

V.I.1-Présentation générale

- Le vent est assimilé à des forces statiques appliquées à la construction supposées horizontales, ces forces peuvent engendrer des effets dynamiques qui dépendent des caractéristiques aérodynamiques de la structure. Ces forces dépendent aussi de plusieurs autres paramètres :

- La région.
- Le site.
- L'altitude.
- Les dimensions de l'ouvrage.
- Les RNV 99 impose un calcul dans les deux directions du vent lorsque le bâtiment présente une géométrie rectangulaire.

Notre construction est de **catégorie I** (Art 1.1.3 RNV99)

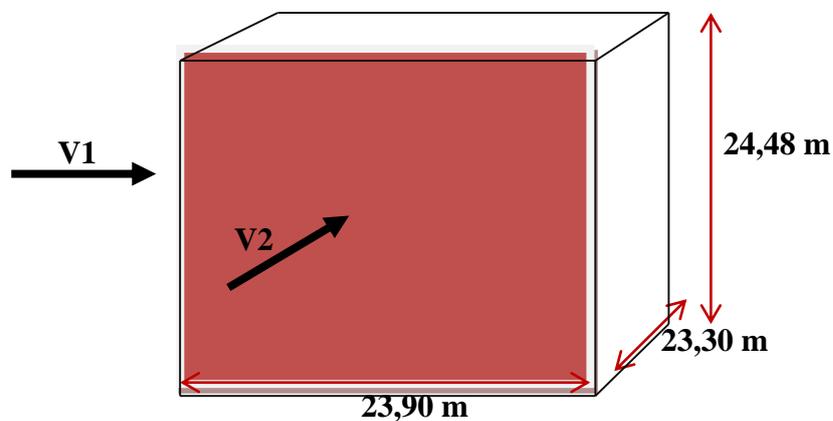


Figure VI-1 : Action du vent.

Les caractéristiques de la construction

- ▮ Située à la zone IIa de vent.
- ▮ Le site : site plat $C_t(z)=1$ (coefficient de rugosité).
- ▮ La pression dynamique de référence $q_{réf}$ (N/m^2) pour les constructions permanentes elle est donnée par le tableau suivant en fonction de la zone de vent.
- ▮ La vitesse de référence du vent, $V_{réf}$ est la vitesse moyenne sur dix minutes mesurée dans les conditions conventionnelles avec une probabilité de dépassement égale à 0,02 (ce qui correspond à une période de retour de 50 ans).

$q_{réf}$ est calculée par : $q_{réf} = 0,5 \times \rho \times V_{réf}^2$, où ρ (en kg/m^3) est la masse volumique de l'air égale à $1,20 kg/m^3$.

VI -5-La catégorie de terrain

La catégorie de notre terrain est la catégorie (IV), elle est donnée dans le tableau suivant, ainsi que les valeurs des paramètres suivants :

- K_T , facteur de terrain,
- h_o (en m); paramètre de rugosité,
- h_{min} (en m); hauteur minimale,
- ϵ ; coefficient utilisé pour le calcul de coefficient dynamique C_d

Catégorie de terrain	K_T	$h_o(m)$	$h_{min}(m)$	ϵ
(I) En bord de mer, au bord d'un plan d'eau offrant au moins 5 Km de longueur au vent, régions lisses et sans obstacles.	0.17	0.01	2	0.11
(II) Région de culture avec haies et avec quelques petites fermes, maisons ou arbres.	0.19	0.05	4	0.26
(III) Zones industrielles ou suburbaines, forêt, zones urbaines ne rentrant pas dans la catégorie de terrain IV	0.22	0.3	8	0.37
(IV): zone urbaine dont aux moins 15% de la surface est occupée par des bâtiments de hauteur moyenne supérieur à 15m.	0,24	1	16	0,46

Tableau VI.1 : catégories de terrain

- Dans notre cas en prend la catégorie de terrain : (IV)
 - **VI -6-Le coefficient de rugosité C_r :**
 - $C_r = K_T \times \ln (h/h_o)$ pour $h_{min} \leq h \leq 200$ m
 - $C_r = K_T \times \ln (h_{min}/h_o)$ pour $h < h_{min}$
 - - K_T , facteur de terrain,
 - h_o (en m); paramètre de rugosité,
 - h_{min} : (en m); hauteur minimale,
 - h : hauteur considérée en (m)

