

Série d'exercice N°03

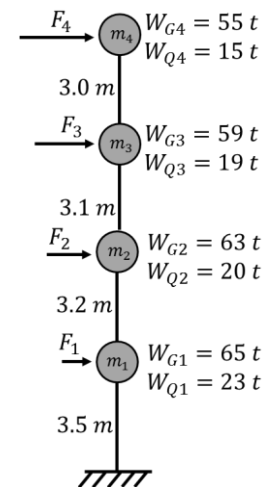
Exercice 01 :

Soit un bâtiment de 4 niveaux en **portiques auto stable avec remplissage en maçonnerie rigide**. Ce projet est implanté à la **wilaya de Tipaza (Zone III)**, ce bâtiment est destiné pour l'**habitation**. La construction est fondée sur un **sol meuble**.

On donne : $Q = 1.15$ (Facteur de qualité)

Déterminer :

1. La force sismique à la base par la méthode statique équivalente ;
2. La distribution verticale de la force sismique.



Exercice 02 : (Examen 2020-2021)

Soit une clinique dentaire de 4 niveaux contreventé par Voiles porteurs en béton armé. Ce projet est implanté dans une zone de sismicité élevée Zone III. D'après le rapport du sol, la construction est fondée sur un sol ferme.

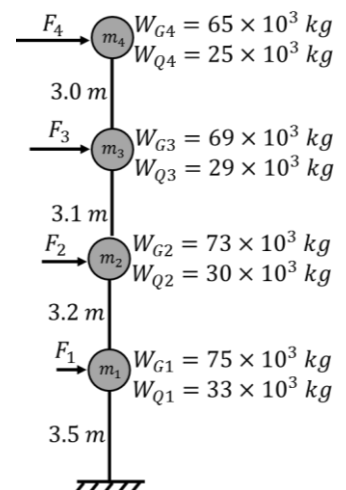
On considère que :

- Le bâtiment est régulier ;
- Le contrôle de la qualité des matériaux est assuré ;
- Le contrôle de la qualité d'exécution est non assuré ;
- Les conditions minimales sur les files de contreventement sont non satisfaites ;
- La condition de la redondance en plan est non satisfaite.

On donne : $\beta = 0.6$; $T = 0.45 \text{ sec}$ (Période fondamentale).

Déterminer dans les deux directions :

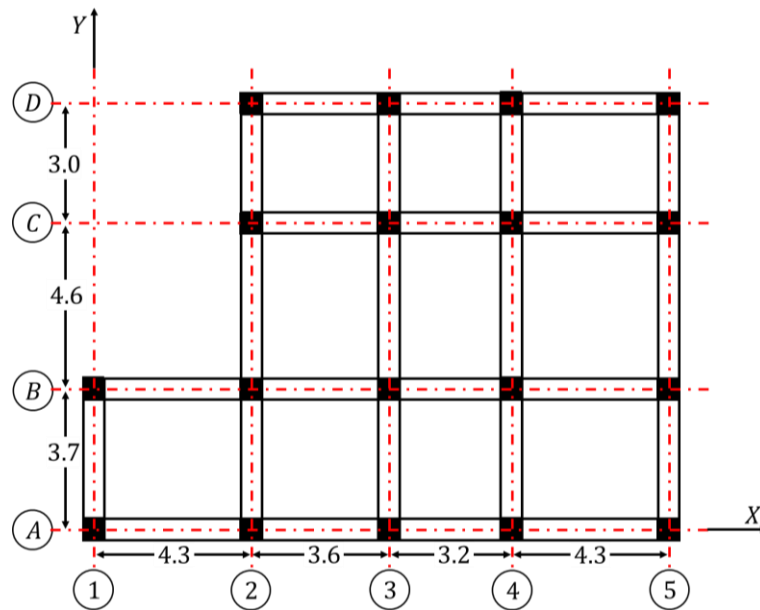
1. La force sismique à la base par la méthode statique équivalente (en kN).
2. La distribution verticale de la force sismique (en kN).
3. La distribution horizontale de la force sismique (en kN).



