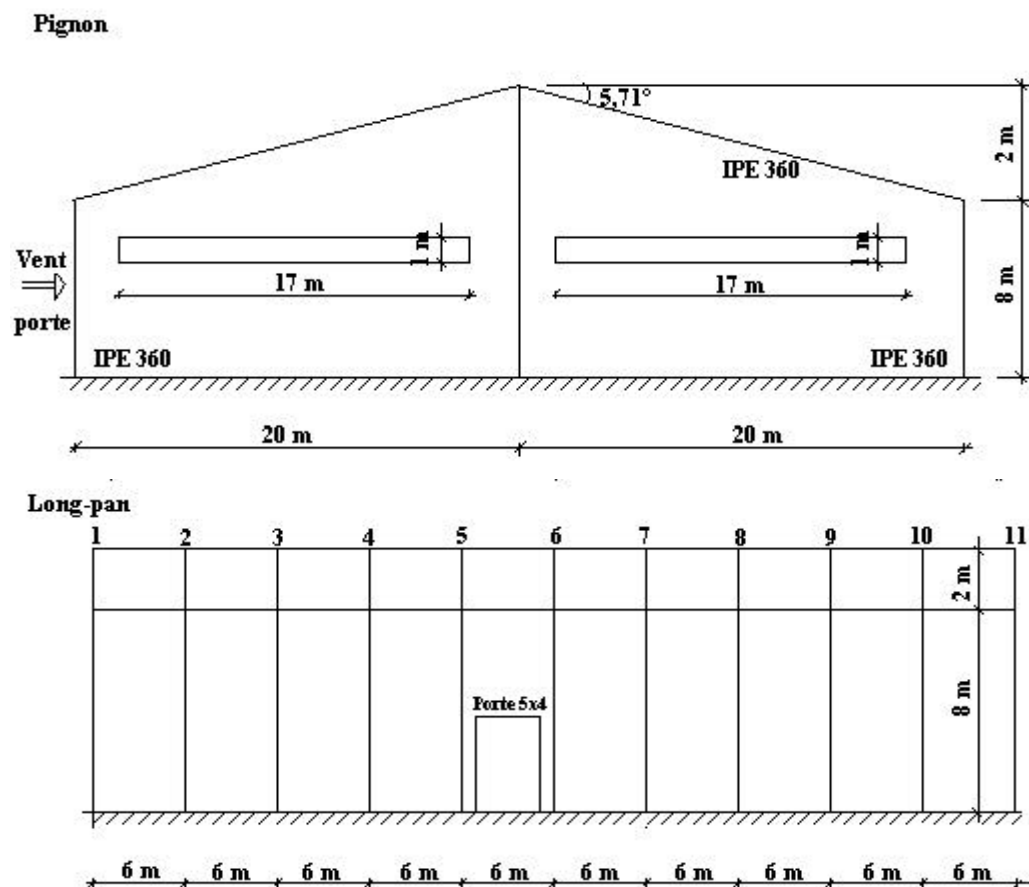


ETUDE CLIMATIQUE (Neige et Vent)

I. DONNEES DU PROJET



I. DONNEES DU PROJET

Pour des raisons pédagogiques, les dimensions de l'exemple traité ici sont différentes de celles du projet à rendre, à savoir:

Largeur (côté pignon): 40 m (au lieu de 24 m)

Largeur de chaque fenêtre: 17 m (au lieu de 6 m)

Porte (côté longpan): 5 m x 4 m au lieu de 6 m x 5 m

Le reste est inchangé.

D'autre part, la halle de cet exemple est implantée:

- à Alger → Neige: zone B et Vent: zone I

- à une altitude (au dessus du niveau de la mer): $H = 100$ m

- sur site plat → $C_t(z) = 1$

- en zone industrielle → terrain de catégorie III → $K_t = 0.22$, $Z_0 = 0.3$ m et $Z_{min} = 8$ m

I) CALCUL DE LA CHARGE DE NEIGE

La charge caractéristique de neige S par unité de surface en projection horizontale de toiture s'obtient par la formule suivante: $S = \mu \cdot S_k$, où:

S_k (en kN/m^2) est la charge de neige sur le sol, donnée en zone B, par:

$$S_k = \frac{0.04 H + 10}{100} \rightarrow S_k = \frac{0.04.H + 10}{100} = \frac{0.04 \times 100 + 10}{100} = 0.14 \text{ kN/m}^2$$