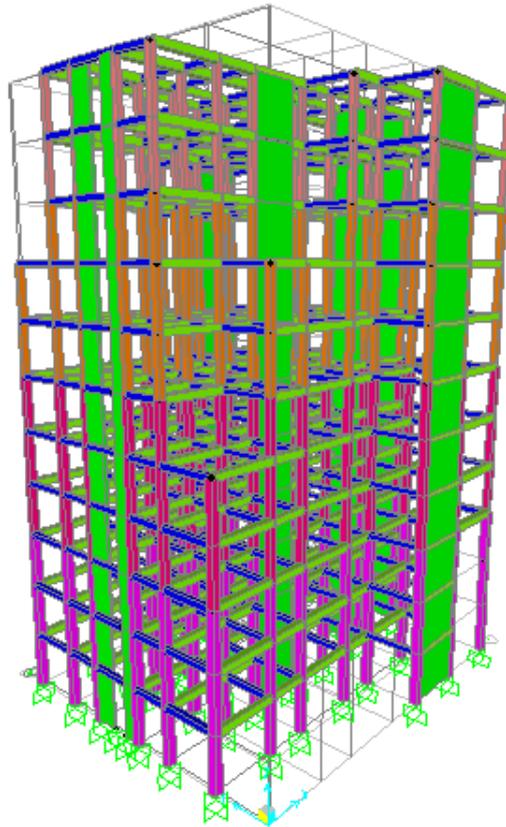


Figure VI-2 : structure de SAP 2000

VI -7-Calcul de l'action du vent

1.1-principe de calcul

- Les actions du vent sont proportionnelles à la projection de la surface considérée dans un plan perpendiculaire à la direction du vent, appelée maître couple
- Pour la détermination de l'action du vent, on distingue la catégorie de la construction :
Catégorie I (regroupe l'ensemble des bâtiments à usage d'habitation, administratif, Scolaire, industriel ...)
- Pour une direction du vent donnée, on doit effectuer les opérations suivantes :

Vérification à la stabilité d'ensemble de la construction

Pour déterminer la force qui tend à renverser la construction on doit effectuer les opérations suivantes :

Détermination de coefficient dynamique C_d

Le coefficient dynamique C_d tient compte des effets de réduction dus à l'imparfaite corrélation de la pression exercée sur les parois ainsi que des effets d'amplification dus à la partie de turbulence ayant une fréquence proche de la fréquence fondamentale d'oscillation de la structure.

Doit être déterminée à l'aide de l'abaque donnée dans la fig. VI.1 (R.N.V 99 P64)

On a : pour les dimensions suivantes :

- la hauteur total =37.40 m
- la largeur b =22.90 m
- la largeur d =19.60 m

Suivant la direction du vent V_1 on a : $C_{d1}=0,94 < 1,2$

Suivant la direction du vent V_2 on a : $C_{d2}=0,94 < 1,2$

Donc la structure est peu sensible aux excitations dynamiques

VI- 8-Détermination de la pression dynamique du vent q_{dyn} :

$$q_{dyn} = q_{réf} \cdot C_e \quad (N/m^2) \quad \text{avec} \quad : q_{réf} = 470 \text{ N/m}^2$$

Coefficient d'exposition au vent C_{ex}

Il tient compte des effets de la rugosité du terrain, de la topographie du site et de la hauteur h au-dessus du sol .En outre il tient compte de la nature turbulente du vent.

$$C_{e(z)} = C_t^2 \times C_r^2 \times \left[1 + \frac{7 \times K_T}{C_{r(z)} \times C_{t(z)}} \right]$$

C_t : coeff. de topographie $C_t=1$

C_r : coeff. de rugosité

K_t : facteur de terrain $K_t=0,24$

(h) : (en m) hauteur considérée

On détermine le coefficient d'exposition C_e à chaque hauteur considérée

D'abord on calcule le coeff. de rugosité $C_{r(z)}$:

$C_{r(z)} = K_T \cdot \ln (Z/Z_0)$pour $Z_{min}= 16m \leq Z=37.40m \leq 200 \text{ m}$

