

|  |   |
|--|---|
| 1.- CHARGE DE VENT.....                        | 2 |
| 1.1.- Données générales.....                   | 2 |
| 1.2.- Pression dynamique.....                  | 2 |
| 1.2.1.- Coefficient de rugosité.....           | 3 |
| 1.2.2.- Facteur topographiques.....            | 4 |
| 1.2.3.- Pression dynamique par niveau.....     | 4 |
| 1.3.- Pression de conception.....              | 5 |
| 1.3.1.- Coefficients de pression.....          | 5 |
| 1.3.2.- Facteur d'effet de rafale.....         | 5 |
| 1.3.3.- Pression de conception par niveau..... | 7 |
| 1.4.- Charge de vent per niveau.....           | 8 |



## 1.- CHARGE DE VENT

Norme utilisée: NF EN 1991-1-4 (2005)

Eurocode 1: Actions sur les structures - Partie 1-4: Actions générales - Actions du vent. Document National d'Application pour la France (NF EN 1991-1-4/NA)

Méthode de calcul: Procédure analytique (EN 1991-1-4 (2005), 5.1)

### 1.1.- Données générales

Données de l'emplacement

Région (NF EN 1991-1-4 (2005), 4.2): 1

V: Vitesse de référence (NF EN 1991-1-4 (2005), 4.2)

V : 22.0 m/s

Période de service: 50 années

Catégorie du terrain (NF EN 1991-1-4 (2005), 4.3.2)

Catégorie 0

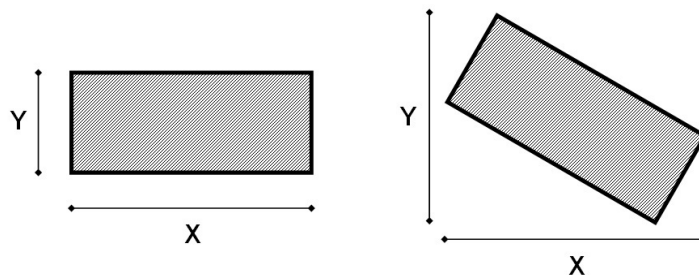
Orographie du terrain (NF EN 1991-1-4 (2005), 4.3.3)

Direction X [0° - 180°]: Plat

Direction X [90° - 270°]: Plat

Largeur de bande

Les largeurs de bande sont les longueurs de la façade exposée en direction perpendiculaire à la charge de vent.



| Niveau         | Largeur X (m) | Largeur Y (m) |
|----------------|---------------|---------------|
| Casetón        | 4.00          | 4.00          |
| Cubierta       | 10.00         | 10.00         |
| Tercera planta | 10.00         | 10.00         |
| Segunda planta | 10.00         | 10.00         |
| Planta baja    | 10.00         | 10.00         |

Coefficients appliqués à la charge de vent

+X: 1.00 -X: 1.00

+Y: 1.00 -Y: 1.00

### 1.2.- Pression dynamique

La pression dynamique de pointe  $q_p$ , évaluée à la hauteur  $z$ , doit être calculée au moyen de l'expression suivante:

$$q_p(z) = \left[ 1 + 7 \cdot I_v(z) \right] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$$

Paramètres nécessaires pour obtenir la pression dynamique

$v_m$ : Vitesse moyenne du vent (NF EN 1991-1-4 (2005), 4.3.1)

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b$$

$v_b$ : Vitesse basique du vent (NF EN 1991-1-4 (2005), 4.2)



# Justification de l'action du vent

Ejemplo práctico de cálculo

Date: 13/11/19

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot c_{prob} \cdot v_{b,0}$$

$v_{b,0}$ : Valeur de base de la vitesse de référence (NF EN 1991-1-4 (2005), 4.2)

$v_{b,0}$  : 22.0 m/s

$c_{dir}$ : Coefficient de direction (NF EN 1991-1-4 (2005), 4.2)

$c_{season}$ : Coefficient saisonnier (NF EN 1991-1-4 (2005), 4.2)