μ , coefficient de forme et donné au paragraphe 6:

Toiture à 2 versants de pente $\alpha = \frac{2}{20} = 0.1 \text{ rad} \approx 6^\circ$ $\alpha < 15^\circ \rightarrow \mu = 0.8$

Finalement, $S = 0.8 \times 0.14 \text{ kN/m}^2 = 112 \text{ N/m}^2$

En fait, S est la charge de neige normale, donc:

$$S_n = 112 \text{ N/m}^2 \text{ et } S_e = \frac{5}{3} S_n = 186.67 \text{ N/m}^2$$

III) CALCUL DE LA CHARGE DE VENT

Pression due au vent sur un élément de surface (j)

Pour une halle industrielle (catégorie I), la pression du vent sur un élément (j) est:

$$q_j = C_d \cdot q_{\text{dyn}}(Z_j) \cdot [C_{pe} - C_{pi}]$$

C_d et q_{dyn} sont respectivement le coefficient dynamique et la pression dynamique,

Z_j (en m) est :

- la distance verticale mesurée à partir du niveau du sol au centre de l'élément j si cet élément de surface est vertical ;
- la hauteur totale de la construction si cet élément de surface j fait partie de la toiture

C_{pe} et C_{pi} sont les coefficients de pression extérieure et intérieure.

Remarque: Pour les calculs, on doit considérer les 2 directions du vent, à savoir:

Le vent V_1 (perpendiculaire au long-pan) et le vent V_2 (perpendiculaire au pignon).

1. Coefficient dynamique C_d :

Sa valeur est donnée, pour une structure métallique, par la figure 3.2 en fonction de la largeur b et de la hauteur h de la paroi considérée.

a) Vent V_1 (perpendiculaire au long-pan)

$$h = 9 \text{ m}, b = 60 \text{ m} \rightarrow C_d \approx 0.88 < 1.2, \text{ donc la structure est peu sensible au vent } V_1$$

b) Vent V_2 (perpendiculaire au pignon)

$$h = 9 \text{ m}, b = 40 \text{ m} \rightarrow C_d \approx 0.9 < 1.2, \text{ donc la structure est peu sensible au vent } V_2$$

2. Pression dynamique q_{dyn} : $q_{\text{dyn}} = q_{\text{ref}} \cdot C_e$.

La structure est de hauteur totale égale à 10 m, elle est donc considérée comme un seul élément (cf. chapitre 2, § 3.1.1). On calculera donc la pression dynamique:

- à $z = 10$ m pour la toiture (cf. chapitre 2, § 3.2),
- à $z = 4$ m pour les parois verticales (c'est à dire à mi-hauteur, cf. chapitre 2, §3.2).

2.1) Pression dynamique de référence (construction permanente):

$$q_{\text{ref}} = 375 \text{ N / m}^2 \quad (\text{Alger zone de vent I})$$

2.2) Coefficient d'exposition au vent $C_e(z)$

La structure est peu sensible aux excitations dynamiques dans les deux directions du vent. Le coefficient d'exposition sera donc calculé à l'aide de la formule (2.13):

$$C_e(z) = C_t^2 \cdot C_r^2 \cdot \left[1 + \frac{7 \cdot K_T}{C_r \cdot C_t} \right]$$

- Coefficient de topographie $C_t = 1$ (site plat)
- Coefficient de rugosité C_r :

Il est calculé à l'aide de la formule (2.15):

$$C_r(z) = \begin{cases} K_T \cdot \ln \frac{Z_{\min}}{Z_0} & \text{pour } Z \leq Z_{\min} \\ K_T \cdot \ln \frac{Z}{Z_0} & \text{pour } Z_{\min} \leq Z \leq 200 \text{ m} \end{cases} ; \text{Ln} = \text{Logarithme népérien}$$

Le tableau (2.4) donne pour une zone industrielle:

$K_T = 0.22$, $Z_0 = 0.3$ m et $Z_{\min} = 8$ m

$$\text{Paroi verticale } (Z = 4 \text{ m} < Z_{\min}) \rightarrow C_r(4) = 0.22 \ln \frac{8}{0.3} \approx 0.72$$

$$\text{Toiture } (Z_{\min} < Z = 10 \text{ m} < 200 \text{ m}) \rightarrow C_r(10) = 0.22 \ln \frac{10}{0.3} \approx 0.77$$

