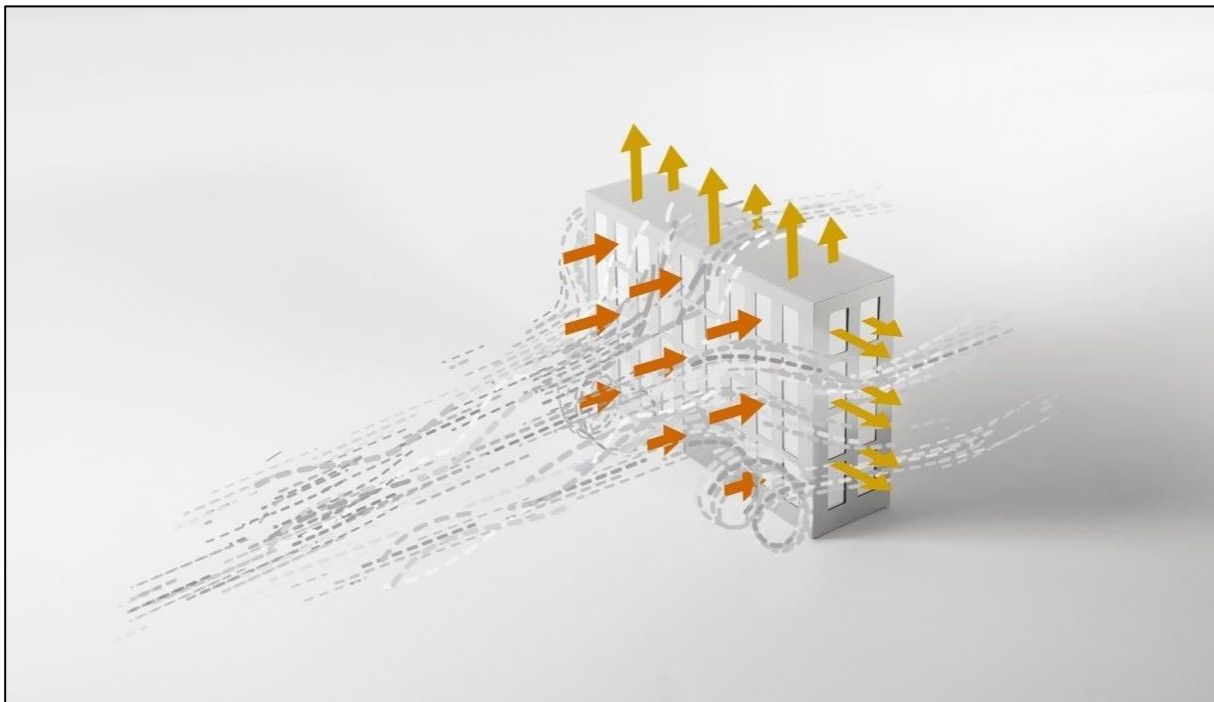


Université De Batna 2  
Faculté de technologie  
Département de Génie civil



# Action du vent sur les constructions Selon le DTR C2- 4.7 version 2013



## 1. Action du vent sur les constructions :

Les éléments qui suivent sont extraits du DTR C2-4.7 (version 2013) et de ses annexes. Pour plus d'information, le lecteur est invité à consulter le document d'origine.

### 1.1. Objet

Le présent document technique réglementaire (DTR) fournit les procédures et principes généraux pour la détermination des actions du vent sur l'ensemble des bâtiments et constructions y compris leurs composants et éléments de façade.

### 1.2. Domaine d'application

**1.2.1.** Le présent DTR s'applique aux constructions suivantes dont la hauteur est inférieure à 200 m :

- l'ensemble des bâtiments (à usage d'habitation, administratif, scolaire, industriel, de santé, lieux de culte, et d'autres usages.) ;
- les cheminées et ouvrages assimilables ;
- les ouvrages de stockage (réservoirs, châteaux d'eau, silos, et autres.) ;
- les structures verticales et horizontales en treillis (pylônes, grues, échafaudages, passerelles et autres) ;
- les panneaux de signalisation, murs de clôtures et drapeaux.

**1.2.2.** Le présent DTR ne s'applique pas directement aux :

- ponts ;
- mâts haubanés ;
- ouvrages en mer (plates-formes offshore) ;
- ouvrages spéciaux nécessitant des conditions de sûreté exceptionnelles (centrales nucléaires par exemple).

---

*Pour les ouvrages cités en 1.2.2., il y a lieu de se référer aux méthodes usuelles qui doivent être définies dans les pièces du marché.*

*Certaines données ou méthodes fournies par ce DTR, non directement propres aux cas étudiés (par exemple les valeurs de la vitesse de référence) pourraient être utilisées pour les ouvrages cités en 1.2.2.*

---

### 1.3. Termes associés à la vitesse du vent

**Vitesse de pointe :** La vitesse de pointe est la valeur quasi-instantanée de la vitesse du vent.

**Vitesse moyenne :** La vitesse moyenne  $V_m$  du vent est la vitesse moyenne dans un intervalle de temps de 10 minutes.

**Vitesse moyenne caractéristique :** La vitesse moyenne caractéristique (ou vitesse caractéristique) est la valeur caractéristique de la vitesse moyenne du vent.

**Vitesse moyenne de référence :** La vitesse moyenne de référence  $V_{ref}$  (ou vitesse de référence) est la valeur caractéristique de la vitesse moyenne du vent mesurée dans les conditions conventionnelles (cf. ann2.63.1exe 1).

**Pression du vent :** À chaque vitesse  $V$  correspond une pression du vent  $W$  : la pression du vent peut être positive (surpression) ou négative (dépression, suction) représentant l'action du vent sur une paroi d'une construction.

**vitesse critique :** La vitesse critique du vent  $V_{crit}$  est la vitesse moyenne du vent à partir de laquelle un effet dynamique supplémentaire peut se produire.

### 1.4. Principes généraux

#### 1.4.1. Modélisation de l'action du vent

Les actions exercées par le vent sont considérées comme des actions fixes variables.

L'action du vent est représentée par un ensemble simplifié de pressions, ou de forces.

L'action du vent est supposée perpendiculaire aux surfaces extérieures et intérieures des constructions. Pour les surfaces allongées, l'action du vent peut aussi être tangentielle (forces de frottement).

#### 1.4.2. Autres valeurs représentatives

Outre la valeur caractéristique notée  $Q$  qui est la principale valeur représentative, les autres valeurs représentatives rentrant dans les différentes combinaisons d'actions sont définies comme suit :

- La valeur de combinaison égale à  $\psi_0.Q_k$  avec  $\psi_0 = 0.6$  ;
- La valeur fréquente égale à  $\psi_1.Q_k$  avec  $\psi_1 = 0.5$  ;
- La valeur quasi-permanente égale à  $\psi_2.Q_k$  avec  $\psi_2 = 0$ .

## BASES DE CALCUL

### 2.1. Direction du vent

Le calcul doit être effectué séparément pour chacune des directions perpendiculaires aux différentes parois de la construction. Par exemple :

- pour une construction rectangulaire, on considérera les deux directions du vent ;
- pour une construction circulaire, on considérera une direction du vent ;
- pour un polygone, on considérera autant de directions du vent que de côtés. Néanmoins, un polygone régulier de plus de dix côtés pourra être considéré comme une construction circulaire dont le diamètre est celui du cercle circonscrit ;
- pour les constructions ajourées ou en treillis, d'autres directions sont à considérer.

### 2.2. Procédures de calcul

Le tableau 2.1 présente un résumé des étapes de calcul des actions du vent. La colonne 3, correspond au paragraphe relatif à chaque paramètre.

Paramètre	Symbole	Renvoi
- Pression dynamique de référence	$q_{réf}$	§ 2.3.1
- Hauteur de référence	$z_e$	§ 2.3.2
- Catégorie de terrain et facteurs de site	-	§ 2.4.3
- Intensité de turbulence $I_v$	$I_v$	§ 2.4.6
- Coefficient de topographie	$C_t(z)$	§
- Coefficient de rugosité	$C_r(z)$	2.4.5.
- Coefficient d'exposition	$C_e(z)$	§ 2.4.4
- Pression dynamique de pointe	$q_p$	§ 2.4
-		§ 2.3
Pression exercée par le vent (par exemple sur les revêtements, bardages, fixations et éléments de construction)		
- Coefficient de pression intérieur	$C_{pi}$	§ 5.1
- Coefficient de pression extérieur	$C_{pe}$	§ 5.2
- Coefficient de pression net	$C_{pnet}$	§ 5.3
- Coefficient de force	$C_f$	Chap. 4
- Pression aérodynamique extérieure	$W_e = q_p \cdot C_{pe}$	§ 2.6.2
- Pression aérodynamique intérieure	$W_i = q_p \cdot C_{pi}$	§ 2.6.2
-		
Forces exercées par le vent (effets globaux par exemple)		
- Coefficient dynamique	$C_d$	Chap. 3
- Force exercée par le vent (à partir des coefficients de force)	$F_w$	2.6.1
- Force exercée par le vent (à partir des coefficients de pression).	$F_w$	2.6.2

Tableau 2.1 : Étapes de calcul des actions dues au vent

## 2.3. Pression dynamique de pointe

### 2.3.1. Formule de calcul

La pression dynamique de pointe  $q_p(z_e)$ , à la hauteur de référence  $z_e$  est donnée par :

$$q_p(z_e) = q_{réf} \times C_e(z_e) \quad [\text{N/m}^2] \quad (2.1)$$

Où :

$q_{réf}$  (en  $\text{N/m}^2$ ) est la pression dynamique de référence donnée par le tableau 2.2 en fonction de la zone de vent (Cf. annexe 1) ;

$C_e$  est le coefficient d'exposition au vent (Cf. §2.4) ;

$z_e$  (en m) est la hauteur de référence donnée en 2.3.2 :

Zone	$q_{réf}$ ( $\text{N/m}^2$ )
I	375
II	435
III	500
IV	575

Tableau 2.2 : Valeurs de la pression dynamique de référence

#### Notes pour le tableau 2.2

$q_{réf}$  (en  $\text{N/m}^2$ ) est calculée par :  $q_{réf} = 0,5 \times \rho \times V_{réf}^2$ , où  $V_{réf}$  (en m/s) est la vitesse de référence du vent (voir annexe 1), et  $\rho$  (en  $\text{kg/m}^3$ ) est la masse volumique de l'air. Dans le cadre de ce DTR,  $\rho$  a été pris égal à  $1,20 \text{ kg/m}^3$ .

Pour les constructions temporaires (durée d'utilisation inférieure à 5 ans); la pression de référence du tableau 2.2 est réduite de 28% (ce qui correspond à une réduction de 15 % sur la vitesse de référence)

### 2.3.2. Hauteur de référence $z_e$

- Pour les murs au vent des bâtiments à parois verticales,  $z_e$  est déterminé comme indiqué par la figure 2.1 ;
- Pour les murs sous le vent et parallèles au vent,  $z_e$  est pris égal à la hauteur du bâtiment au-dessus du niveau du sol ;
- Pour les toitures,  $z_e$  est pris égal à la hauteur maximale des bâtiments ;
- Pour tous les autres ouvrages la hauteur de référence est égale à la hauteur maximale de l'élément considéré.