$c_{season}$  : 1.00

$c_{prob}$ : Coefficient de probabilité (NF EN 1991-1-4 (2005), 4.2)

$c_{prob}$  : 1.00

$$c_{prob} = \left( \frac{1 - K \cdot \ln(-\ln(1-p))}{1 - K \cdot \ln(-\ln(0.98))} \right)^n$$

K: 0.15

n: 0.5

p: Période de service

p : 50 années

$c_r(z)$ : Coefficient de rugosité (NF EN 1991-1-4 (2005), 4.3.2)

$c_o(z)$ : Coefficient orographique (NF EN 1991-1-4 (2005), 4.3.3)

r: Masse volumique de l'air (NF EN 1991-1-4 (2005), 4.5)

r : 1.225 t/m<sup>2</sup>

$I_v(z)$ : Intensité de la turbulence à la hauteur z (NF EN 1991-1-4 (2005), 4.4)

$$I_v(z) = \frac{k_1}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)} \quad z_{\min} \leq z$$

$$I_v(z) = I_v(z_{\min}) \quad z < z_{\min}$$

$k_1$ : Coefficient de turbulence (NF EN 1991-1-4 (2005), 4.4)

$$k_1 = 1 - 2 \cdot 10^{-4} (\log_{10}(z_0) + 3)^6$$

$c_o$ : Coefficient orographique (NF EN 1991-1-4 (2005), 4.3.3)

$z_0$ : Longueur de rugosité (NF EN 1991-1-4 (2005), 4.1)

$z_{\min}$ : Hauteur minimale (NF EN 1991-1-4 (2005), 4.1)

## 1.2.1.- Coefficient de rugosité

$c_r(z)$ : Coefficient de rugosité (NF EN 1991-1-4 (2005), 4.3.2)

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) \quad z_{\min} \leq z$$

$$c_r(z) = c_r(z_{\min}) \quad z < z_{\min}$$

$$k_r = 0.19 \cdot (z_0/0.05)^{0.07}$$

Paramètres du terrain (NF EN 1991-1-4 (2005), Tableau 4.1)

| Direction      | Vent à 0°   | Vent à 90°  | Vent à 180° | Vent à 270° |
|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Exposition     | Catégorie 0 | Catégorie 0 | Catégorie 0 | Catégorie 0 |
| $z_0$ (m)      | 0.01        | 0.01        | 0.01        | 0.01        |
| $z_{\min}$ (m) | 1.00        | 1.00        | 1.00        | 1.00        |

Coefficient de rugosité par sol (NF EN 1991-1-4 (2005), 4.3.2)



# Justification de l'action du vent

Ejemplo práctico de cálculo

Date: 13/11/19

| c <sub>r</sub> (z) |           |            |             |             |
|--------------------|-----------|------------|-------------|-------------|
| Exposition         | Vent à 0° | Vent à 90° | Vent à 180° | Vent à 270° |
| Casetón            | 1.28      | 1.28       | 1.28        | 1.28        |
| Cubierta           | 1.28      | 1.28       | 1.28        | 1.28        |
| Tercera planta     | 1.23      | 1.23       | 1.23        | 1.23        |
| Segunda planta     | 1.23      | 1.23       | 1.23        | 1.23        |
| Planta baja        | 1.23      | 1.23       | 1.23        | 1.23        |

| c <sub>r</sub> (h) |           |            |             |             |
|--------------------|-----------|------------|-------------|-------------|
| Exposition         | Vent à 0° | Vent à 90° | Vent à 180° | Vent à 270° |
| h                  | 1.28      | 1.28       | 1.28        | 1.28        |

## 1.2.2.- Facteur topographiques

c<sub>o</sub>(z): Coefficient orographique (NF EN 1991-1-4 (2005), 4.3.3)

$$\begin{cases} C_o(z)=1 & \phi < 0.05 \\ C_o(z)=1+s_{\max} \cdot \left(1 - \frac{|x|}{k_{\text{red}} \cdot L}\right) \cdot e^{-\alpha(z/L)} & \phi \geq 0.05 \end{cases}$$