Exercice 03 :

Soit un bloc opératoire de 3 niveaux en **portiques auto stable sans remplissage en maçonnerie rigide**. Ce projet est implanté à la **wilaya de Bejaia (Zone IIa)**. La construction est fondée sur un **sol rocheux**.

On considère que le contrôle de la qualité des matériaux et d'exécution est non assuré.



Données :

Niveau	W_{iG} (kN)	W_{iQ} (kN)	h_i (m)
2	2850	970	4.2
1	3420	1250	4.2
RDC	3500	1260	4.2

Déterminer :

1. La force sismique à la base par la méthode statique équivalente ;
2. La distribution verticale de la force sismique.
3. L'effort tranchant appliqué dans chaque niveau.

Formulaire à utiliser

Force sismique à la base par la méthode statique équivalente :

La force sismique totale V , appliquée à la base de la structure, doit être calculée successivement dans deux directions horizontales orthogonales selon la formule suivante :

$$V = \frac{A \cdot D \cdot Q}{R} W$$

– **A : coefficient d'accélération de zone**

Tableau 1. Coefficient d'accélération de zone et le groupe d'usage.

Groupe	Coefficients d'accéléérations de zone (%)				Classification des ouvrages selon leur importance
	Zone I	Zone IIa	Zone IIb	Zone III	
1A	0.15	0.25	0.30	0.40	Ouvrages d'importance vitale : ex. Sécurité et Hopitaux
1B	0.12	0.20	0.25	0.30	Ouvrages de grande importance : ex. Scolaire et Culte
2	0.10	0.15	0.20	0.25	Ouvrages courants : ex. Habitations et Bureaux
3	0.07	0.10	0.14	0.18	Ouvrages de faible importance : ex. Hangars

– **D : Facteur d'amplification dynamique moyen**

$$D = \begin{cases} 2.5\eta & 0 \leq T \leq T_2 \\ 2.5\eta \left(\frac{T_2}{T}\right)^{2/3} & T_2 \leq T \leq 3.0s \\ 2.5\eta \left(\frac{T_2}{3}\right)^{2/3} \left(\frac{3}{T}\right)^{5/3} & T > 3.0s \end{cases} \quad \text{avec } \eta = \sqrt{\frac{7}{2+\xi}} \geq 0.7$$

η : Facteur de correction d'amortissement

ξ : pourcentage d'amortissement critique

Tableau 2. Valeurs de ξ (%).

Remplissage	Portique	Voiles ou murs
	Béton armé	Béton armé/maçonnerie
Léger	6	10
Dense	7	

T_2 : Période caractéristique, associée à la catégorie du site

Tableau 3. Valeurs de T_2 .

Site	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
T_2(sec)	0.30	0.40	0.50	0.70

T : La période fondamentale de vibration de la structure est déterminée par :

$$T = C_T h_N^{3/4}$$

Où :

h_N : Hauteur mesurée en mètres à partir de la base de la structure jusqu'au dernier niveau (N) ;

C_T : Coefficient fonction du système de contreventement et du type de remplissage.

On peut également utiliser aussi la formule :

$$T = 0.09 h_N / \sqrt{D}$$

Où D est la dimension du bâtiment mesurée à sa base dans la direction de calcul considérée.

On retient dans chaque direction considérée la plus petite des deux valeurs données.

Tableau 4. Valeurs du coefficient C_T .

Cas N°	Système de contreventement	Valeur de C_T
1	Portiques autostables en béton armé sans remplissage en maçonnerie	0.075
2	Portiques autostables en acier sans remplissage en maçonnerie	0.085
3	Portiques autostables en béton armé ou en acier avec remplissage en maçonnerie	0.050
4	Contreventement assuré partiellement ou totalement par des voiles en béton armé, des palées triangulées et des murs en maçonnerie	0.050

– **Facteur de qualité Q :**

Le facteur de qualité de la structure est fonction de :

- La redondance et de la géométrie des éléments qui la constituent,
- La régularité en plan et en élévation,
- La qualité du contrôle de la construction.