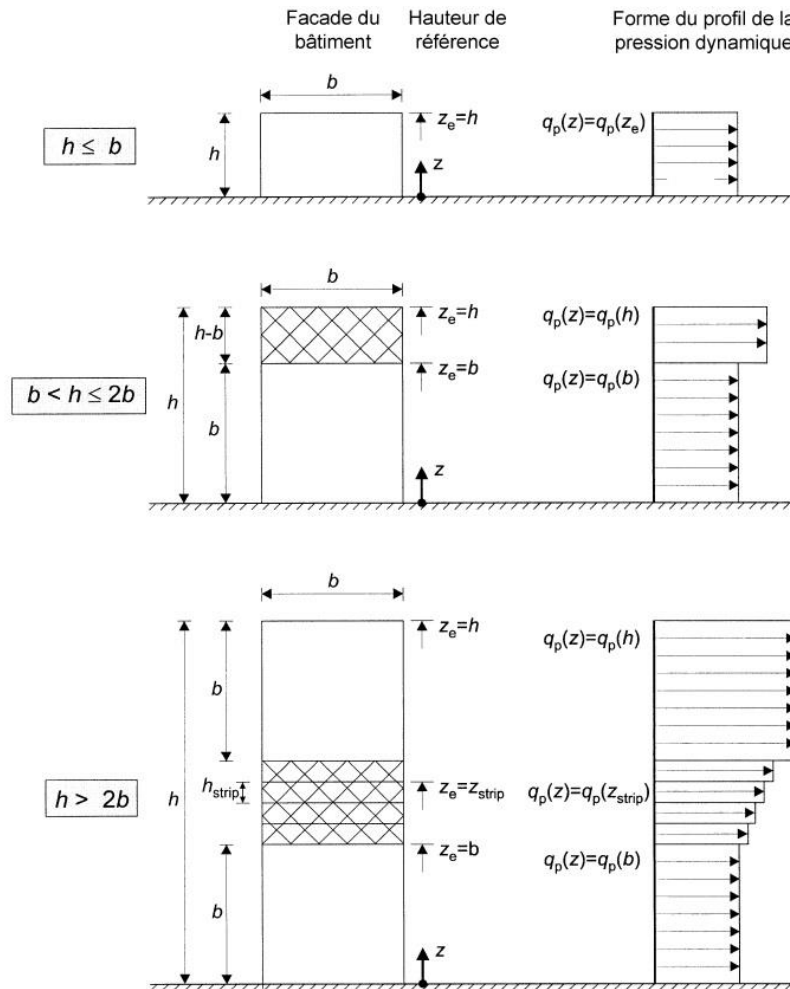


Figure 2.1 : Hauteur de référence  $z_e$  et profil correspondant de la pression dynamique

## 2.4. Coefficient d'exposition

### 2.4.1. Définitions

Le coefficient d'exposition au vent  $C_e(z)$  tient compte des effets de la rugosité du terrain, de la topographie du site et de la hauteur au-dessus du sol. En outre, il tient compte de la nature turbulente du vent.

### 2.4.2. Formule de calcul

$C_e(z)$  est donné par :

$$C_e(z) = C_r^2(z) \times C_t^2(z) \times [1 + 7I_v(z)] \quad (2.2)$$

où :

- $C_r$  est le coefficient de rugosité (Cf. § 2.4.4),
- $C_t$  est le coefficient de topographie (Cf. § 2.4.5),
- $I_v(z)$  est l'intensité de la turbulence (Cf. §.2.4.6),
- $z$  (en m) est la hauteur considérée.

Dans le cas où  $C_t(z) = 1$  le coefficient d'exposition  $C_e(z)$  est donné par le tableau 2.3.

Hauteur $z$ (m)	Catégories de terrain				
	0	I	II	III	IV
$\leq 1$	1,811	1,545	1,423	1,276	1,173
2	2,137	1,883	1,423	1,276	1,173
5	2,603	2,373	1,929	1,276	1,173
10	2,983	2,776	2,352	1,703	1,173
15	3,216	3,025	2,616	1,973	1,440
20	3,387	3,207	2,810	2,174	1,640
25	3,521	3,352	2,965	2,335	1,801
30	3,633	3,472	3,094	2,470	1,937
35	3,729	3,575	3,205	2,587	2,055
40	3,813	3,666	3,302	2,690	2,159
50	3,956	3,820	3,468	2,865	2,337
60	4,074	3,947	3,606	3,012	2,487
70	4,175	4,056	3,725	3,139	2,617
80	4,264	4,152	3,829	3,250	2,731
100	4,414	4,315	4,006	3,440	2,926
125	4,566	4,480	4,187	3,634	3,127
150	4,692	4,617	4,337	3,796	3,295
175	4,800	4,735	4,466	3,936	3,440
200	4,895	4,838	4,579	4,058	3,568

Tableau 2.3 : Valeurs du coefficient d'exposition  $C_e(z)$  pour  $C_t(z) = 1$

### 2.4.3. Catégories de terrain

Les catégories de terrain sont données dans le tableau 2.4 ainsi que les valeurs des paramètres suivants :

- $K_T$ , facteur de terrain ;
- $z_0$  (en m), paramètre de rugosité ;
- $z_{\min}$  (en m), hauteur minimale ;
- $\varepsilon$ , coefficient utilisé pour le calcul du coefficient  $C_d$  (cf. chapitre 3).

Lorsqu'il subsiste un doute quant au choix entre deux catégories de terrain, il y a lieu de retenir celui pour lequel les valeurs des paramètres associés sont les plus défavorables (catégorie de terrain la plus faible dans l'échelle de 0 à IV).

Catégories de terrain	$K_T$	$z_0$ (m)	$z_{min}$ (m)	$\varepsilon$
<b>0</b> Mer ou zone côtière exposée aux vents de mer	0,156	0,003	1	0,38
<b>I</b> Lacs ou zone plate et horizontale à végétation négligeable et libre de tous obstacles.	0,170	0,01	1	0,44
<b>II</b> Zone à végétation basse telle que l'herbe, avec ou non quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments) séparés les uns des autres d'au moins 20 fois leur hauteur.	0,190	0,05	2	0,52
<b>III</b> Zone à couverture végétale régulière ou des bâtiments, ou avec des obstacles isolés séparés d'au plus 20 fois leur hauteur (par exemple des villages, des zones suburbaines, des forêts permanentes).	0,215	0,3	5	0,61
<b>IV</b> Zones dont au moins 15% de la surface est occupée par des bâtiments de hauteur moyenne supérieure à 15 m.	0,234	1	10	0,67

Tableau 2.4 : Définition des catégories de terrain

**Note pour le tableau 2.4**

- Des photos illustratives des rugosités de chaque catégorie de terrain sont données à titre d'exemple en annexe 4.

**2.4.4. Coefficient de rugosité**

Le coefficient de rugosité  $C_r(z)$  traduit l'influence de la rugosité et de la hauteur sur la vitesse moyenne du vent. Il est défini par la loi logarithmique (logarithme népérien) :

$$\begin{cases} C_r(z) = K_T \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) & \text{pour } z_{min} \leq z \leq 200\text{m} \\ C_r(z) = K_T \times \ln\left(\frac{z_{min}}{z_0}\right) & \text{pour } z < z_{min} \end{cases} \quad (2.3)$$

Où :

- $K_T$  est le facteur de terrain (tableau 2.4) ;
- $z_0$  (en m) est le paramètre de rugosité (tableau 2.4) ;
- $z_{min}$  (en m) est la hauteur minimale (tableau 2.4) ;
- $z$  (en m) est la hauteur considérée.



Les valeurs du coefficient de rugosité sont données par le tableau 2.5 en fonction de la catégorie du terrain et de la hauteur

Hauteur z (m)	Catégories de terrains				
	0	I	II	III	IV
≤ 1	0,906	0,783	0,701	0,605	0,539
2	1,014	0,901	0,701	0,605	0,539
3	1,078	0,970	0,778	0,605	0,539
5	1,157	1,056	0,875	0,605	0,539
10	1,265	1,174	1,007	0,754	0,539
15	1,329	1,243	1,084	0,841	0,634
20	1,374	1,292	1,138	0,903	0,701
25	1,408	1,330	1,181	0,951	0,753
30	1,437	1,361	1,215	0,990	0,796
35	1,461	1,387	1,245	1,023	0,832
40	1,482	1,410	1,270	1,052	0,863
50	1,517	1,448	1,312	1,100	0,915
60	1,545	1,479	1,347	1,139	0,958
70	1,569	1,505	1,376	1,172	0,994
80	1,590	1,528	1,402	1,201	1,025
100	1,625	1,566	1,444	1,249	1,078
125	1,659	1,604	1,487	1,297	1,130
150	1,688	1,635	1,521	1,336	1,172
175	1,712	1,661	1,550	1,369	1,209
200	1,733	1,684	1,576	1,398	1,240

Tableau 2.5 : Valeurs du coefficient de rugosité  $C_r(z)$

#### 2.4.5. Coefficient de topographie

Le coefficient de topographie  $C_t(z)$  prend en compte l'accroissement de la vitesse du vent lorsque celui-ci souffle sur des obstacles tels que les collines, les dénivellations isolées, etc.

2.4.5.1. Il convient de prendre en compte l'effet de topographie dans les limites des zones hachurées des figures 2.2 et 2.3.

2.4.5.2.  $C_t(z)$  est déterminé comme suit :

$$\begin{cases} C_t(z) = 1 & \text{pour } \phi < 0,05 \\ C_t(z) = 1 + s_{\max} \times \left( 1 - \frac{|x|}{k_{red} \times L} \right) \times e^{-\alpha(z/L)} & \text{pour } \phi \geq 0,05 \end{cases} \quad (2.4)$$

Où :

- $\phi$  est la pente du versant au vent  $\phi = \frac{H}{L_u}$  ;
- $H$  (en m) est la hauteur du versant ;
- $L$  (en m) est une longueur caractérisant le versant au vent et prenant la valeur :  
 $L = \max(0.5L_u ; 2H)$  ;
- $x$  (en m) est la distance horizontale entre le lieu considéré et la crête de l'obstacle ;
- $z$  (en m) est la distance verticale mesurée à partir du niveau du sol au lieu considéré

(site d'implantation);

- $S_{max}$ ,  $\alpha$  et  $k_{red}$  sont des coefficients donnés dans le tableau 2.6 en fonction de la forme de l'obstacle et du rapport  $H/L$ .
- $L_u$  et  $L_d$  respectivement la longueur du versant au vent et sous le vent.

Forme de l'obstacle	$S_{max}$	$\alpha$	$k_{red}$	
			$x < 0$	$x > 0$
Collines	$2,2 \times H/L$	3	1,5	1,5
Falaises et escarpements	$1,3 \times H/L$	2,5	1,5	4

Tableau 2.6 : Paramètres relatifs à la détermination de  $C_i(z)$

Lorsque la fonction  $\left(1 - \frac{|x|}{k_{red} \times L}\right)$  prend une valeur négative il y a lieu de considérer la valeur nulle.

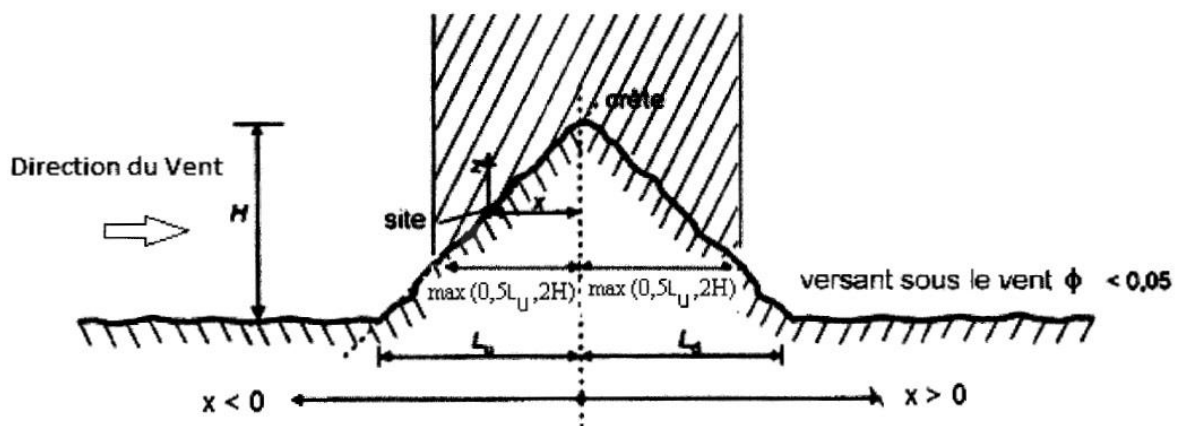


Figure 2.2 : Paramètres pour la détermination de  $C_i(z)$  aux alentours des collines

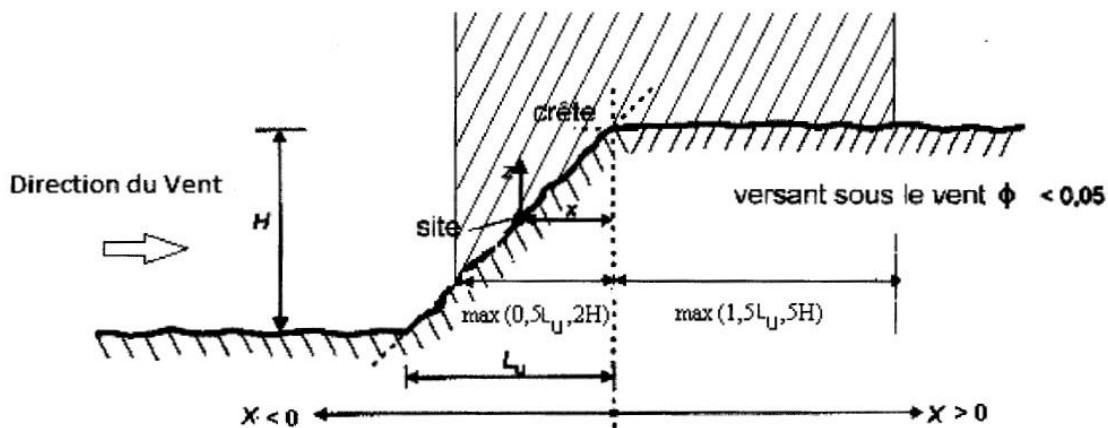


Figure 2.3: Paramètres pour la détermination de  $C_i(z)$  aux alentours des falaises et escarpements

Les valeurs des fonctions  $S_{max}$ ,  $\left(1 - \frac{|x|}{k_{red} \times L}\right)$  et  $e^{-\alpha \cdot z/L}$  sont données dans le tableau 2.7 respectivement en fonction de  $H/L$ ,  $x/L$  et  $z/L$ .