S<sub>max</sub>, a, k<sub>red</sub>: Paramètres relatifs à la détermination de C<sub>o</sub> (z) ((NF EN 1991-1-4 (2005), Figures A.2 et A.3))

f: Pente du versant au vent (NF EN 1991-1-4 (2005), 4.3.3)

Coefficient orographique (NF EN 1991-1-4 (2005), 4.3.3)

| c <sub>o</sub> (z) |           |            |             |             |
|--------------------|-----------|------------|-------------|-------------|
| Direction          | Vent à 0° | Vent à 90° | Vent à 180° | Vent à 270° |
| Casetón            | 1.00      | 1.00       | 1.00        | 1.00        |
| Cubierta           | 1.00      | 1.00       | 1.00        | 1.00        |
| Tercera planta     | 1.00      | 1.00       | 1.00        | 1.00        |
| Segunda planta     | 1.00      | 1.00       | 1.00        | 1.00        |
| Planta baja        | 1.00      | 1.00       | 1.00        | 1.00        |

| c <sub>o</sub> (h) |           |            |             |             |
|--------------------|-----------|------------|-------------|-------------|
| Direction          | Vent à 0° | Vent à 90° | Vent à 180° | Vent à 270° |
| h                  | 1.00      | 1.00       | 1.00        | 1.00        |

Coefficient de turbulence (NF EN 1991-1-4 (2005), 4.4)

| k <sub>l</sub> (z) |           |            |             |             |
|--------------------|-----------|------------|-------------|-------------|
| Direction          | Vent à 0° | Vent à 90° | Vent à 180° | Vent à 270° |
| Casetón            | 1.00      | 1.00       | 1.00        | 1.00        |
| Cubierta           | 1.00      | 1.00       | 1.00        | 1.00        |
| Tercera planta     | 1.00      | 1.00       | 1.00        | 1.00        |
| Segunda planta     | 1.00      | 1.00       | 1.00        | 1.00        |
| Planta baja        | 1.00      | 1.00       | 1.00        | 1.00        |

| k <sub>l</sub> (h) |           |            |             |             |
|--------------------|-----------|------------|-------------|-------------|
| Direction          | Vent à 0° | Vent à 90° | Vent à 180° | Vent à 270° |
| h                  | 1.00      | 1.00       | 1.00        | 1.00        |

## 1.2.3.- Pression dynamique par niveau

La pression dynamique de pointe q<sub>p</sub>, évaluée à la hauteur (NF EN 1991-1-4 (2005), 4.5), doit être calculée au moyen de l'expression suivante:



# Justification de l'action du vent

Ejemplo práctico de cálculo

Date: 13/11/19

| $q_p(z)$ (t/m <sup>2</sup> ) |           |            |             |             |
|------------------------------|-----------|------------|-------------|-------------|
| Niveau                       | Vent à 0° | Vent à 90° | Vent à 180° | Vent à 270° |
| Casetón                      | 0.093     | 0.093      | 0.093       | 0.093       |
| Cubierta                     | 0.093     | 0.093      | 0.093       | 0.093       |
| Tercera planta               | 0.088     | 0.088      | 0.088       | 0.088       |
| Segunda planta               | 0.088     | 0.088      | 0.088       | 0.088       |
| Planta baja                  | 0.088     | 0.088      | 0.088       | 0.088       |

| $q_p(h)$ (t/m <sup>2</sup> ) |           |            |             |             |
|------------------------------|-----------|------------|-------------|-------------|
| Niveau                       | Vent à 0° | Vent à 90° | Vent à 180° | Vent à 270° |
| h                            | 0.093     | 0.093      | 0.093       | 0.093       |