Alors, le coefficient d'exposition C_e est:

$$\text{Pour une paroi verticale: } C_e(4) = 1^2 \cdot (0.72)^2 \cdot \left[1 + \frac{7 \cdot (0.22)}{1 \cdot (0.72)} \right] \approx 1.63$$

$$\text{Pour la toiture: } C_e(10) = 1^2 \cdot (0.77)^2 \cdot \left[1 + \frac{7 \cdot (0.22)}{1 \cdot (0.77)} \right] \approx 1.78$$

2.3) Pression dynamique q_{dyn} :

Finalement,

Pour les parois verticales: $q_{\text{dyn}} = 375 \cdot (1.63) \text{ N/m}^2 \approx 615 \text{ N/m}^2$

Pour la toiture: $q_{\text{dyn}} = 375 \cdot (1.78) \text{ N/m}^2 \approx 670 \text{ N/m}^2$

3. Coefficients de pression C_{pe} et C_{pi} :

3.1) Vent sur long-pan (V_1):

3.1.1) Coefficient de pression extérieure, C_{pe}

C_{pe} s'obtient à l'aide de l'une des 3 formules (5.1) suivant la surface chargée $S(m^2)$:

Surface chargée des parois verticales:

Côté longpan: $S_L = 60 \text{ m} \times 8 \text{ m} = 480 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow C_{pe} = C_{pe,10}$

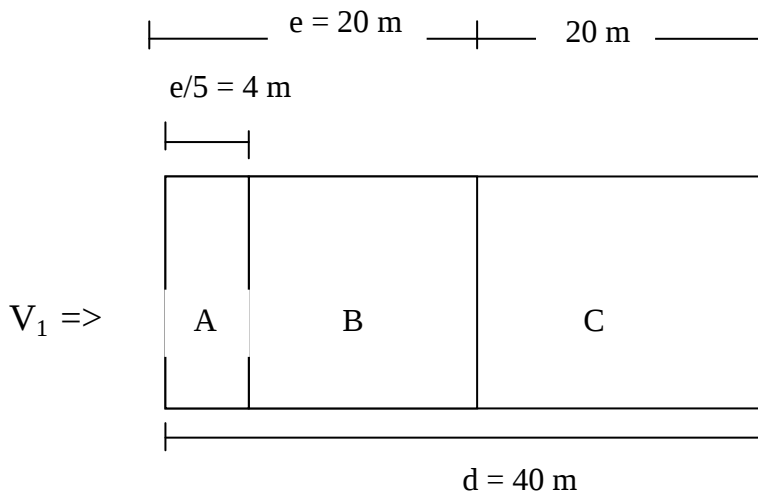
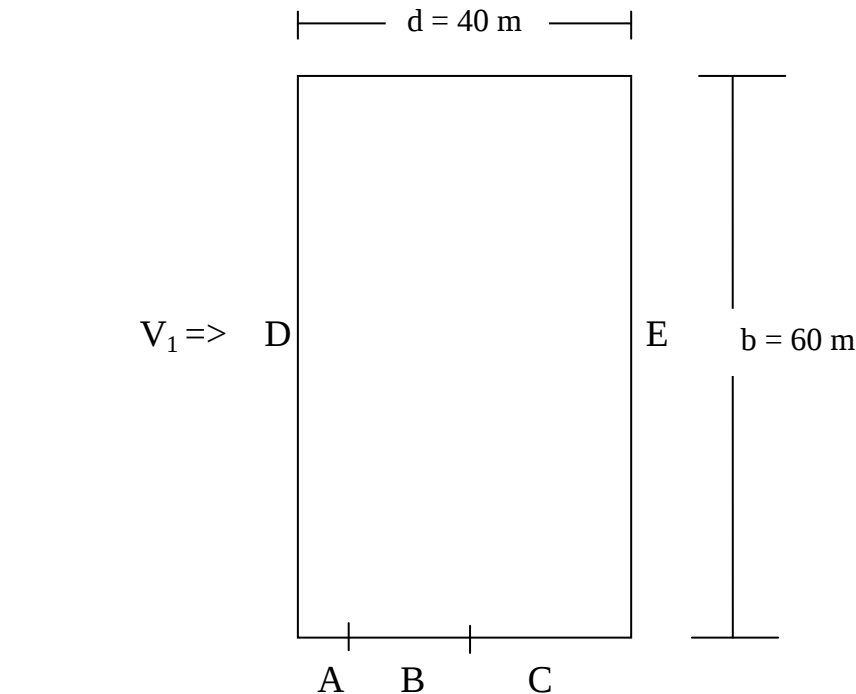
Côté pignon: $S_p = 40 \text{ m} \times 8 \text{ m} = 320 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow C_{pe} = C_{pe,10}$