$S_{max}$		$\left(1 - \frac{ x }{k_{red} \times L}\right)$					$e^{-\alpha \cdot z/L}$		
$H/L$	Collines	Falaises et Escarpements	$x/L$	Collines	Falaises et Escarpements		$z/L$	Collines	Falaises et Escarpements
					$x < 0$	$x > 0$			
0,05	0,11	0,065	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,000	1,000
0,1	0,22	0,13	0,25	0,83	0,83	0,94	0,1	0,741	0,779
0,15	0,33	0,195	0,5	0,67	0,67	0,88	0,2	0,549	0,607
0,2	0,44	0,26	0,75	0,50	0,50	0,81	0,3	0,407	0,472
0,25	0,55	0,325	1,0	0,33	0,33	0,75	0,4	0,301	0,368
0,3	0,66	0,39	1,25	0,17	0,17	0,69	0,5	0,223	0,287
0,35	0,77	0,455	1,5	0,00	0,00	0,63	0,6	0,165	0,223
0,45	0,99	0,585	1,75	0,00	0,00	0,56	0,7	0,122	0,174
0,50	1,10	0,65	2,0	0,00	0,00	0,50	0,8	0,091	0,135
			2,25	0,00	0,00	0,44	0,9	0,067	0,105
			2,5	0,00	0,00	0,38	1,0	0,050	0,082
			2,75	0,00	0,00	0,31	1,25	0,024	0,044
			3,0	0,00	0,00	0,25	1,5	0,011	0,024
			3,25	0,00	0,00	0,19	1,75	0,005	0,013
			3,5	0,00	0,00	0,13	2,0	0,002	0,007
			3,75	0,00	0,00	0,06	2,5	0,001	0,002
4,0	0,00	0,00	0,00	3,0	0,000	0,001			

Tableau 2.7 : Valeurs des fonctions définissant  $C_t(z)$

#### 2.4.6. Intensité de turbulence

L'intensité de la turbulence est définie comme étant l'écart type de la turbulence divisé par la vitesse moyenne du vent et est donnée par l'équation 2.5 a et b.

$$\begin{cases} I_v(z) = \frac{1}{C_t(z) \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} & \text{pour } z > z_{\min} & \text{(a)} \\ I_v(z) = \frac{1}{C_t(z) \times \ln\left(\frac{z_{\min}}{z_0}\right)} & \text{pour } z \leq z_{\min} & \text{(b)} \end{cases} \quad (2.5)$$

Où :

- $C_t(z)$  est le coefficient de topographie (Cf. § 2.4.5),
- $z_0$  (en m) est le paramètre de rugosité (Cf. tableau 2.4) ;
- $z_{\min}$  est la hauteur minimale (Cf. tableau 2.4).

## 2.5. Calcul de la pression due au vent

### 2.5.1. Hypothèses et conventions

Les pressions  $W_e$ , pression sur la face extérieure d'une paroi, et  $W_i$ , pression sur la face intérieure d'une paroi, sont comptées positivement s'il s'agit de surpression, et négativement s'il s'agit de dépression. On représente les pressions par des vecteurs perpendiculaires aux parois. Si le vecteur est orienté vers la paroi, il s'agit d'une surpression, sinon il s'agit d'une dépression (voir figure 2.4).

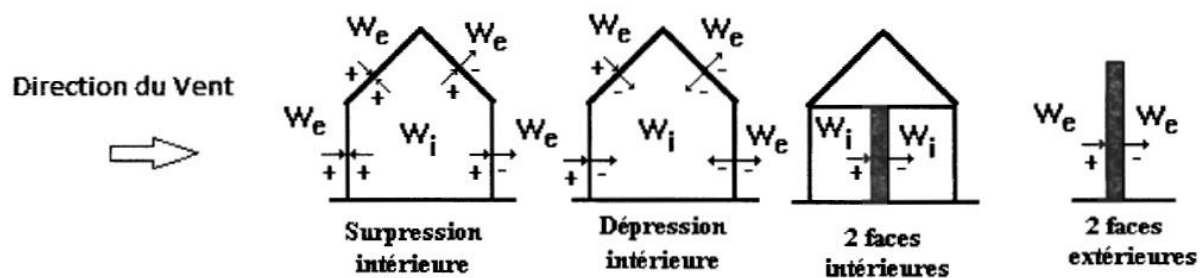


Figure 2.4 : Conventions pour la représentation des pressions sur les parois

### 2.5.2. Détermination de la pression aérodynamique

la pression aérodynamique  $W(z_j)$  agissant sur une paroi est obtenue à l'aide des formules suivantes :

- si une face de la paroi est intérieure à la construction, l'autre extérieure :

$$W(z_j) = q_p(z_e) \times [C_{pe} - C_{pi}] \quad [\text{N/m}^2] \quad (2.6)$$

- si les deux faces de la paroi sont extérieures (cas d'éléments isolés tels que toitures isolées, balcons, etc.) :

$$W(z_j) = q_p(z_e) \times C_{p,net} \quad [\text{N/m}^2] \quad (2.7)$$

- si les deux faces de la paroi sont intérieures :

$$W(z_j) = q_p(z_e) \times [C_{pi,1} - C_{pi,2}] \quad [\text{N/m}^2] \quad (2.8)$$

Où :

- $q_p(z_e)$  (en  $\text{N/m}^2$ ) est la pression dynamique de pointe calculée à la hauteur  $z_e$  relative à l'élément de surface  $j$  (Cf. § 2.3) ;
- $C_{p,net}$  (noté aussi  $C_p$  coefficient de pression) est le coefficient de pression nette donné au chapitre 5 pour certains éléments de construction (toitures isolées, balcons, etc.) ;
- $C_{pe}$  est le coefficient de pression extérieure défini au chapitre 5.
- $C_{pi}$  est le coefficient de pression intérieure défini au chapitre 5.

## 2.6. Actions d'ensemble

### 2.6.1. Calcul des forces à l'aide des coefficients de forces

La force exercée par le vent  $F_w$  agissant sur une construction ou un élément de construction peut être déterminée directement en utilisant l'expression (2.9) ou (2.10)

$$F_w = C_d \times C_f \times q_p(z_j) \times A_{ref} \quad [N] \quad (2.9)$$

Ou par sommation vectorielle sur les éléments de construction individuels à l'aide de l'expression.

$$F_w = C_d \times \sum C_f \times q_p(z_j) \times A_{ref} \quad [N] \quad (2.10)$$

Où :

- $C_d$  est le coefficient dynamique défini au chapitre 3 ;
- $C_f$  est le coefficient de force défini au chapitre 4.

### 2.6.2. Calcul des forces à l'aide des pressions de surfaces

La force exercée par le vent  $F_w$  agissant sur une construction ou un élément de construction peut être déterminée par sommation vectorielle des forces  $F_{w,e}$ ,  $F_{w,i}$  et  $F_{fr}$  respectivement données par :

- Forces extérieures :  $F_{w,e} = C_d \times \sum W_e \times A_{ref}$
- Forces intérieures :  $F_{w,i} = \sum W_i \times A_{ref}$
- Forces de frottement :  $F_{fr} = C_{fr} \times q_p(z_e) \times A_{fr}$

Où :

- $W_e$  est la pression extérieure exercée sur la surface élémentaire à la hauteur  $z_e$ , donnée par l'expression;

$$W_e = q_p(z_e) \times C_{pe}$$

- $W_i$  est la pression intérieure exercée sur la surface élémentaire à la hauteur  $z_i$ , donnée par l'expression :

$$W_i = q_p(z_i) \times C_{pi}$$

- $A_{ref}$  est l'aire de référence de la surface élémentaire ;
- $C_{fr}$  est le coefficient de frottement (Cf. tableau 2.8);
- $A_{fr}$  est l'aire de la surface extérieure parallèle au vent, (Cf. tableau 2.9);
- $z_e$  ;  $z_i$  respectivement les hauteurs de référence des pressions extérieures. et intérieures.

### 2.6.3. Effets du frottement

Les effets de frottement du vent sur la surface peuvent être négligés lorsque l'aire totale de toutes les surfaces parallèles au vent (ou faiblement inclinées par rapport à la direction du vent) est inférieure ou égale à 4 fois l'aire totale de toutes les surfaces extérieures perpendiculaires au vent (au vent et sous le vent).

État de surface	Coefficient de frottement $C_{fr}$
Lisse (acier, béton lisse, ondulations parallèles au vent, paroi enduite, etc.)	0,01
Rugueux (béton rugueux, paroi non enduite, etc.)	0,02
Très rugueux (ondulations perpendiculaires au vent, nervures, plissements, etc.)	0,04

Tableau 2.8 : Valeurs des coefficients de frottement

Pour déterminer la force de frottement, la subdivision des parois parallèles au vent (dont la somme des aires est appelée aussi aire de frottement) doit tenir compte des états de surfaces différents.

Il convient d'appliquer les forces de frottement sur la partie des surfaces extérieures parallèles au vent situées à une distance des bords au vent ou des angles au vent égale à la plus petite valeur de  $2b$  ou  $4h$

### 2.6.4. Aire de frottement

L'aire de frottement  $A_{fr}$  doit être déterminée comme indiqué dans le tableau 2.9.

Type de paroi	Schéma	$A_{fr}$ ou $A_{fr,j}$ (en $m^2$ )
Paroi verticale		$A_{fr,j} = d \times h_j$ $A_{fr} = d \times h$
Toiture plate ou couverture		$A_{fr} = d \times b$
Toiture à deux versants Vent parallèle aux génératrices		$A_{fr} = (\text{longueur ABC du développé}) \times d$
Toiture à versants multiples - Toiture en sheds Vent parallèle aux génératrices		$A_{fr} = (\text{somme des longueurs des développés de la toiture}) \times d$
Toiture à versants multiples - Toiture en sheds Vent perpendiculaire aux génératrices		$A_{fr} = (\text{longueur AB}) \times d$ AB est la longueur projetée en plan de la toiture sans considérer le premier et le dernier versant
Toiture en forme de voûte Vent parallèle aux génératrices		$A_{fr} = (\text{longueur de l'arc AB}) \times d$

Tableau 2.9 : Aire de frottement  $A_{fr}$

## COEFFICIENTS DE PRESSION

### 5.1. Coefficients de pression extérieure

#### 5.1.1. Constructions à base rectangulaire

5.1.1.1. Les coefficients de pression extérieure  $C_{pe}$  des constructions à base rectangulaire et de leurs éléments constitutifs individuels dépendent de la dimension de la surface chargée. Ils sont définis pour des surfaces chargées de  $1\text{m}^2$  et  $10\text{m}^2$ , auxquelles correspondent les coefficients de pression notés respectivement  $C_{pe,1}$  et  $C_{pe,10}$ .

5.1.1.2.  $C_{pe}$  s'obtient à partir des formules suivantes :

$$\begin{aligned}
 C_{pe} &= C_{pe,1} && \text{si : } S \leq 1 \text{ m}^2 \\
 C_{pe} &= C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) \times \log_{10}(S) && \text{si : } 1 \text{ m}^2 < S < 10 \text{ m}^2 \\
 C_{pe} &= C_{pe,10} && \text{si : } S \geq 10 \text{ m}^2
 \end{aligned}
 \tag{5.1}$$

où  $S$  (en  $\text{m}^2$ ) désigne la surface chargée de la paroi considérée.