## 1.3.- Pression de conception

Les pressions de conception pour le système principal résistant à la force du vent doivent être déterminées via l'expression suivante:

$$w = \left( q_p(z) C_{pe,u} - q_p(h) C_{pe,d} \right) \cdot c_s c_d \quad (\text{NF EN 1991-1-4 (2005), 5.2 et fig. 5.1})$$

Où:

$q_p(z)$ : Pression dynamique de pointe à la hauteur z

$q_p(h)$ : Pression dynamique de pointe à la hauteur h

$C_{pe,u}$ : Coefficient de pression extérieur au vent

$C_{pe,d}$ : Coefficient de pression extérieur sous le vent

$C_{scd}$ : Coefficient structural (NF EN 1991-1-4 (2005), 6.3.1)

### 1.3.1.- Coefficients de pression

Direction X [0° - 180°]

$C_{pe,u}$ : Coefficient de pression extérieur au vent (NF EN 1991-1-4 (2005), Tableau 7.1)

$$C_{pe,u} : \underline{0.69}$$

$C_{pe,d}$ : Coefficient de pression extérieur sous le vent (NF EN 1991-1-4 (2005), Tableau 7.1)

$$C_{pe,d} : \underline{-0.45}$$

h/d: Ratio

$$h/d : \underline{1.5}$$

h: Hauteur de la structure

$$h : \underline{13.75} \text{ m}$$

d: Profondeur de la construction (dimension parallèle à la direction du vent)

$$d : \underline{9.31} \text{ m}$$

b: Largeur de la structure (dimension perpendiculaire à la direction du vent)

$$b : \underline{9.31} \text{ m}$$

Direction Y [90° - 270°]

$C_{pe,u}$ : Coefficient de pression extérieur au vent (NF EN 1991-1-4 (2005), Tableau 7.1)

$$C_{pe,u} : \underline{0.69}$$

$C_{pe,d}$ : Coefficient de pression extérieur sous le vent (NF EN 1991-1-4 (2005), Tableau 7.1)

$$C_{pe,d} : \underline{-0.45}$$

h/d: Ratio

$$h/d : \underline{1.5}$$

h: Hauteur de la structure

$$h : \underline{13.75} \text{ m}$$

d: Profondeur de la construction (dimension parallèle à la direction du vent)

$$d : \underline{9.31} \text{ m}$$

b: Largeur de la structure (dimension perpendiculaire à la direction du vent)

$$b : \underline{9.31} \text{ m}$$

### 1.3.2.- Facteur d'effet de rafale

Fréquence fondamentale

$n_1$ : Fréquence fondamentale

$$n_1 : \underline{3.35} \text{ Hz}$$

$$n_1 = \frac{46}{h}$$



# Justification de l'action du vent

Ejemplo práctico de cálculo

Date: 13/11/19

h: Hauteur de la structure

h : 13.75 m

Coefficient structural

Le coefficient structural est déterminé via l'expression suivante:

$$c_s c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot I_v(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot I_v(z_s)} \quad (\text{NF EN 1991-1-4 (2005), 6.3.1})$$

$I_v(z)$ : Intensité de la turbulence à la hauteur z (NF EN 1991-1-4 (2005), 4.4)

$$I_v(z) = \frac{k_t}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)} \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$I_v(z) = I_v(z_{\min}) \quad z < z_{\min}$$

$z_s$ : Hauteur de référence

$$z_s = \text{MAX}(0,6 \cdot h, z_{\min})$$

h: Hauteur de la structure

h : 13.75 m

$c_o$ : Coefficient orographique (NF EN 1991-1-4 (2005), 4.3.3)

$z_0$ : Longueur de rugosité (NF EN 1991-1-4 (2005), Tableau 4.1)

$z_{\min}$ : Hauteur minimale (NF EN 1991-1-4 (2005), Tableau 4.1)

$k_p$ : Facteur de pointe (NF EN 1991-1-4 (2005), B.2)

$$k_p = \text{MAX} \left( \sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)}}, 3 \right)$$