$C_{r(z)} = K_T \cdot \ln (Z_{min}/Z_0)$pour $Z < Z_{min}$

($Z_{min}=16 \text{ m}$, $Z_0=1\text{m}$)

Le tableau suivant résume les valeurs de la pression dynamique du vent

H	K_t	h_0	h_{min}	C_t	C_r	C_e	$q_{réf}$	$q_{dyn}(N/m^2)$
Hauteur cumulé	facteur de terrain	paramètre de rugosité	hauteur minimale	Coéf de topographie	Coéf de rugosité	Coéf d'exposition	pression dyna de référence	pression dynamique
3.40	0,24	1	16	1	0,665	1,56	470	733,2
6.80	0,24	1	16	1	0,665	1,56	470	733,2
10.20	0,24	1	16	1	0,665	1,56	470	733,2
13.60	0,24	1	16	1	0,665	1,56	470	733,2
17	0,24	1	16	1	0.679	1.61	470	756.70
20.40	0,24	1	16	1	0.724	1.74	470	817.8
23.80	0,24	1	16	1	0.761	1.86	470	872.89
27.20	0,24	1	16	1	0.793	1.96	470	921.93
30.60	0,24	1	16	1	0.821	2.04	470	961.75
34	0,24	1	16	1	0.846	2.14	470	1004.78
37.40	0,24	1	16	1	0,869	2.21	470	1040.87

Tableau VII.2. Coefficient d'exposition au vent C_{ex}

VI -9- Coefficient de pression extérieure C_{pe}

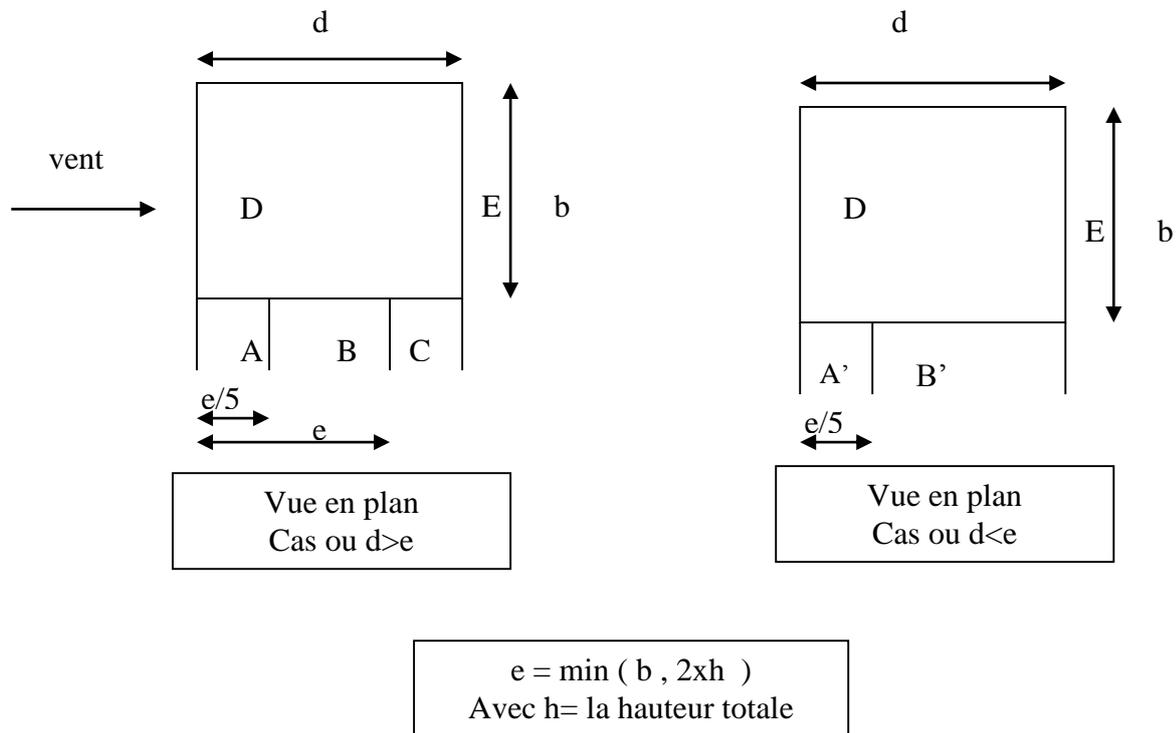
Construction a base rectangulaire : (R.N.V 99 page 79)

Les coefficients de pression extérieure C_{pe} des constructions à base rectangulaire et de leurs éléments constitutifs individuels dépend de la dimension de la surface chargée.