#### 5.1.2. Parois verticales

Il convient de diviser les parois comme l'indique la figure 5.1. Les valeurs de  $C_{pe,10}$  et  $C_{pe,1}$  sont données dans le tableau 5.1.

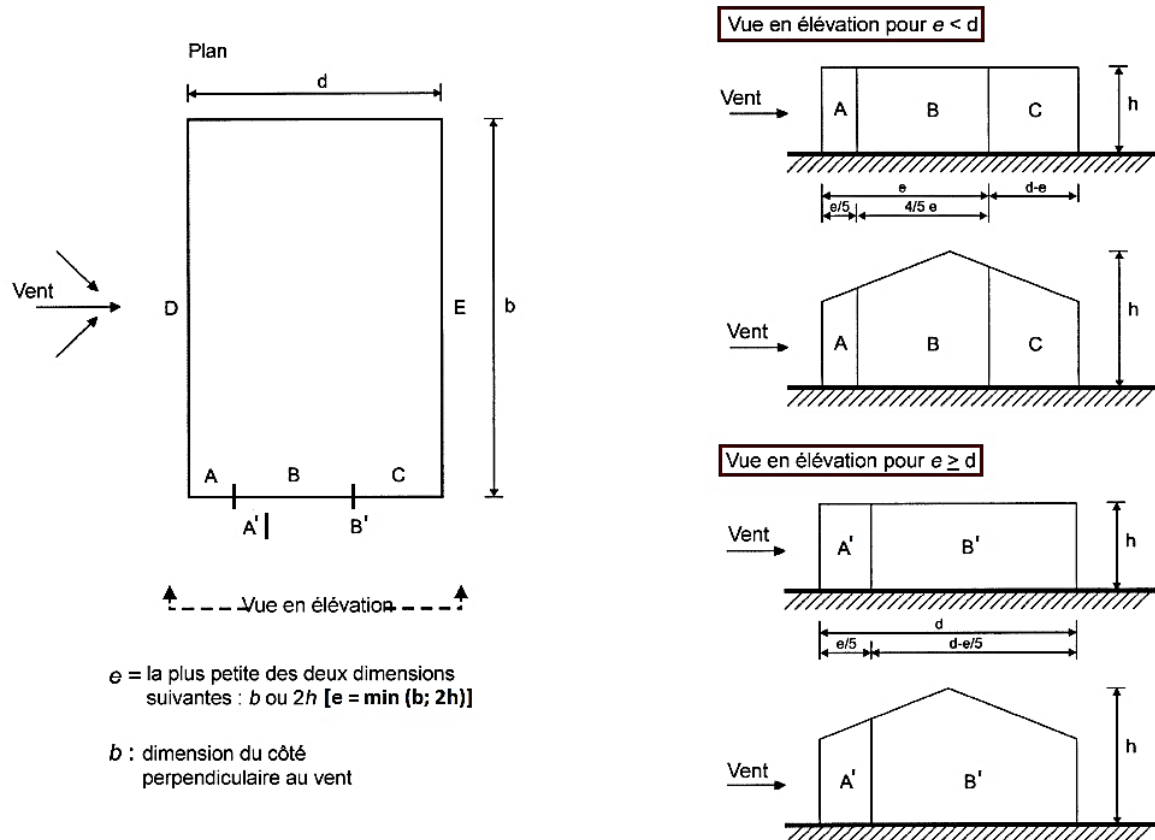


Figure 5.1 : Légende pour les parois verticales

Paroi latérale						Paroi au vent		Paroi sous le vent	
A, A'		B, B'		C		D		E	
$C_{pe, 10}$	$C_{pe, 1}$	$C_{pe, 10}$	$C_{pe, 1}$	$C_{pe, 10}$	$C_{pe, 1}$	$C_{pe, 10}$	$C_{pe, 1}$	$C_{pe, 10}$	$C_{pe, 1}$
-1,0	-1,3	-0,8	-1,0	-0,5		+0,8	+1,0	-0,3	

Figure 5.1 :  $C_{pe}$  pour les parois verticales de bâtiment à base rectangulaire

### 5.1.3. Toitures plates

Les toitures plates sont celles dont l'angle de la pente est inférieur ou égal à  $5^\circ$ .

Il convient de diviser la toiture comme l'indique la figure 5.2. Les coefficients  $C_{pe,10}$  et  $C_{pe,1}$  sont donnés dans le tableau 5.2.

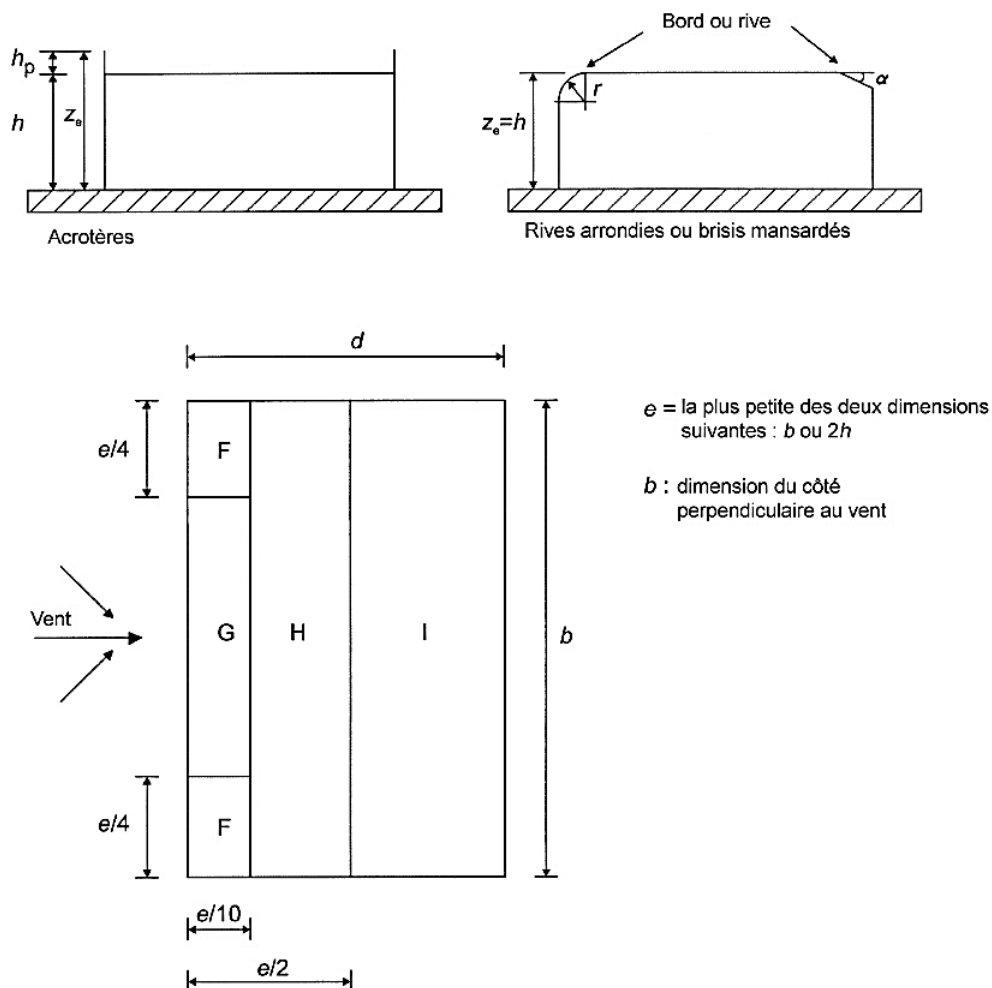


Figure 5.2 : Légende pour les toitures plates



		Zones							
		F		G		H		I	
		$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
arêtes vives (sans acrotères)		- 1,8	-2,5	- 1,2	- 2,0	- 0,7	-1,2	$\pm 0,2$	
avec acrotères	$h_p/h = 0,025$	- 1,6	- 2,2	- 1,1	- 1,8	- 0,7	-1,2	$\pm 0,2$	
	$h_p/h = 0,05$	- 1,4	- 2,0	- 0,9	- 1,6	- 0,7	-1,2	$\pm 0,2$	
	$h_p/h = 0,10$	- 1,2	- 1,8	- 0,8	- 1,4	- 0,7	-1,2	$\pm 0,2$	
rives arrondies	$r/h = 0,05$	- 1,0	- 1,5	- 1,2	- 1,8	- 0,4		$\pm 0,2$	
	$r/h = 0,10$	- 0,7	- 1,2	- 0,8	- 1,4	- 0,3		$\pm 0,2$	
	$r/h = 0,20$	- 0,5	- 0,8	- 0,5	- 0,8	- 0,3		$\pm 0,2$	
brisis mansardés	$\alpha = 30^\circ$	- 1,0	- 1,5	- 1,0	- 1,5	- 0,3		$\pm 0,2$	
	$\alpha = 45^\circ$	- 1,2	- 1,8	- 1,3	- 1,9	- 0,4		$\pm 0,2$	
	$\alpha = 60^\circ$	- 1,3	- 1,9	- 1,3	- 1,9	- 0,5		$\pm 0,2$	

Tableau 5.2 : Coefficients de pression extérieure des toitures plates

#### Notes pour le tableau 5.2

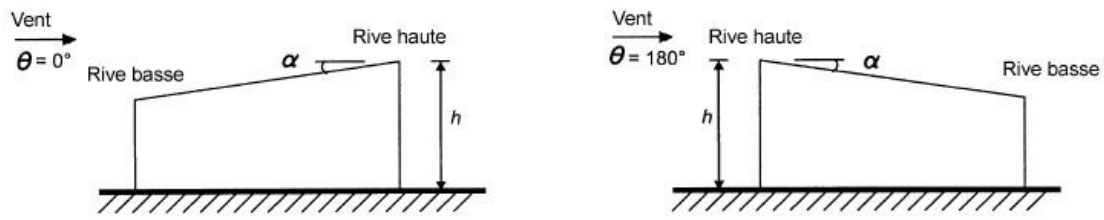
- Pour les toitures avec acrotères ou rives arrondies, une interpolation linéaire peut être faite pour les valeurs intermédiaires de  $h_p/h$  et  $r/h$  ;
- Pour les toitures à brisis mansardés, l'interpolation linéaire est admise entre  $\alpha = 30^\circ$ ,  $45^\circ$  et  $\alpha = 60^\circ$ . Pour  $\alpha > 60^\circ$ , l'interpolation linéaire est faite entre les valeurs de  $\alpha = 60^\circ$  et celles correspondant à des toitures plates à arêtes vives ;
- En zone I, où les valeurs indiquées sont positives et négatives, chacune des valeurs doit être considérée ;
- Pour le brisis mansardé lui-même, les coefficients de pression externe sont donnés par le tableau 5.4 "Coefficients de pression externe pour toitures à deux versants direction du vent :  $\theta = 0^\circ$ ", zones F et G, en fonction de l'angle du brisis ;
- Pour la rive arrondie elle-même, les coefficients de pression externe sont déterminés par interpolation linéaire le long de l'arrondi, entre les valeurs de la paroi verticale et celles de la toiture.

#### 5.1.4. Toitures inclinées à un versant

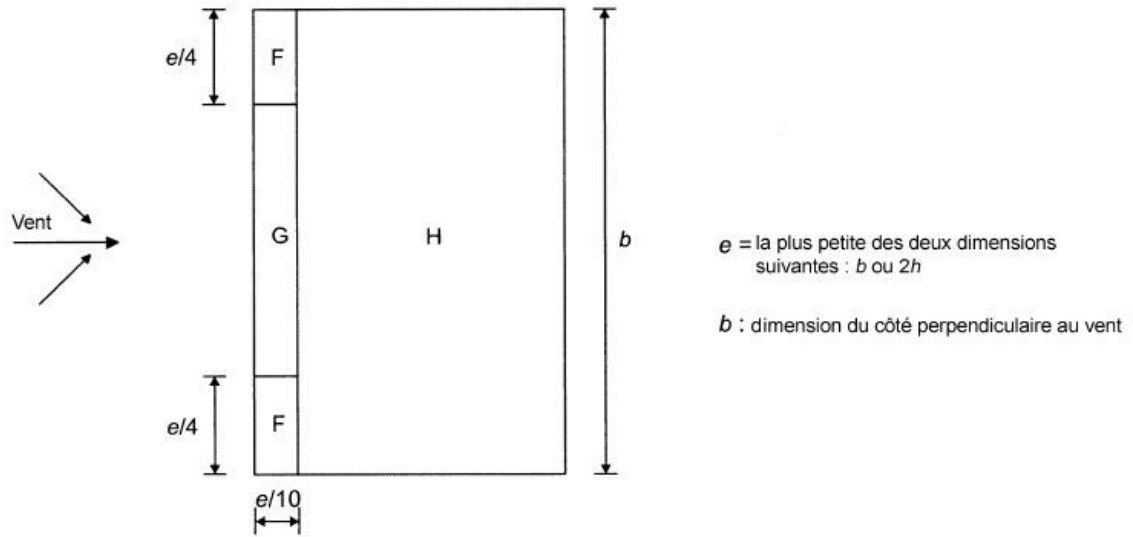
##### 5.1.4.1. La direction du vent est définie par un angle $\theta$ (voir figure 5.3) :

- $\theta = 0^\circ$  correspond à un vent dont la direction est perpendiculaire aux génératrices et frappant la rive basse de la toiture (fig. 5.3.a) ;
- $\theta = 180^\circ$  correspond à un vent dont la direction est perpendiculaire aux génératrices et frappant la rive haute de la toiture (fig. 5.3.b) ;
- $\theta = 90^\circ$  correspond à un vent dont la direction est parallèle aux génératrices (fig. 5.3.c).