T: Temps moyen pour la vitesse du vent

T : 600 s

v: Fréquence moyenne d'oscillation

$$v = n_1 \sqrt{\frac{R^2}{B^2 + R^2}} \geq 0.08$$

$n_1$ : Fréquence fondamentale

$$n_1 = \frac{46}{h}$$

h: Hauteur de la structure

h : 13.75 m

$B^2$ : Facteur de réponse de fond (NF EN 1991-1-4 (2005), B.2)

$$B^2 = \frac{1}{1 + 0.9 \left( \frac{b+h}{L(z_s)} \right)^{0.63}}$$

b: Largeur de la structure (dimension perpendiculaire à la direction du vent)

h: Hauteur de la structure

L(z): Échelle intégrale de longueur de turbulence

$$L(z) = L_t \left( \frac{z}{z_t} \right)^\alpha \quad z \geq z_{\min}$$



# Justification de l'action du vent

Ejemplo práctico de cálculo

Date: 13/11/19

$$L(z) = L(z_{\min}) \quad z \geq z_{\min}$$

$$L_t = 300m; z_t = 200m; \alpha = 0.67 + 0.05 \ln(z_0)$$

R<sup>2</sup>: Facteur de réponse pour la résonance (NF EN 1991-1-4 (2005), B.2)

$$R^2 = \frac{\pi^2}{2 \cdot \delta} \cdot S_L(z_s, n_1) \cdot R_h(\eta_h) \cdot R_b(\eta_b)$$

d: Défaillance logarithmique totale de l'amortissement

d : 0.10

S<sub>L</sub>(z, n): (NF EN 1991-1-4 (2005), B.1)

$$S_L(z, n) = \frac{6.8 \cdot f_L(z, n)}{(1 + 10.2 \cdot f_L(z, n))^{5/3}}$$

$$f_L(z_s, n_{1x}) = \frac{n_1 \cdot L(z)}{v_m(z)}$$

R<sub>h</sub>, R<sub>b</sub>: Fonctions d'admittance aérodynamiques (NF EN 1991-1-4 (2005), B.2)

$$R_h = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2} (1 - e^{-2\eta}); \eta = \frac{4.6h}{L(z_s)} f_L(z_s, n_1)$$

$$R_b = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2} (1 - e^{-2\eta}); \eta = \frac{4.6b}{L(z_s)} f_L(z_s, n_1)$$

Paramètres du terrain (NF EN 1991-1-4 (2005), Tableau 4.1)

| Exposition           | Vent à 0° | Vent à 90° | Vent à 180° | Vent à 270° |
|----------------------|-----------|------------|-------------|-------------|
| z <sub>0</sub> (m)   | 0.01      | 0.01       | 0.01        | 0.01        |
| z <sub>min</sub> (m) | 1.00      | 1.00       | 1.00        | 1.00        |

Calcul du coefficient structural, c<sub>s</sub>c<sub>d</sub>

| Exposition                       | Vent à 0° | Vent à 90° | Vent à 180° | Vent à 270° |
|----------------------------------|-----------|------------|-------------|-------------|
| I <sub>v</sub> (z <sub>s</sub> ) | 0.13      | 0.13       | 0.13        | 0.13        |
| L(z <sub>s</sub> )               | 82.46     | 82.46      | 82.46       | 82.46       |
| B <sup>2</sup>                   | 0.71      | 0.71       | 0.71        | 0.71        |
| R <sup>2</sup>                   | 0.03      | 0.03       | 0.03        | 0.03        |
| K <sub>p</sub>                   | 3.63      | 3.63       | 3.63        | 3.63        |
| c <sub>s</sub> c <sub>d</sub>    | 1.00      | 1.00       | 1.00        | 1.00        |