La valeur de Q est déterminée par la formule :

$$Q = 1 + \sum_{1}^6 P_q$$

Où P_q est la pénalité à retenir selon que le critère de qualité q " est satisfait ou non". Sa valeur est donnée au Tableau V.3.

Tableau 5. Valeurs des pénalités P_q .

Critère "q"	P_q	
	Observé	N/Observé
1. Conditions minimales sur les files de contreventement	0	0.05
2. Redondance en plan	0	0.05
3. Régularité en plan	0	0.05
4. Régularité en élévation	0	0.05
5. Contrôle de la qualité des matériaux	0	0.05
6. Contrôle de la qualité de l'exécution	0	0.10

– **R : Coefficient de comportement**

Tableau 6. Valeurs du coefficient de comportement R pour la structure en béton armé.

Catégorie	Type de contreventement	R
1.a	Portiques autostables sans remplissage en maçonnerie rigide	5
1.b	Portiques autostables avec remplissage en maçonnerie rigide	3.5
2	Voiles porteurs	3.5
3	Noyau	3.5
4.a	Mixte portiques/voiles avec interaction	5
4.b	Portiques contreventés par voiles	4
5	Console verticale à masses réparties	2
6	Pendule inverse	2

– **W : Poids total de la structure**

Le poids total de la structure (W) est égal à la somme des poids W_i , calculés à chaque niveau (i) :

$$W = \sum_{i=1}^n W_i \quad \text{avec} \quad W_i = W_{Gi} + \beta W_{Qi}$$

Où :

W_{Gi} : Poids dû aux charges permanentes et à celles des équipements fixes éventuels, solidaires de la structure,

W_{Qi} : Charges d'exploitation,

β : Coefficient de pondération, fonction de la nature et de la durée de la charge d'exploitation.

Tableau 7. Valeurs du coefficient de pondération β .

Cas N°	Type d'ouvrage	Valeur de β
1	Bâtiments d'habitation, bureaux ou assimilés	0.20
2	Bâtiments recevant du public temporairement : – Salles d'exposition, de sport, lieux de culte, salles de réunions avec places debout.	0.30
	– Salles de classes, restaurants, dortoirs, salles de réunions avec places assises	0.40
3	Entrepôts, hangars	0.50
4	Archives, bibliothèques, réservoirs et ouvrages assimilés	1.00
5	Autres locaux non visés ci-dessus	0.60

Distribution verticale de la force sismique selon la hauteur :

La résultante des forces sismiques à la base V doit être distribuée sur la hauteur de la structure :

$$F_i = \frac{(V - F_t)W_i h_i}{\sum_{j=1}^n W_j h_j}$$

Où :

F_i : Force horizontale appliquée au niveau i ,

h_i : Hauteur du niveau i où s'exerce la force F_i ,

h_j : Hauteur du niveau j ,

W_i, W_j : poids revenant aux niveaux i, j .

F_t : La force concentrée au sommet de la structure :
$$F_t = 0 \quad \text{si} \quad T \leq 0.7 \text{ sec}$$
$$F_t = 0.07 TV \quad \text{si} \quad T > 0.7 \text{ sec}$$

Distribution horizontale de la force sismique :

L'effort tranchant au niveau de l'étage i est estimé par :

$$V_i = F_t + \sum_{j=i}^n F_j$$

Où :

n : le nombre total des étages.

j : numéro des étages comprises entre le niveau i et le dernier niveau.

Solution d'exercice 01 :

1. Calcul de la force sismique totale :

La force sismique totale V , appliquée à la base de la structure, est exprimée par :

$$V = \frac{A \cdot D \cdot Q}{R} W$$

A : coefficient d'accélération de zone, donné en fonction de la zone sismique et le groupe d'usage du bâtiment.