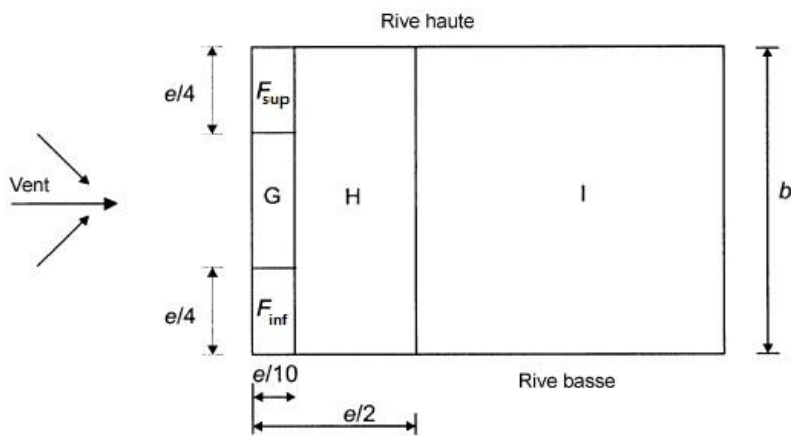
5.1.4.2. Il convient de diviser la toiture comme l'indique la figure 5.3. Les coefficients  $C_{pe,10}$  et  $C_{pe,1}$  sont donnés dans le tableau 5.3.



(a) Généralités



(b) Directions du vent  $\theta = 0^\circ$  et  $\theta = 180^\circ$



(c) Direction du vent  $\theta = 90^\circ$

Figure 5.3 : Légende pour les toitures à un versant

Angle de Pente $\alpha$	Zones pour vents de direction $\theta = 0^\circ$						Zones pour vents de direction $\theta = 180^\circ$					
	F		G		H		F		G		H	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
	+0,0		+0,0		+0,0							
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3	-0,3	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2
	+0,2		+0,2		+0,2							
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2	-0,2	-1,1	-2,3	-0,8	-1,5	-0,8	-0,8
	+0,7		+0,7		+0,7							
45°	0,0		0,0		0,0	0,0	-0,6	-1,3	-0,5		-0,7	
	+0,7		+0,7		+0,6							
60°	+0,7		+0,7		+0,7	+0,7	-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	
	+0,8		+0,8		+0,8	+0,8	-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	

Tableau 5.3.a : Coefficients de pression extérieure pour toitures à un versant

Vent de direction  $\theta = 0^\circ$  et  $180^\circ$

Zones pour vent de direction  $\theta = 90^\circ$

Angle de Pente $\alpha$	F <sub>sup</sub>		F <sub>inf</sub>		G		H		I	
	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>
	5°	-2.1	-2.6	-2.1	-2.4	-1.8	-2.0	-0.6	-1.2	-0.5
15°	-2.4	-2.9	-1.6	-2.4	-1.9	-2.5	-0.8	-1.2	-0.7	-1.2
30°	-2.1	-2.9	-1.3	-2.0	-1.5	-2.0	-1.0	-1.3	-0.8	-1.2
45°	-1.5	-2.4	-1.3	-2.0	-1.4	-2.0	-1.0	-1.3	-0.9	-1.2
60°	-1.2	-2.0	-1.2	-2.0	-1.2	-2.0	-1.0	-1.3	-0.7	-1.2
75°	-1.2	-2.0	-1.2	-2.0	-1.2	-2.0	-1.0	-1.3	-0.5	-1.2

Tableau 5.3.b : Coefficients de pression extérieure pour toitures à un versant

Vent de direction  $\theta = 90^\circ$

**Notes pour les tableaux 5.3.a et 5.3.b.**

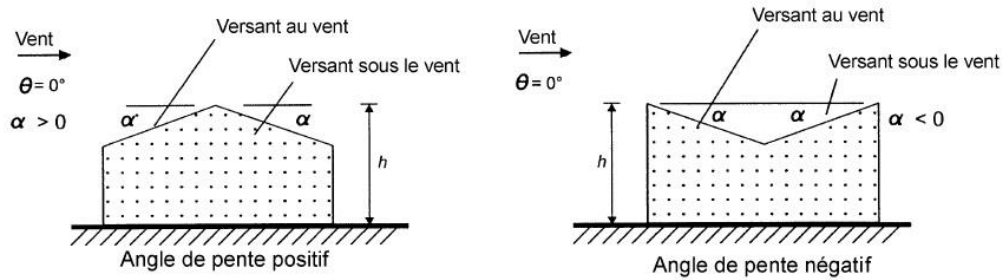
- Pour  $\theta = 0^\circ$ , la pression passe rapidement de valeurs positives à des valeurs négatives pour des pentes  $\alpha$  de l'ordre de  $5^\circ$  à  $45^\circ$ . C'est la raison pour laquelle des valeurs positives et négatives sont données pour ces pentes. Pour ces toitures, il convient de prendre en considération deux cas : un cas présentant toutes les valeurs positives, et un cas présentant toutes les valeurs négatives. Il n'est pas admis dans le cas des toitures à un versant de prendre des valeurs positives et négatives en même temps.
- Pour les pentes intermédiaires, l'interpolation linéaire entre valeurs de même signe est admise. Les valeurs égales à 0.0 sont données à cette fin d'interpolation..

5.1.5. Toitures à deux versants

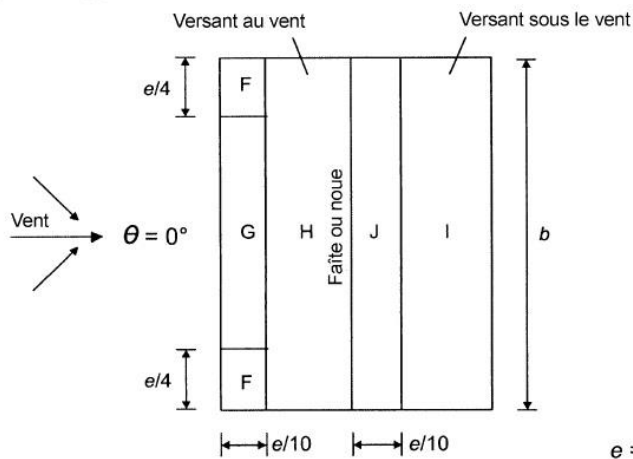
5.1.5.1. La direction du vent est définie par un angle  $\theta$  (voir figure 5.4) :

- $\theta = 0^\circ$  pour un vent dont la direction est perpendiculaire aux génératrices;
- $\theta = 90^\circ$  pour un vent dont la direction est parallèle aux génératrices.

5.1.5.2. Il convient de diviser la toiture comme indiqué sur la figure 5.4. Les coefficients de pression  $C_{pe,10}$  et  $C_{pe,1}$  sont donnés dans le tableau 5.4.



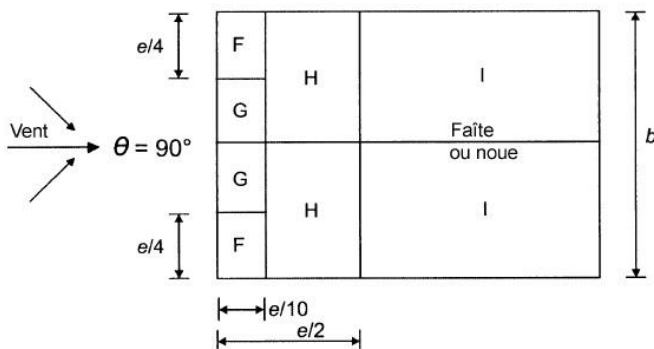
(a) Généralités



$e$  = la plus petite des deux dimensions suivantes :  $b$  ou  $2h$

(b) Direction du vent  $\theta = 0^\circ$

$b$  : dimension du côté perpendiculaire au vent



(c) Direction du vent  $\theta = 90^\circ$

Figure 5.4 : Légende pour les toitures à deux versants

Angle de pente $\alpha$	Zones pour vent de direction $\theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	+0,2		+0,2	
							-0,6		-0,6	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6		+0,2	
	+0,0		+0,0		+0,0				-0,6	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	+0,2		+0,2		+0,2		+0,0		0,0	0,0
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	0,7		0,7		0,4		0,0		0,0	
45°	0,0		0,0		0,0		-0,2		-0,3	
	+0,7		+0,7		+0,6		0,0		0,0	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3	

Angle de pente $\alpha$	Zones pour vent de direction $\theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	

Tableau 5.4 : Coefficients de pression extérieure pour toitures à deux versants

#### Notes pour le tableau 5.4

- Quand  $\theta = 0^\circ$ , la pression passe rapidement de valeurs positives à des valeurs négatives pour des pentes  $\alpha$  de l'ordre de  $15^\circ$  à  $30^\circ$ . C'est la raison pour laquelle des valeurs positives et négatives sont données ;
- Pour les pentes intermédiaires de même signe, l'interpolation linéaire entre valeurs de même signe est admise (ne pas interpoler entre  $\alpha = +5^\circ$  et  $\alpha = -5^\circ$  mais exploiter les données concernant les toitures plates, cf. § 5.1.3) ;
- Pour les toitures dissymétriques, les coefficients de pression sont toujours déterminés par la pente du versant au vent.

### 5.1.6. Toitures à quatre versants

5.1.6.1. La direction du vent est définie par un angle  $\theta$  (voir figure 5.5) :

- $\theta = 0^\circ$  pour un vent dont la direction est perpendiculaire au faîtage ;
- $\theta = 90^\circ$  pour un vent dont la direction est parallèle au faîtage.

5.1.6.2. Il convient de diviser la toiture comme indiqué sur la figure 5.5. Les valeurs de  $C_{pe,10}$  et  $C_{pe,l}$  sont donnés dans le tableau 5.5.