Pour les surfaces chargées de 10 m² et plus le coefficient C_{pe} est donné par les tableaux ci-dessous :

A,A'	B,B'	C		D	E
C_{pe}	C_{pe}	C_{pe}		C_{pe}	C_{pe}
-1.0	-0.8	-0.5		+0.8	-0.3

Tableau VI.03 : Coefficient de pression extérieure



Calcul des coefficients de pression extérieure

-Parois verticales :

$$b = 22.90 \text{ m}$$

$$d = 19.60 \text{ m}$$

$$h = 37.40 \text{ m}$$

$$e = \min (22.90 ; 2 \times 37.40) = 22.90 \text{ m}$$

$$d < e \text{ donc } A' = e/5 = 22.90/5 = 4.58 \text{ m et } B' = d - A' = 19.60 - 4.58 = 15.02 \text{ m}$$

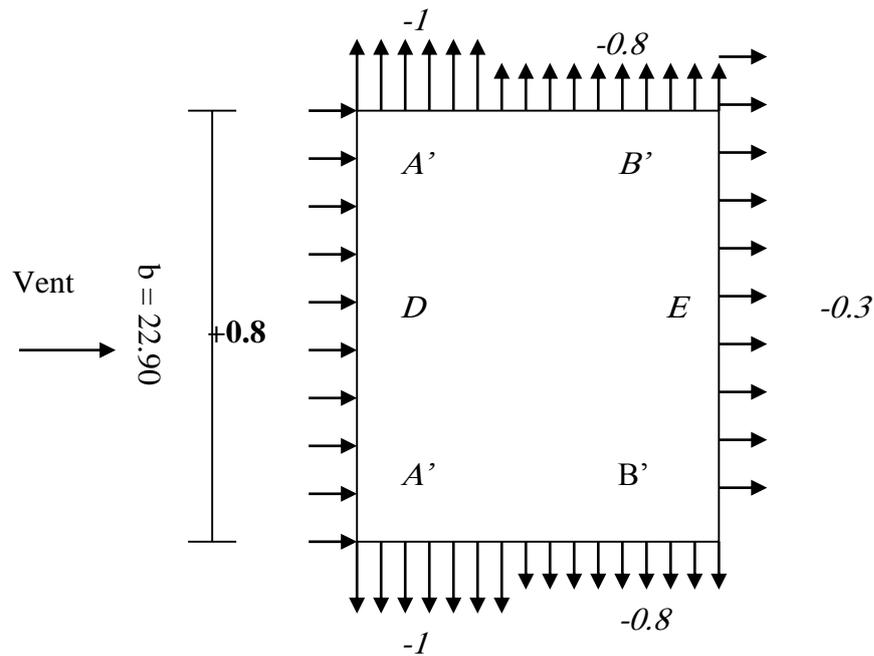


Figure VI.02. Influence du vent sur les parois.

VI -10- Calcul de la pression due au vent : (q_j)

Les pressions q_j sont calculées à l'aide de la formule suivante :

$$q_j = C_d \cdot q_{\text{dyn}(z_j)} \cdot (C_{pe} - C_{pi}) \quad [\text{N/m}^2]$$

On détermine la pression q_j dans chaque face de la structure (A, B, D, E) :