- la zone sismique de la construction est la **zone III**

le groupe d'usage du bâtiment : bâtiment est destiné pour l'habitation, d'ici le **groupe d'usage 2**.

Donc, le coefficient d'accélération de zone **A est égal à 0.25**.

D : facteur d'amplification dynamique moyen, fonction de :

- la catégorie de site,
- du facteur de correction d'amortissement (η)
- de la période fondamentale de la structure (T).

Il est exprimé par :

$$D = \begin{cases} 2.5\eta & 0 \leq T \leq T_2 \\ 2.5\eta \left(\frac{T_2}{T}\right)^{2/3} & T_2 \leq T \leq 3.0s \\ 2.5\eta \left(\frac{T_2}{3}\right)^{2/3} \left(\frac{3}{T}\right)^{5/3} & T > 3.0s \end{cases}$$

La valeur de la **période fondamentale (T)** de la structure est déterminée par :

$$T = C_T h_N^{3/4}$$

Où :

h_N : Hauteur mesurée en mètres à partir de la base de la structure jusqu'au dernier niveau (N), **$h_N = 12.8m$**

C_T : Coefficient fonction du système de contreventement et du type de remplissage.

Pour les portiques autostables en béton armé avec remplissage en maçonnerie : $C_T = 0.05$

D'où : **$T = 0.338 \text{ Sec}$**

La période caractéristique T_2 , associée à la catégorie du site, **pour un sol meuble S_3 : $T_2 = 0.50 \text{ sec}$** .

Dans ce cas : **$0 < T = 0.338 \text{ sec} < T_2 = 0.50 \text{ sec}$**

Donc :

$$D = 2.5\eta$$

η : Facteur de correction d'amortissement donné par la formule :

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{2 + \xi}} \geq 0.7$$

où $\xi(\%)$ est le pourcentage d'amortissement critique fonction du matériau constitutif, du type de structure et de l'importance des remplissage.

Pour les portiques auto stable avec remplissage en maçonnerie rigide, $\xi = 7\%$, alors $\eta = 0.882$

Donc :

$$D = 2.205$$

R : coefficient de comportement global de la structure

La structure étudiée est **portiques auto stable avec remplissage en maçonnerie rigide**, d'où :

Le coefficient **$R = 3.5$**

Q : facteur de qualité

Le facteur de qualité de la structure est fonction de :

- la redondance et de la géométrie des éléments qui la constituent ;
- la régularité en plan et en élévation ;
- la qualité du contrôle de la construction.

La valeur de Q est 1.25 (**donnée**)

W : Poids total de la structure :

W est égal à la somme des poids W_i , calculés à chaque niveau (i) :

$$W = \sum_{i=1}^n W_i \text{ avec } W_i = W_{Gi} + \beta W_{Qi}$$

β : coefficient de pondération, fonction de la nature et de la durée de la charge d'exploitation, **pour les bâtiments à usage d'habitation : $\beta = 0.2$**

Niveau	$W_{Gi} (kN)$	β	$W_{Qi} (kN)$	$W_i (kN)$
3	550	0.2	150	580.00
2	590	0.2	190	628.00
1	630	0.2	200	670.00
RDC	650	0.2	230	696.00
Σ				2574.00

Donc : la force sismique totale V , appliquée à la base de la structure est :

$$V = 466.216 \text{ kN}$$

2. Distribution verticale de la force sismique (selon la hauteur) :

Force horizontale appliquée au niveau i est déterminer par la formule :

$$F_i = \frac{(V - F_t)W_i h_i}{\sum_{j=1}^n W_j h_j}$$

Avec :

$$\begin{aligned} F_t &= 0 & \text{si } T &\leq 0.7 \text{ sec} \\ F_t &= 0.07 TV & \text{si } T &> 0.7 \text{ sec} \end{aligned}$$

Nous avons :

$$T = 0.338 \text{ sec} < 0.7 \text{ sec, donc : } F_t = 0$$

La distribution verticale de la force sismique :