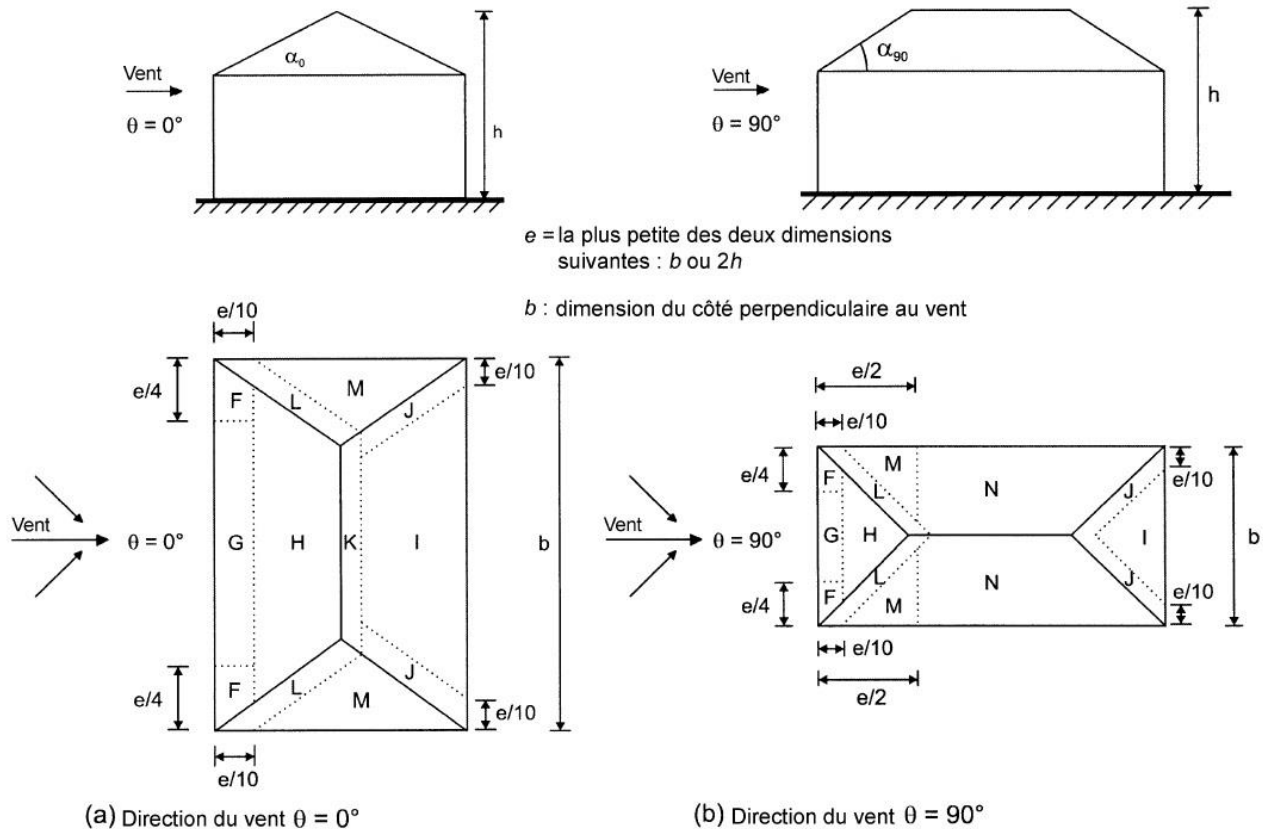


Figure 5.5 : Légende pour les toitures à quatre versants

Zones pour vent de direction  $\theta = 0^\circ$  et  $\theta = 90^\circ$

Angle de pente $\alpha$	F		G		H		I		J		K		L		M		N			
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$		
+5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,3	-0,6	-0,6	-0,6	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6	-1,2	-0,4			
	0,0	0,0	0,0	0,0																
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,5	-1,0	-1,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6	-1,2	-0,3				
	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2																
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4	-0,7	-1,2	-0,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2	-0,2			
	0,5	0,7	0,7	0,4																
45°	0,0		0,0		0,0		-0,3	-0,6	-0,3	-0,3	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2	-0,2			
	+0,7	+0,7	+0,7	+0,6																
60°	0,7		0,7		0,7		-0,3	-0,6	-0,3	-0,3	-1,2	-2,0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,2				
	0,8	0,8	0,8	0,8																
75°	0,8		0,8		0,8		-0,3	-0,6	-0,3	-0,3	-1,2	-2,0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,2				

Tableau 5.5 : Coefficients de pression extérieure des toitures à quatre versants

Notes pour le tableau 5.5

- Quand  $\theta = 0^\circ$  la pression passe rapidement des valeurs positives aux valeurs négatives sur le versant au vent pour des pentes de l'ordre de  $+ 15^\circ$  à  $+ 30^\circ$  ; c'est la raison pour laquelle les valeurs positives et négatives sont données ;
- Pour les pentes intermédiaires de même signe, l'interpolation linéaire, entre valeurs de même signe, est admise (ne pas interpoler entre  $\alpha = + 5^\circ$  et  $\alpha = -5^\circ$  mais exploiter les données du paragraphe 1.1.3. concernant les toitures plates) ;
- Les coefficients de pression sont toujours déterminés par la pente du versant au vent.



### 5.1.7. Toitures à redans (shed)

5.1.7.1. Pour un vent dont la direction est parallèle aux génératrices, les coefficients de pression de chaque versant des toitures à redans s'obtiennent en utilisant les valeurs des toitures inclinées à un versant pour  $\theta = 90^\circ$  (Cf. § 5.1.4).

5.1.7.2. Pour un vent dont la direction est perpendiculaire aux génératrices, on prendra les valeurs de  $C_{pe}$  des toitures inclinées à un versant modifiées pour leur position selon la figure 5.6a et 5.6b selon le signe de  $C_{pe}$ .

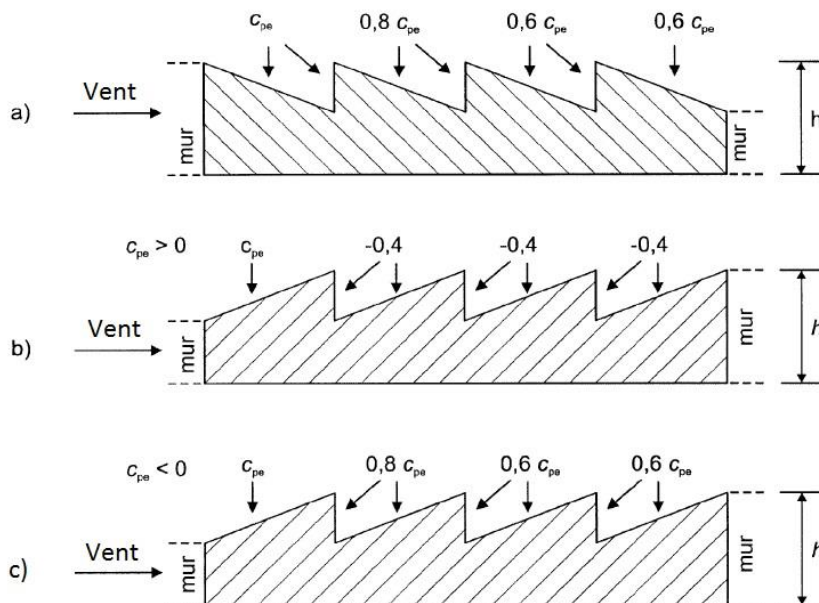


Figure 5.6 : Légende pour les toitures à redans

### 5.1.8. Toitures à versants multiples

5.1.8.1. Pour un vent dont la direction est parallèle aux génératrices, les coefficients de pression de chaque versant s'obtiennent en utilisant les valeurs des toitures à un versant pour  $\theta = 90^\circ$  (Cf. § 5.1.4).

5.1.8.2. Pour un vent dont la direction est perpendiculaire aux génératrices, on prendra les valeurs de  $C_{pe}$  des toitures à deux versants pour  $\alpha < 0^\circ$  (Cf. 5.1.5) modifiées pour leur position selon la figure 5.7.a et 5.7b :

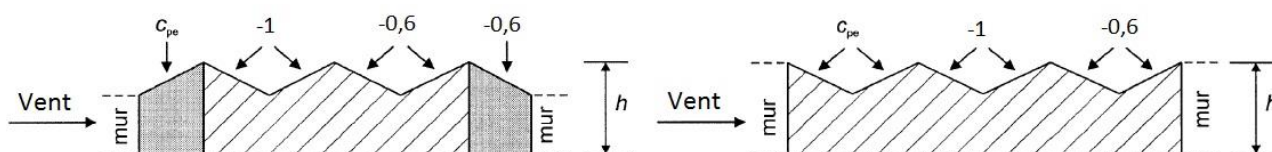


Figure 5.7 : Légende pour les toitures à versants multiples

### 5.1.9. Toitures en forme de voûte

5.1.9.1. Pour un vent perpendiculaire aux génératrices, les coefficients de pression sont donnés sur la figure 5.8.b. Il convient de diviser la toiture comme l'indique la figure 5.8.a.

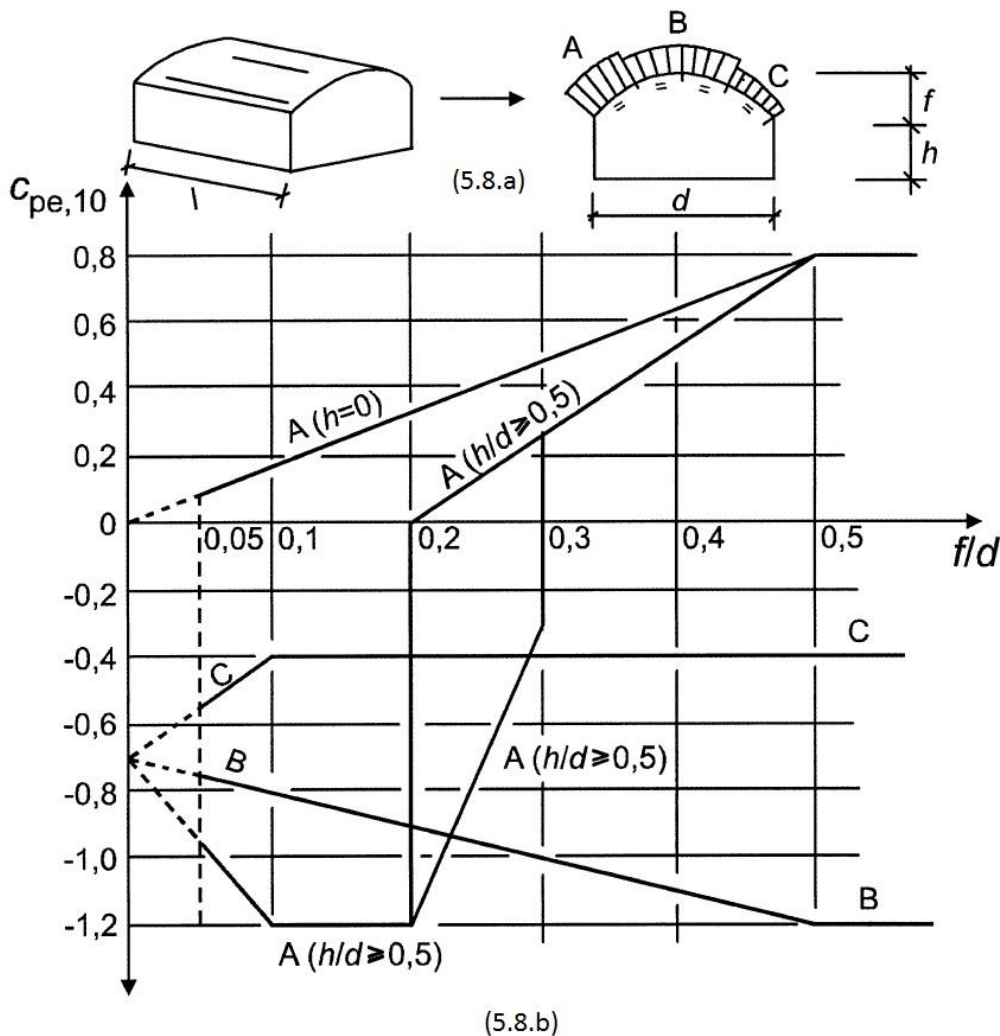


Figure 5.8 :  $C_{pe}$  pour toitures en voûtes à base rectangulaire :  
(a) subdivision de la toiture ; (b) valeurs de  $C_{pe}$

#### Notes pour la figure 5.8

- Pour  $0 \leq h/d \leq 0,5$ ,  $C_{pe}$  s'obtient par interpolation linéaire.
- Pour  $0,2 \leq f/d \leq 0,3$  et  $h/d \geq 0,5$ , deux valeurs de  $C_{pe}$  doivent être prises en compte.
- Le diagramme n'est pas applicable aux toitures terrasses.

Les coefficients de pression sur les parois verticales sont donnés au paragraphe 5.1.2.

**5.1.9.2.** Pour un vent parallèle aux génératrices, on adopte pour  $C_{pe}$  la valeur correspondant à une toiture à deux versants (Cf. § 5.1.5) pour  $\theta = 90^\circ$  en prenant pour  $\alpha$  (en degré) l'angle entre l'horizontale et la corde reliant la naissance de la voûte et son sommet (voir figure 5.9).

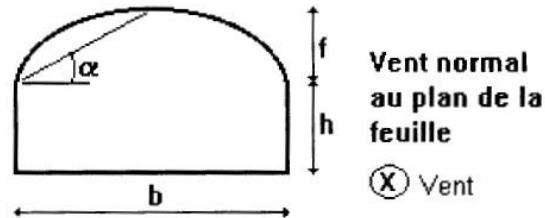


Figure 5.9 : Toiture en voûte - Vent parallèle aux génératrices

### 5.1.10. Avancées de toits et débords

**5.1.10.1.** Pour les avancées de toits (fig.5.10.a), la pression exercée sur la partie supérieure est égale à la pression de la zone définie pour la toiture elle-même. La pression exercée sur la face inférieure est égale à la pression de la zone du mur directement rattachée à l'avancée de toits.