$$[C_d = 0,94, C_{pi} = -0,5]$$

FACES	C _{PI}	C _{PE}	Q _{DYN}	Q _J
A	-0.5	-1	733.2	-344.604
B	-0.5	-0.8	733.2	-206.76
D	-0.5	0.8	733.2	895.97
E	-0.5	-0.3	733.2	137.84
A	-0.5	-1	756.70	-355.65
B	-0.5	-0.8	756.70	-213.39
D	-0.5	0.8	756.70	924.69
E	-0.5	-0.3	756.70	142.26
A	-0.5	-1	817.8	-384.37
B	-0.5	-0.8	817.8	-230.62
D	-0.5	0.8	817.8	999.35
E	-0.5	-0.3	817.8	153.75
A	-0.5	-1	872.89	-410.26
B	-0.5	-0.8	872.89	-246.16
D	-0.5	0.8	872.89	1066.67
E	-0.5	-0.3	872.89	164.10
A	-0.5	-1	921.93	-433.31
B	-0.5	-0.8	921.93	-259.98
D	-0.5	0.8	921.93	1126.60
E	-0.5	-0.3	921.93	173.32
A	-0.5	-1	961.75	-452.02
B	-0.5	-0.8	961.75	-271.21
D	-0.5	0.8	961.75	1175.26
E	-0.5	-0.3	961.75	180.81
A	-0.5	-1	1004.78	-472.25
B	-0.5	-0.8	1004.78	-283.35
D	-0.5	0.8	1004.78	1227.84
E	-0.5	-0.3	1004.78	188.90
A	-0.5	-1	1040.87	-489.21
B	-0.5	-0.8	1040.87	-293.53
D	-0.5	0.8	1040.87	1271.94
E	-0.5	-0.3	1040.87	195.68

Tableau VI.04. Calcul de la pression due au vent

Etat 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 enduit, etc.)	0.02
Très rugueux (ondulation perpendiculaire au vent, nervures, plissements, etc.)	0.04

Tableau VI.05. Coefficient de frottement C_{fr}

Ondulations sont perpendiculaires à la direction du vent. Donc $C_{fr} = 0.04$

La force de frottement F_{fr} est donnée par la formule suivante :

$$F_{fr} = \sum (q_j \times C_{fr} \times S_f)$$

q_j : en (N/m²) la pression du vent.

S_f : en (m²) aire de frottement de l'élément de surface j.

C_{fr} : coefficients de frottement

VI -11-Calcul de la résultante des pressions agissant à la surface de la construction :

En général, la force résultante (R) se décompose en deux forces :

- une force globale horizontale F_w qui correspond à la résultante des forces horizontales agissant sur les parois verticales de la construction
- une force de soulèvement F_u qui est la composante verticale des forces appliquées à la toiture.

Dans notre construction on n'a pas de toiture, alors $F_u = 0$ est sera donc :

$$R = F_w = \sum F_{wi} = \sum (q_j \cdot S_j) + \sum F_{fr} \dots \text{ [En KN]}$$

Avec \sum : désigne la somme vectorielle (pour tenir compte du sens des forces)

q_j : en (N/m²) la pression du vent.

S_j : en (m²) aire de l'élément de surface j.

Donc on détermine la force horizontale (F_w) parallèle à la direction du vent considérée dans les deux faces perpendiculaires à cette force, (face A et D) à chaque niveau :

1-a- Vent perpendiculaire à la grande face : (portail au vent « face D »)

Niveau	q_{dyn}	Hauteur	largeur	$S_i (m^2)$	q_j (N/m^2)	C_{fr}	F_{fr} (kN)	F_w (KN)
RDC	733,2	3.40	22.9	77.86	895.97	0,04	2.79	72.55
01	733,2	3.40	22.9	77.86	895.97	0,04	2.79	72.55
02	733,2	3.40	22.9	77.86	895.97	0,04	2.79	72.55
03	733,2	3.40	22.9	77.86	895.97	0,04	2.79	72.55
04	756.70	3.40	22.9	77.86	924.69	0,04	2.88	74.88
05	817.8	3.40	22.9	77.86	999.35	0,04	3.11	80.92
06	872.89	3.40	22.9	77.86	1066.67	0,04	3.32	86.37
07	921.93	3.40	22.9	77.86	1126.60	0,04	3.51	87.72
08	961.75	3.40	22.9	77.86	1175.26	0,04	3.66	91.51
09	1004.78	3.40	22.9	77.86	1227.84	0,04	3.82	95.60
10	1040.87	3.40	22.9	77.86	1271.94	0,04	3.96	99.04
								$\Sigma=906.24$

Tableau VI.06. Vent perpendiculaire à la grande face « D »

1-b-Vent perpendiculaire à la grande face : (portail au vent « face D »)