Niveau	W_i (kN)	H_i (m)	$W_i H_i$ (kN.m)	V (kN)	F_i (kN)
3	580.00	12.8	7424.00	466.216	168.810
2	628.00	9.8	6154.40		139.942
1	670.00	6.7	4489.00		102.073
RDC	696.00	3.5	2436.00		55.391
Σ	3054.00		20503.40		466.216

Solution d'exercice 02 :

1. Calcul de la force sismique totale :

La force sismique totale V , appliquée à la base de la structure, est exprimée par :

$$V = \frac{A \cdot D \cdot Q}{R} W$$

A : coefficient d'accélération de zone, donné en fonction de la zone sismique et le groupe d'usage du bâtiment.

- la zone sismique de la construction est la **zone III**
- le groupe d'usage du bâtiment : clinique dentaire, d'ici le **groupe d'usage 1B**.

Donc, le coefficient d'accélération de zone **A est égal à 0.30**.

D : facteur d'amplification dynamique moyen, fonction de :

- la catégorie de site,
- du facteur de correction d'amortissement (η)
- de la période fondamentale de la structure (T).

Il est exprimé par :

$$D = \begin{cases} 2.5\eta & 0 \leq T \leq T_2 \\ 2.5\eta \left(\frac{T_2}{T}\right)^{2/3} & T_2 \leq T \leq 3.0s \\ 2.5\eta \left(\frac{T_2}{3}\right)^{2/3} \left(\frac{3}{T}\right)^{5/3} & T > 3.0s \end{cases}$$

La valeur de la **période fondamentale (T)** de la structure est : **$T_X = T_Y = 0.45 \text{ sec}$ (donnée)**

La période caractéristique T_2 , associée à la catégorie du site est égale à **0.40 sec pour un sol ferme S₂. $T_2 = 0.40 \text{ sec}$.**

η : Facteur de correction d'amortissement donné par la formule :

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{2 + \xi}} \geq 0.7$$

où $\xi(\%)$ est le pourcentage d'amortissement critique fonction du matériau constitutif, du type de structure et de l'importance des remplissage.

Pour les bâtiments contreventés par Voiles porteurs en béton armé, **$\xi = 10\%$** , alors **$\eta = 0.764$**

Nous avons : $T_2 = 0.40 \text{ sec} < T = 0.45 \text{ sec} < 3.0 \text{ sec}$

Dans ce cas-là :

$$D = 2.5\eta \left(\frac{T_2}{T} \right)^{2/3}$$

A.N.

$$D_X = D_Y = 1.766$$

R : coefficient de comportement global de la structure

La structure étudiée est **bâtiments contreventés par Voiles porteurs en béton armé**, d'où : Le coefficient **R = 3.5**

Q : facteur de qualité

Le facteur de qualité de la structure est fonction de :

- la redondance et de la géométrie des éléments qui la constituent ;
- la régularité en plan et en élévation ;
- la qualité du contrôle de la construction.

La valeur de Q est déterminée par la formule :

$$Q = 1 + \sum P_q$$

Tableau. Valeurs des pénalités P_q .		P_q	
Critère "q"		Sens X	Sens Y
1. Conditions minimales sur les files de contreventement		0.05	0.05
2. Redondance en plan		0.05	0.05
3. Régularité en plan		0.00	0.00
4. Régularité en élévation		0.00	0.00
5. Contrôle de la qualité des matériaux		0.00	0.00
6. Contrôle de la qualité de l'exécution		0.10	0.10
Σ		0.20	0.20
Q		1.20	1.20

La valeur de Q dans les deux directions est 1.20

W : Poids total de la structure :