**5.1.10.2.** Dans le cas de débord ne faisant pas continuité avec la toiture (fig.5.10.b), on prendra  $C_p = 2,5$  pour l'auvent ou débord.

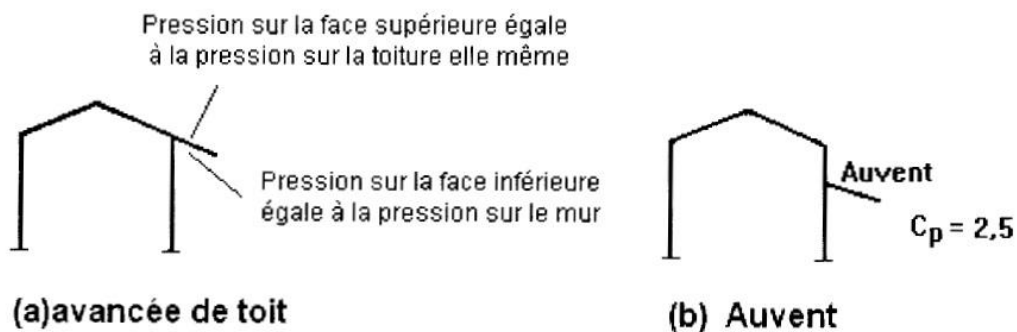


Figure 5.10 :  $C_p$  pour (a) avancée de toit (b) auvent ne faisant pas continuité avec la toiture

### 5.1.11. Parois verticales des constructions à base circulaire

Les coefficients  $C_{pe}$  des parois verticales des constructions à base circulaire sont donnés par:

$$\begin{cases} C_{p,e} = C_{p,o} & \text{pour } 0^\circ \leq \alpha \leq \alpha_{\min} \\ C_{p,e} = C_{p,o} \times \left[ \psi_\lambda + (1 - \psi_\lambda) \cdot \cos \left( \frac{\pi}{2} \cdot \left( \frac{\alpha - \alpha_{\min}}{\alpha_A - \alpha_{\min}} \right) \right) \right] & \text{pour } \alpha_{\min} \leq \alpha < \alpha_A \\ C_{p,e} = C_{p,o} \times \psi_\lambda & \text{pour } \alpha_A \leq \alpha \leq 180 \end{cases} \quad (5.2)$$

Où:

- $C_{p,0}$  est le coefficient de pression extérieure pour un élancement infini ;  $C_{p,0}$  est donné par la figure 5.12 ou le tableau 5.6 en chaque point du cylindre (défini par un angle de rotation  $\alpha$ ) en fonction du paramètre  $b \times \sqrt{q_p}$
- $\alpha_A$  (en degrés) est la position du point de décollement de l'écoulement (voir figure 5.11),
- $\alpha_{min}$  (en degrés) est la position de la pression minimale, (voir figure 5.11) ;
- $\psi_\lambda$  est le facteur d'élancement (Cf. chapitre 4, § 1.2).

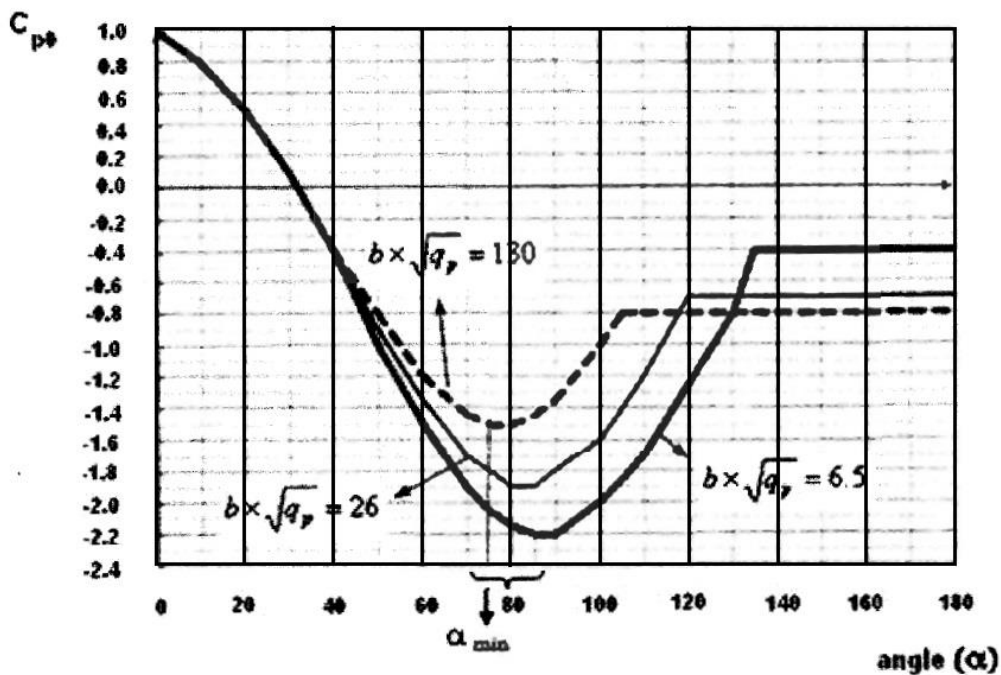
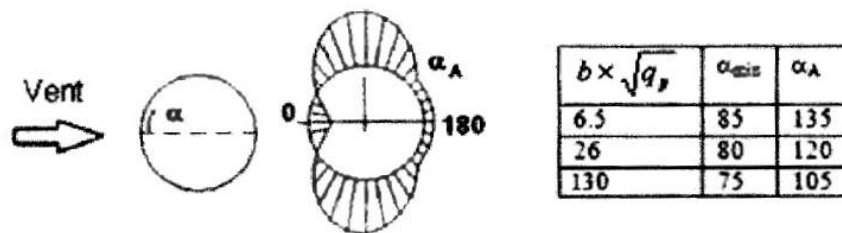


Figure 5.11 :  $C_{p,0}$  pour les parois verticales des constructions à base circulaires

Angle $\alpha$ (°)	$b \times \sqrt{q_p} = 6.5$	$b \times \sqrt{q_p} = 26$	$b \times \sqrt{q_p} = 130$
0	1	1	1
10	0.8	0.8	0.8
20	0.5	0.5	0.5
30	0.1	0.1	0.1
40	-0.4	-0.4	-0.4
50	-1	-0.9	-0.8
60	-1.5	-1.35	-1.2
70	-1.9	-1.7	-1.45
75	-2.05	-1.8	-1.5
80	-2.15	-1.9	-1.5
85	-2.2	-1.9	-1.45
90	-2.2	-1.8	-1.35
100	-2	-1.6	-1
105	-1.85	-1.4	-0.8
110	-1.7	-1.2	-0.8
120	-1.25	-0.7	-0.8
130	-0.8	-0.7	-0.8
135	-0.4	-0.7	-0.8
140	-0.4	-0.7	-0.8
150	-0.4	-0.7	-0.8
160	-0.4	-0.7	-0.8
170	-0.4	-0.7	-0.8
180	-0.4	-0.7	-0.8

Tableau 5.6 :  $C_{p0}$  pour parois verticales des constructions à bases circulaires

### 5.1.12. Toiture en forme de sphère ou de calotte sphérique

Il convient de diviser la toiture comme l'indique la figure 5.12. Les coefficients de pression sont donnés sur la figure 5.13.

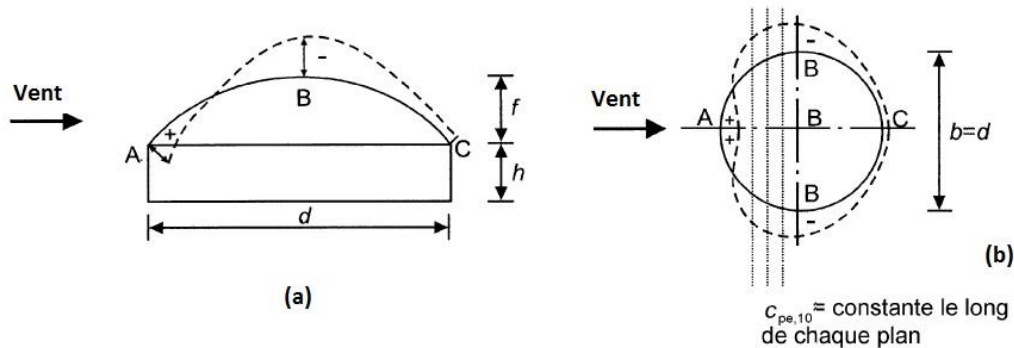


Figure 5.12 : Divisions des toitures en forme de calotte sphérique

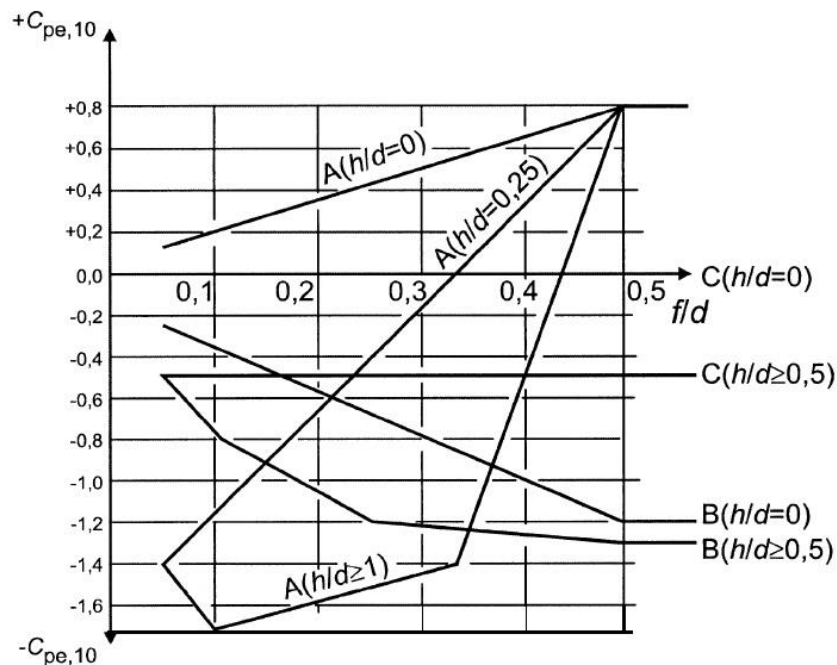


Figure 5.13 : Coefficients  $C_{pe}$  pour toitures en dômes à base circulaire

#### Notes pour la figure 5.13

- $C_{pe}$  est constant sur la longueur des arcs de cercle formés par les intersections de la calotte sphérique avec les plans perpendiculaires au vent. Par exemple l'arc passant par BBB et tous les arcs parallèles à BBB ;
- Ce coefficient peut être déterminé par interpolation linéaire entre les valeurs en A, B et C le long des arcs de cercle parallèles au vent ;
- Pour les valeurs  $h/d$  autres que celles cités sur la fig.5.13 l'interpolation linéaire est permise ;
- Les coefficients  $C_{pe}$  de la figure 5.13 sont valables quelle que soit la valeur de la surface chargée.

## 5.2. Coefficients de pression intérieure

### 5.2.1. Principes et définitions

**5.2.1.1.** La combinaison la plus défavorable des pressions extérieure et intérieure, considérées comme agissant simultanément, doit être envisagée simultanément pour chaque combinaison potentielle d'ouvertures et autres sources de fuite d'air.

**5.2.1.2.** Les valeurs des coefficients de pression intérieure  $C_{pi}$  données ci-après sont valables pour tous les types de paroi (simple ou double avec lame d'air).

---

*Dans le cas d'une paroi verticale ou horizontale, présentant une couche d'air intermédiaire (faux-plafond, bardage par exemple), l'action du vent sur la partie extérieure ou intérieure de la paroi peut se calculer en considérant un coefficient de pression intérieure dans la couche d'air intermédiaire. Toute méthode connue qui prend en compte les pressions dans les lames d'air peut être utilisée.*

---

**5.2.1.3.** Lorsque, sur au moins deux faces du bâtiment (façades ou toiture), l'aire totale des ouvertures existant sur chacune des faces représente 30 % de l'aire de cette face, il convient de calculer les actions exercées sur la construction à partir des règles définies pour les toitures isolées.

**5.2.1.4.** Une face d'un bâtiment est considérée comme dominante lorsque l'aire des ouvertures dans la dite face est au moins égale à deux fois l'aire des ouvertures et des fuites d'air dans les autres faces du bâtiment.