Surface chargée de la toiture: $S_T = 40 \text{ m} \times 8 \text{ m} = 320 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow C_{pe} = C_{pe,10}$

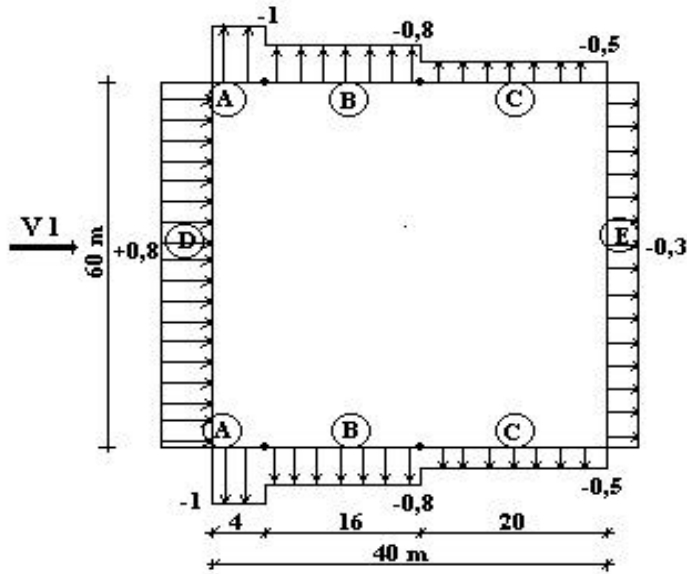
a) C_{pe} pour les parois verticales:

$e = \min(b, 2h) = \min(60, 2 \times 10) = 20 \text{ m}$

$d = 40 \text{ m} > e$



Puisque $C_{pe} = C_{pe,10}$ pour les parois verticales, le tableau 5.1 nous donne:

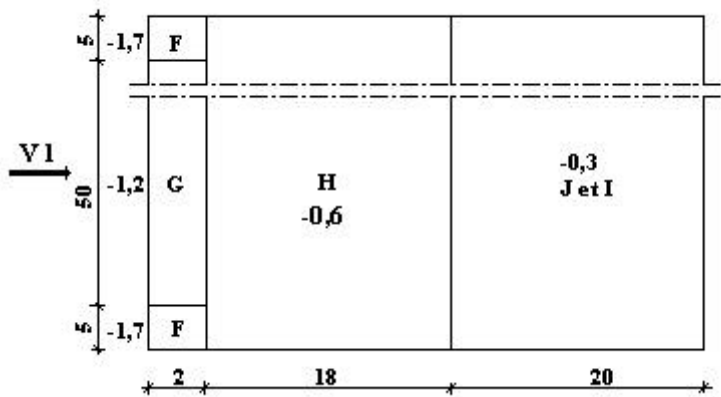


b) C_{pe} pour la toiture (à 2 versants):

Puisque le vent V_1 est perpendiculaire aux génératrices, alors $\theta = 0^\circ$

De même $C_{pe} = C_{pe,10}$, ($S_T > 10 \text{ m}^2$)

Pour $\alpha \approx 5^\circ$ et $\theta = 0^\circ$, le tableau 5.4 nous donne les résultats suivants:



3.1.2) Coefficient de pression intérieure, C_{pi}

C_{pi} s'obtient à l'aide de la figure 5.15 en fonction de de l'indice de perméabilité μ_p .

$$\mu_p = \frac{\sum \text{surfaces des ouvertures sous le vent et parallèles au vent}}{\sum \text{surfaces de toutes les ouvertures}}$$

Si on considère par exemple que seule la porte est ouverte (donc fenêtres fermées), alors:

$$\mu_p = \frac{0}{20} = 0$$

Alors, $C_{pi} = + 0.8$ pour toutes les parois et la toiture.