W est égal à la somme des poids W_i , calculés à chaque niveau (i) :

$$W = \sum_{i=1}^n W_i \quad \text{avec} \quad W_i = W_{Gi} + \beta W_{Qi}$$

β : coefficient de pondération, fonction de la nature et de la durée de la charge d'exploitation, $\beta = 0.6$ (donnée)

$$1kN = 100 \text{ kg}$$

Niveau	$W_{Gi} (kN)$	β	$W_{Qi} (kN)$	$W_i (kN)$
3	650.00	0.6	250.00	800
2	690.00	0.6	290.00	864
1	730.00	0.6	300.00	910
RDC	750.00	0.6	330.00	948
Σ	2820.00	0.6	1170.00	3522.00

Donc : la force sismique totale V , appliquée à la base de la structure est :

$$V_X = V_Y = 639.756 \text{ kN}$$

2. Distribution verticale de la force sismique (selon la hauteur) :

Force horizontal appliquée au niveau i est déterminé par la formule :

$$F_i = \frac{(V - F_t)W_i h_i}{\sum_{j=1}^n W_j h_j}$$

Avec :

$$F_t = 0 \quad \text{si} \quad T \leq 0.7 \text{ sec}$$

$$F_t = 0.07 TV \quad \text{si} \quad T > 0.7 \text{ sec}$$

Nous avons :

$$T_X = T_Y = 0.45 \text{ sec} < 0.7 \text{ sec}, \text{ donc : } F_t = 0$$

La distribution verticale de la force sismique dans les deux directions :

Niveau	$W_i (kN)$	$H_i (m)$	$W_i H_i (kN.m)$	$V_X = V_Y (kN)$	$F_{iX} = F_{iY} (kN)$
3	800	12.80	10240.00	639.756	232.951
2	864	9.80	8467.20		192.622
1	910	6.70	6097.00		138.702
RDC	948	3.50	3318.00		75.482
Σ	3522.00		28122.20		639.756

3. Distribution horizontale de la force sismique :

L'effort tranchant au niveau de l'étage i est estimé par

$$V_i = F_t + \sum_{j=i}^n F_j$$

Nous avons :

$$T_X = T_Y = 0.45 \text{ sec} < 0.7 \text{ sec}, \text{ donc : } F_t = 0$$

La distribution horizontale de la force sismique dans les deux directions :

Niveau	$H_i (m)$	$F_{iX} = F_{iY} (kN)$	$V_{iX} = V_{iY} (kN)$
3	12.80	232.951	232.951
2	9.80	192.622	425.573
1	6.70	138.702	564.275
RDC	3.50	75.482	639.756
Σ		639.756	

Solution d'exercice 03 :

1. Calcul de la force sismique totale :

La force sismique totale V , appliquée à la base de la structure, est exprimée par :

$$V = \frac{A \cdot D \cdot Q}{R} W$$

A : coefficient d'accélération de zone, donné en fonction de la zone sismique et le groupe d'usage du bâtiment.

- la zone sismique de la construction est la **zone IIa**

le groupe d'usage du bâtiment : bâtiment est destiné pour l'habitation, d'ici le **groupe d'usage 1A**.

Donc, le coefficient d'accélération de zone **A est égal à 0.25**.

D : facteur d'amplification dynamique moyen, fonction de :

- la catégorie de site,
- du facteur de correction d'amortissement (η)
- de la période fondamentale de la structure (T).

Il est exprimé par :

$$D = \begin{cases} 2.5\eta & 0 \leq T \leq T_2 \\ 2.5\eta \left(\frac{T_2}{T}\right)^{2/3} & T_2 \leq T \leq 3.0s \\ 2.5\eta \left(\frac{T_2}{3}\right)^{2/3} \left(\frac{3}{T}\right)^{5/3} & T > 3.0s \end{cases}$$

La valeur de la **période fondamentale (T)** de la structure est déterminée par :

$$T = C_T h_N^{3/4}$$

Où :

h_N : Hauteur mesurée en mètres à partir de la base de la structure jusqu'au dernier niveau (N), **$h_N = 12.6m$**

C_T : Coefficient fonction du système de contreventement et du type de remplissage.