### 5.2.2. Valeurs de $C_{pi}$

**5.2.2.1.** Dans le cas d'un bâtiment ayant une face dominante (Cf. 5.2.1.4), le coefficient de pression intérieure est donné par:

- $C_{pi}=0.75 C_{pe}$ ; lorsque l'aire des ouvertures dans la face dominante est égale à deux fois l'aire des ouvertures dans les autres faces, et;
- $C_{pi}=0.90 C_{pe}$  ; Lorsque l'aire des ouvertures dans la face dominante est au moins égale à trois fois l'aire des ouvertures dans les autres faces.

Où :

$C_{pe}$  est la valeur du coefficient de pression extérieure au niveau des ouvertures de la face dominante. Lorsque ces ouvertures sont situées dans des zones avec des valeurs différentes de pressions extérieures, il est recommandé d'utiliser une valeur moyenne pondérée en surface de  $C_{pe}$ .

**5.2.2.2.** Pour les bâtiments sans face dominante, le coefficient de pression intérieure  $C_{pi}$  est déterminé à partir de la figure 5.14 avec (h) la hauteur du bâtiment, (d) sa profondeur et  $\mu_p$  l'indice de perméabilité donné par :

$$\mu_p = \frac{\sum \text{des surfaces des ouvertures où } C_{pe} \leq 0}{\sum \text{des surfaces de toutes les ouvertures}}$$

---

*Les ouvertures considérées ici sont les orifices de toute nature débouchant sur l'extérieur et au travers desquels l'air peut circuler.*

---

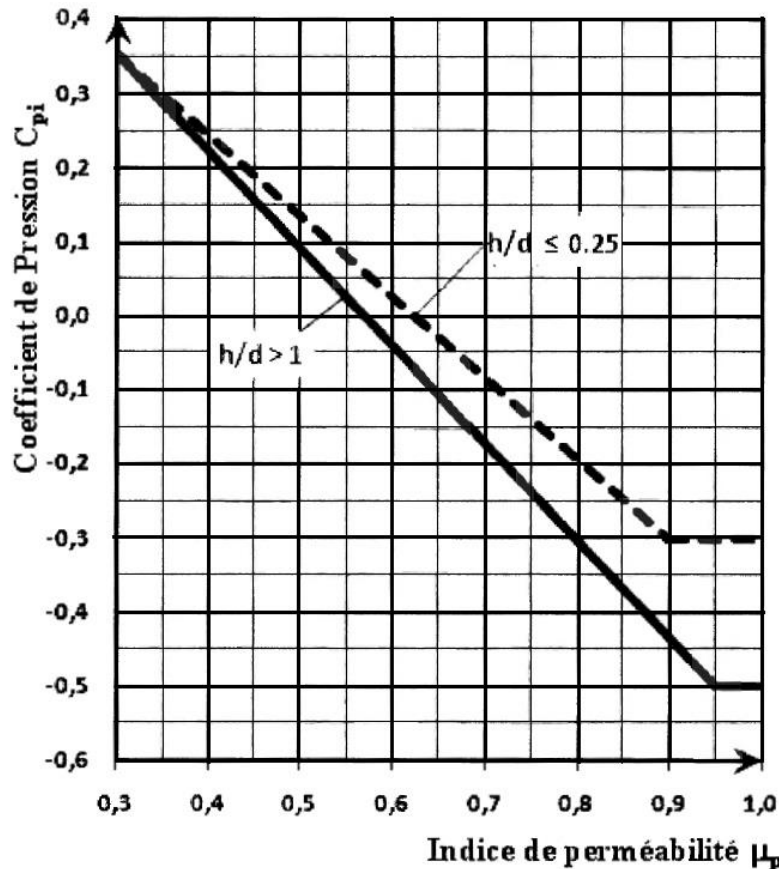


Figure 5.14 : Coefficients de pression intérieure  $C_{pi}$  des bâtiments sans face dominante

**Note pour la figure 5.14**

- Pour les valeurs comprises entre  $h/d = 0,25$  et  $h/d = 1$  une interpolation linéaire peut être utilisée.

**5.2.2.3** La hauteur de référence pour les pressions intérieures est égale à la hauteur de référence  $z_e$  pour les pressions extérieures exercées sur les faces qui contribuent par leurs ouvertures à la création des pressions intérieures. Lorsqu'il existe plusieurs ouvertures la plus grande valeur de  $z_e$  est utilisée.

**5.2.2.4** Le coefficient de pression intérieure des silos ouverts et des cheminées est égal à  $C_{pi} = 0,60$ .

**5.2.2.5** Le coefficient de pression intérieure des réservoirs ventilés par ouvertures de petites dimensions est égal à  $C_{pi} = 0,40$ .



**ANNEXE 1 :****ZONES DE VENT**

Pour l'obtention des zones de vent, on a recours à la notion de vitesse de référence du vent. Celle-ci est définie de la manière suivante :

La vitesse de référence du vent,  $V_{\text{réf}}$ , est la vitesse moyenne sur dix minutes mesurée dans les conditions conventionnelles avec une probabilité annuelle de dépassement égale à 0,02 (ce qui correspond à une période de retour de 50 ans).

Quatre (04) zones de vent ont été définies (zones I, II III et IV). Les valeurs de la vitesse de référence correspondantes à chaque zone sont présentées dans le tableau A1.

Zone	$V_{\text{réf}}$ (m/s)
I	25
II	27
III	29
IV	31

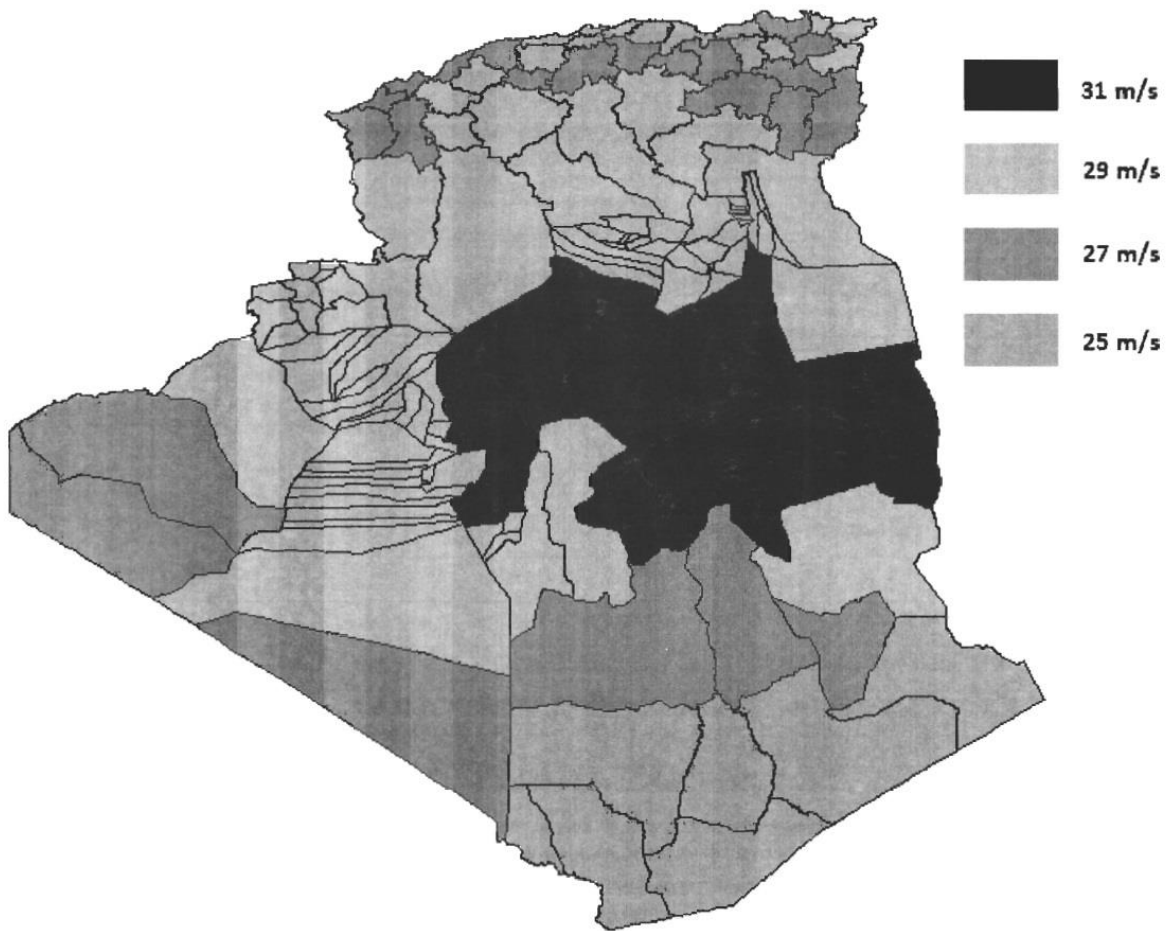
*Tableau A1 : Valeurs de la vitesse de référence du vent*

Le tableau A2 donne la classification des zones climatiques du vent des wilayas et communes du territoire national

CODE	WILAYA	Zone de vent
01	<b>ADRAR</b> Commune de TIMIAOUINE	I
	Commune de BORDJ BADJI MOKHTAR	II
	Toutes les autres communes	III
02	<b>CHLEF</b>	II
03	<b>LAGHOUAT</b>	III
04	<b>OUM EL BOUAGHI</b>	II
05	<b>BATNA</b>	II
06	<b>BEJAIA</b>	I
07	<b>BISKRA</b>	III
08	<b>BECHAR</b> Toutes les communes à l'exception de la commune de TEBALBALA	III
	Commune de TABELBALA	II
09	<b>BLIDA</b>	I
10	<b>BOUIRA</b>	II
11	<b>TAMANGHASSET</b> Commune de : FOUGGARAT EZ ZOUAIA	IV
	Commune de: IN SALAH, IN GHAR,	III
	Commune de : IDLES, IN AMGAL	II
	Toutes les autres communes	I
12	<b>TEBESSA</b>	II
13	<b>TLEMCEN</b>	II
14	<b>TIARET</b>	III
15	<b>TIZI OUZOU</b>	I
16	<b>ALGER</b>	I
17	<b>DJELFA</b>	III
18	<b>JIJEL</b>	I
19	<b>SETIF</b>	II
20	<b>SAIDA</b>	III
21	<b>SKIKDA</b>	II
22	<b>SIDI BEL ABBES</b>	II
23	<b>ANNABA</b>	III
24	<b>GUELMA</b>	II

25	<b>CONSTANTINE</b>	<b>I</b>
26	<b>MEDEA</b>	<b>II</b>
27	<b>MOSTAGANEM</b>	<b>II</b>
28	<b>M'SILA</b>	<b>III</b>
29	<b>MASCARA</b>	<b>III</b>
30	<b>OUARGLA :</b> Commune de : HASSI MESSAOUD	<b>IV</b>
	Toutes les autres communes	<b>III</b>
31	<b>ORAN</b>	<b>II</b>
32	<b>EL BAYADH</b>	<b>III</b>
33	<b>ILLIZI</b> Commune de Djanet	<b>I</b>
	Commune de : Illizi	<b>III</b>
	Commune de Bordj EL Houadj	<b>II</b>
	Toutes les autres communes	<b>IV</b>
34	<b>BORDJ BOU ARRERIDJ</b>	<b>II</b>
35	<b>BOUMERDES</b>	<b>I</b>
36	<b>EL TARF</b>	<b>III</b>
37	<b>TINDOUF</b> Communes de :TINDOUF, ELASSEL	<b>II</b>
	Toutes les autres communes	<b>III</b>
38	<b>TISSEMSILT</b>	<b>II</b>
39	<b>EL OUED</b>	<b>III</b>
40	<b>KHENCHELA</b>	<b>II</b>
41	<b>SOUK AHRAS</b>	<b>III</b>
42	<b>TIPAZA</b>	<b>I</b>
43	<b>MILA</b>	<b>I</b>
44	<b>AIN DEFLA</b>	<b>I</b>
45	<b>NAAMA</b>	<b>III</b>
46	<b>AIN TEMOUCHENT</b>	<b>II</b>
47	<b>GHARDAIA</b> Communes de : HASSIEL GARAA, GOLEA, HASSI LEFHAL	<b>IV</b>
	Toutes les autres communes	<b>III</b>
48	<b>RELIZANE</b>	<b>III</b>

Tableau A.2 : Zones climatiques du vent



Zones climatiques de vent