Niveau	q_{dyn}	Hauteur	largeur	$S_i (m^2)$	q_j (N/m^2)	C_{fr}	F_{fr} (kN)	F_w (kN)
RDC	733,2	3.40	22.9	77.86	137.84	0,04	0.729	10.73
01	733,2	3.40	22.9	77.86	137.84	0,04	0.73	10.73
02	733,2	3.40	22.9	77.86	137.84	0,04	0.73	10.73
03	733,2	3.40	22.9	77.86	137.84	0,04	0.73	10.73
04	756.70	3.40	22.9	77.86	142.26	0,04	0.44	11.52
05	817.8	3.40	22.9	77.86	153.75	0,04	0.48	12.45
06	872.89	3.40	22.9	77.86	164.10	0,04	0.51	13.29
07	921.93	3.40	22.9	77.86	173.32	0,04	0.54	14.03
08	961.75	3.40	22.9	77.86	180.81	0,04	0.56	14.64
09	1004.78	3.40	22.9	77.86	188.90	0,04	0.59	15.30
10	1040.87	3.40	22.9	77.86	195.68	0,04	0.61	15.84
$\Sigma=139.99$								

TableauVI.06. Vent perpendiculaire à la grande face « D »

2-a-Vent perpendiculaire à la petite face : (portail au vent « face E »)

Niveau	q_{dyn}	Hauteur	largeur	$S_i (m^2)$	q_j (N/m^2)	C_{fr}	F_{fr} (kN)	F_w (kN)
RDC	733,2	3.40	19.6	66.64	895.97	0,04	2.39	62.10
01	733,2	3.40	19.6	66.64	895.97	0,04	2.39	62.10
02	733,2	3.40	19.6	66.64	895.97	0,04	2.39	62.10
03	733,2	3.40	19.6	66.64	895.97	0,04	2.39	62.10
04	756.70	3.40	19.6	66.64	924.69	0,04	2.46	64.08
05	817.8	3.40	19.6	66.64	999.35	0,04	2.66	69.26
06	872.89	3.40	19.6	66.64	1066.67	0,04	2.84	73.92
07	921.93	3.40	19.6	66.64	1126.60	0,04	3.00	78.08
08	961.75	3.40	19.6	66.64	1175.26	0,04	3.13	81.45
09	1004.78	3.40	19.6	66.64	1227.84	0,04	3.27	81.83
10	1040.87	3.40	19.6	66.64	1271.94	0,04	3.39	88.15
								$\Sigma=791.17$

Tableau VI.08. Vent perpendiculaire à la petite face « E »

2-b-Vent perpendiculaire à la petite face : (portail au vent « face E »)

Niveau	q_{dyn}	Hauteur	largeur	$S_i (m^2)$	q_j (N/m^2)	C_{fr}	F_{fr} (kN)	F_w (kN)
RDC	733,2	3.40	19.6	66.64	137.84	0,04	0.37	9.56
01	733,2	3.40	19.6	66.64	137.84	0,04	0.37	9.56
02	733,2	3.40	19.6	66.64	137.84	0,04	0.37	9.56
03	733,2	3.40	19.6	66.64	137.84	0,04	0.37	9.56
04	756.70	3.40	19.6	66.64	142.26	0,04	0.38	9.86
05	817.8	3.40	19.6	66.64	153.75	0,04	0.41	10.66
06	872.89	3.40	19.6	66.64	164.10	0,04	0.44	11.38
07	921.93	3.40	19.6	66.64	173.32	0,04	0.46	12.01
08	961.75	3.40	19.6	66.64	180.81	0,04	0.48	12.53
09	1004.78	3.40	19.6	66.64	188.90	0,04	0.50	13.09
10	1040.87	3.40	19.6	66.64	195.68	0.04	0.52	13.56
								$\Sigma=121.33$

Tableau VI.09. Vent perpendiculaire à la petite face « E »

La somme des forces du vent total est : $F_w=1958.73$ kN

C.a. d : $1958.73 \text{ kN} < F_v = 2857.58$ KN de séisme.

▪ **Conclusion**

Aucun risque de soulèvement du bâtiment, car le poids du bâtiment étant plus grand que celui de la portance extrême, par comparaisant entre les forces horizontales dues au séisme et celle du au vent, on remarque que le cas le plus défavorable à prendre en considération dans les calculs est le cas de l'action sismique, car elle est la plus importante.