1.3.3.- Pression de conception par niveau

Pression de conception, w (NF EN 1991-1-4 (2005), 5.2 et fig. 5.1)

| Niveau         | w (t/m <sup>2</sup> ) |            |             |             |
|----------------|-----------------------|------------|-------------|-------------|
|                | Vent à 0°             | Vent à 90° | Vent à 180° | Vent à 270° |
| Casetón        | 0.107                 | 0.107      | 0.107       | 0.107       |
| Cubierta       | 0.107                 | 0.107      | 0.107       | 0.107       |
| Tercera planta | 0.103                 | 0.103      | 0.103       | 0.103       |
| Segunda planta | 0.103                 | 0.103      | 0.103       | 0.103       |
| Planta baja    | 0.103                 | 0.103      | 0.103       | 0.103       |



# Justification de l'action du vent

Ejemplo práctico de cálculo

Date: 13/11/19

## 1.4.- Charge de vent per niveau

Les charges de vent pour la conception du système principal résistant à la force du vent doivent être déterminées via l'expression suivante:

$$F_i = p_i \cdot A_i \cdot c$$

Où:

$F_i$ : Charge de vent qui agit sur le niveau 'i'

$p_i$ : Pression de conception dans le niveau 'i'

$A_i$ : Aire du niveau 'i' sur laquelle la pression de conception du vent agit

$$A_i = b_i \cdot h_i \quad [m^2]$$

$b_i$ : Largeur de la bande du niveau 'i' perpendiculaire à la direction de l'analyse

$h_i$ : Hauteur du niveau 'i'

$c$ : Coefficient appliqué à l'action du vent

| Vent à 0° (+X) |                       |       |       |       |
|----------------|-----------------------|-------|-------|-------|
| Niveau         | p (t/m <sup>2</sup> ) | b (m) | h (m) | F (t) |
| Casetón        | 0.107                 | 4.00  | 1.50  | 0.644 |
| Cubierta       | 0.107                 | 10.00 | 2.93  | 3.138 |
| Tercera planta | 0.103                 | 10.00 | 2.85  | 2.945 |
| Segunda planta | 0.103                 | 10.00 | 2.85  | 2.945 |
| Planta baja    | 0.103                 | 10.00 | 2.98  | 3.074 |

| Vent à 90° (-Y) |                       |       |       |        |
|-----------------|-----------------------|-------|-------|--------|
| Niveau          | p (t/m <sup>2</sup> ) | b (m) | h (m) | F (t)  |
| Casetón         | 0.107                 | 4.00  | 1.50  | -0.644 |
| Cubierta        | 0.107                 | 10.00 | 2.93  | -3.138 |
| Tercera planta  | 0.103                 | 10.00 | 2.85  | -2.945 |
| Segunda planta  | 0.103                 | 10.00 | 2.85  | -2.945 |
| Planta baja     | 0.103                 | 10.00 | 2.98  | -3.074 |

| Vent à 180° (-X) |                       |       |       |        |
|------------------|-----------------------|-------|-------|--------|
| Niveau           | p (t/m <sup>2</sup> ) | b (m) | h (m) | F (t)  |
| Casetón          | 0.107                 | 4.00  | 1.50  | -0.644 |
| Cubierta         | 0.107                 | 10.00 | 2.93  | -3.138 |
| Tercera planta   | 0.103                 | 10.00 | 2.85  | -2.945 |
| Segunda planta   | 0.103                 | 10.00 | 2.85  | -2.945 |
| Planta baja      | 0.103                 | 10.00 | 2.98  | -3.074 |

| Vent à 270° (+Y) |                       |       |       |       |
|------------------|-----------------------|-------|-------|-------|
| Niveau           | p (t/m <sup>2</sup> ) | b (m) | h (m) | F (t) |
| Casetón          | 0.107                 | 4.00  | 1.50  | 0.644 |
| Cubierta         | 0.107                 | 10.00 | 2.93  | 3.138 |
| Tercera planta   | 0.103                 | 10.00 | 2.85  | 2.945 |
| Segunda planta   | 0.103                 | 10.00 | 2.85  | 2.945 |
| Planta baja      | 0.103                 | 10.00 | 2.98  | 3.074 |