3.1.3) Coefficients ($C_{pe} - C_{pi}$)

a) Parois verticales:

Partie	C _{pe}	C _{pi}	C _{pe} - C _{pi}
D	+0.8	+0.8	0
A	-1	+0.8	-1.8
B	-0.8	+0.8	-1.6
C	-0.5	+0.8	-1.3
E	-0.3	+0.8	-1.1

b) Toiture:

Partie	C _{pe}	C _{pi}	C _{pe} - C _{pi}
F	-1.7	+0.8	-2.5
G	-1.2	+0.8	-2
H	-0.6	+0.8	-1.4
I	-0.3	+0.8	-1.1
J	-0.3	+0.8	-1.1

3.2) Vent sur pignon (V_2):

3.2.1) Coefficient de pression extérieure, C_{pe}

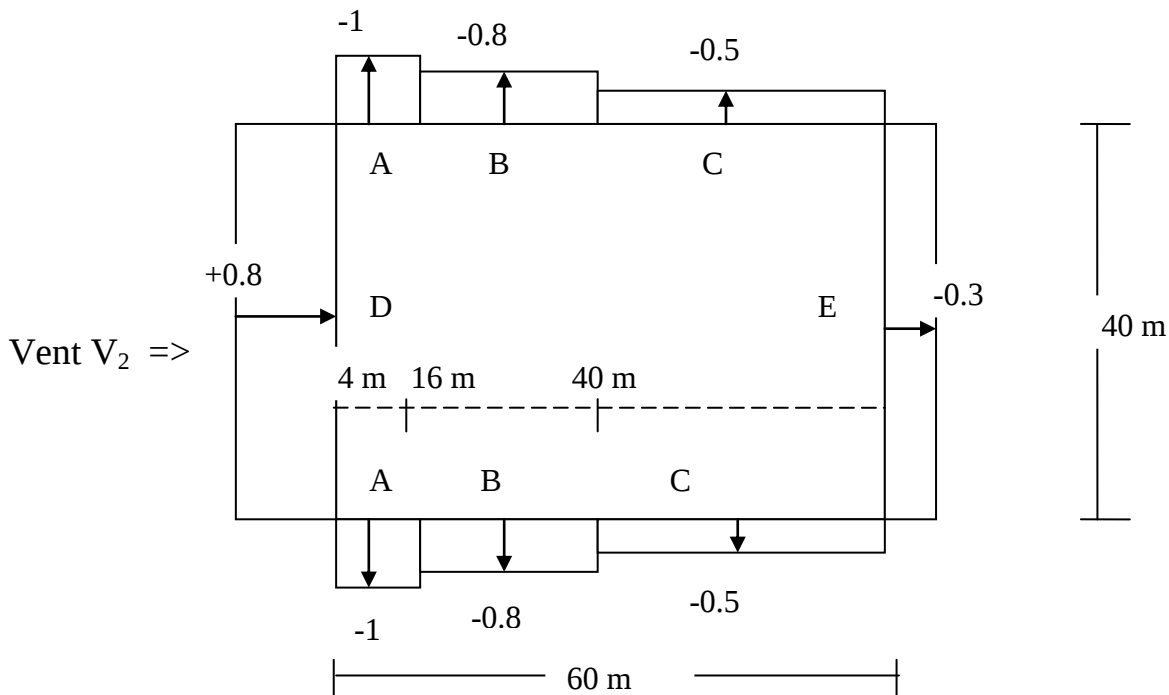
a) C_{pe} pour les parois verticales:

$$e = \min (b, 2h) = \min (40, 2 \times 10) = 20 \text{ m}$$

$$d = 60 \text{ m} > e$$

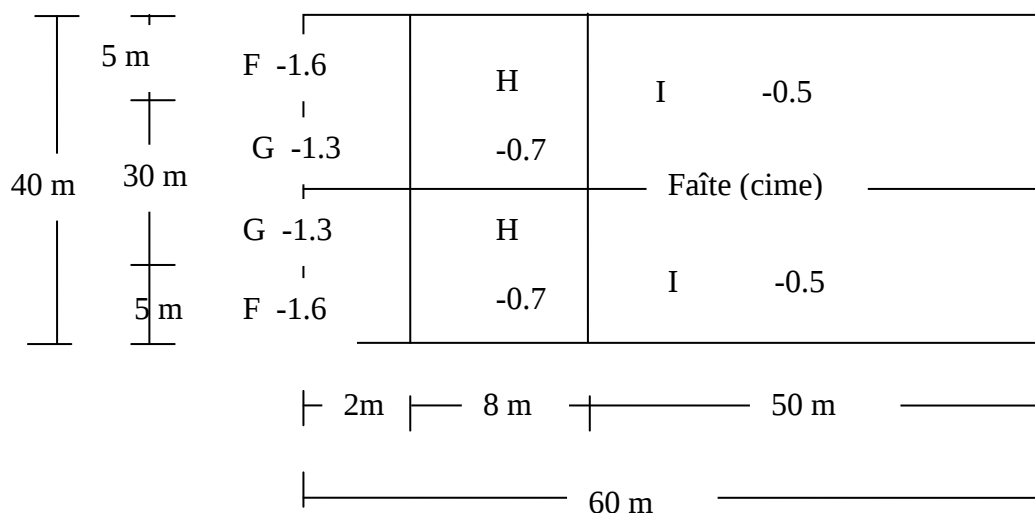
$$C_{pe} = C_{pe,10} \text{ car } S_p = 40 \text{ m} \times 8 \text{ m} = 320 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2.$$

Alors, le tableau 5.1 nous donne:



b) C_{pe} pour la toiture:

Pour $\alpha \approx 5^\circ$ et $\theta = 90^\circ$, le tableau 5.4 nous donne les résultats suivants:


$$\mu_p = \frac{20}{20} = 1$$

3.2.3) Coefficients (C_{pe} - C_{pi})

Partie	C _{pe}	C _{pi}	C _{pe} - C _{pi}
D	+0.8	-0.5	+1.3
A	-1	-0.5	-0.5
B	-0.8	-0.5	-0.3
C	-0.5	-0.5	0
E	-0.3	-0.5	+0.2

Partie	C _{pe}	C _{pi}	C _{pe} - C _{pi}
F	-1.6	-0.5	-1.1
G	-1.3	-0.5	-0.8
H	-0.7	-0.5	-0.2
I	-0.5	-0.5	0

$$q_j = C_d \cdot q_{dyn}(Z_j) \cdot [C_{pe} - C_{pi}]$$

4.1) Vent sur long-pan (V_1):

a) Parois verticales:

Partie	C_d	$q_{dyn} (N/m^2)$	$C_{pe} - C_{pi}$	$q_j (N/m^2)$
D	+0.88	615	0	0
A	+0.88	615	-1.8	-974
B	+0.88	615	-1.6	-867
C	+0.88	615	-1.3	-704
E	+0.88	615	-1.1	-596

b) Toiture:

Partie	C_d	$q_{dyn} (N/m^2)$	$C_{pe} - C_{pi}$	$q_j (N/m^2)$
F	+0.88	670	-2.5	-1474
G	+0.88	670	-2	-1179
H	+0.88	670	-1.4	-825
I	+0.88	670	-1.1	-649

4.2) Vent sur pignon (V_2):

a) Parois verticales:

Partie	C_d	$q_{dyn} (N/m^2)$	$C_{pe} - C_{pi}$	$q_j (N/m^2)$
D	+0.9	615	+1.3	+720
A	+0.9	615	-0.5	-277
B	+0.9	615	-0.3	-166
C	+0.9	615	0	0
E	+0.9	615	+0.2	+111

b) Toiture:

Partie	C_d	$q_{dyn} (N/m^2)$	$C_{pe} - C_{pi}$	$q_j (N/m^2)$
F	0.9	670	-1.1	-663
G	0.9	670	-0.8	-482
H	0.9	670	-0.2	-121
I	0.9	670	0	0

5) Charge de vent de calcul

La charge normale de vent (W_n) à prendre en compte dans les calculs est donnée par la pression q_j la plus défavorable. Donc:

5.1) Vent sur long-pan (V_1):

a) Parois verticales:

Côté long-pan: $W_n = -596 N/m^2$

Côté pignon: $W_n = -974 N/m^2$

b) Toiture: $W_n = -1474 N/m^2$

5.2) Vent sur pignon (V_2):

a) Parois verticales:

Côté long-pan: $W_n = -277 \text{ N/m}^2$

Côté pignon: $W_n = +720 \text{ N/m}^2$

b) Toiture: $W_n = -663 \text{ N/m}^2$

La charge extrême est donnée par la formule: $W_e = (7/4).W_n$.