Pour les portiques autostables en béton armé sans remplissage en maçonnerie : $C_T = 0.075$

D'où : **$T = 0.502 \text{ Sec}$**

On peut également utiliser aussi la formule :

$$T = 0.09 h_N / \sqrt{D}$$

Où D est la dimension du bâtiment mesurée à sa base dans la direction de calcul considérée.

Dans le sens X : **$T'_X = 0.289 \text{ sec}$**

Dans le sens Y : **$T'_Y = 0.337 \text{ sec}$**

La période retenir dans chaque direction considérée la plus petite des deux valeurs de :

Sens X : **$T_X = \min(T'_X, T) = 0.289 \text{ sec}$**

Sens Y : **$T_Y = \min(T'_Y, T) = 0.337 \text{ sec}$**

La période caractéristique T_2 , associée à la catégorie du site, **pour un sol rocheux S_1 : $T_2 = 0.30 \text{ sec}$** .

Alors, le facteur d'amplification dynamique moyen D :

Dans le sens X :

Nous avons : $0 < T_X = 0.289 \text{ sec} < T_2 = 0.30 \text{ sec}$

Dans ce cas :

$$D_X = 2.5\eta$$

Dans le sens Y :

Nous avons : $T_2 = 0.30 \text{ sec} < T_Y = 0.337 \text{ sec} < 3.0 \text{ sec}$

Dans ce cas :

$$D_Y = 2.5\eta \left(\frac{T_2}{T_Y} \right)^{2/3}$$

η : Facteur de correction d'amortissement donné par la formule :

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{2 + \xi}} \geq 0.7$$

où $\xi(\%)$ est le pourcentage d'amortissement critique fonction du matériau constitutif, du type de structure et de l'importance des remplissage.

Pour les portiques auto stable sans remplissage en maçonnerie rigide, $\xi = 6\%$, alors $\eta = 0.935$

Donc :

$$D_X = 2.338 \text{ et } D_Y = 2.163$$

R : coefficient de comportement global de la structure

La structure étudiée est **portiques auto stable sans remplissage en maçonnerie rigide**, d'où :

Le coefficient **$R = 5$**

Q : facteur de qualité

La valeur de Q est déterminée par la formule :

$$Q = 1 + \sum_{1}^6 P_q$$

Où P_q est la pénalité à retenir selon que le critère de qualité q " est satisfait ou non".

Les critères de qualité " q " à vérifier sont :

1. Conditions minimales sur les files de contreventement :

Système de portiques : chaque file de portique doit comporter à tous les niveaux, **au moins trois (03) travées** dont le rapport des portées n'excède pas 1,5.

Sens X : on a **quatre travées**

- $L_1/L_2 = 4.3/3.2 = 1.23 < 1.5$ ce critère **est observé**
- $L_1/L_2 = 3.6/3.2 = 1.125 < 1.5$ ce critère **est observé**

Donc : **$P_q = 0.00$**

Sens Y : on a **trois travées**

- $L_1/L_2 = 3.7/3 = 1.23 < 1.5$ ce critère **est observé**
- $L_1/L_2 = 4.6/3 = 1.53 > 1.5$ ce critère **n'est pas observé**

Donc : $P_q = 0.05$

2. Redondance en plan :

Chaque étage devra avoir, en plan, **au moins quatre (04) files de portiques** et/ou de voiles dans la direction des forces latérales appliquées. Ces files de contreventement devront être disposées symétriquement autant que possible avec un rapport entre valeurs maximale et minimale d'espacement ne dépassant pas 1,5.

Sens X : on a **quatre files**

- $L_1/L_2 = 4.6/3 = 1.53 > 1.5$ ce critère **n'est pas observée**

Donc : $P_q = 0.05$

Sens Y : on a **cinq files**

- $L_1/L_2 = 4.3/3.2 = 1.23 < 1.5$ ce critère **est observé**

Donc : $P_q = 0.00$

3. Régularité en plan :

La structure est classée régulière en plan.

Sens X : $4.3/15.4 = 0.279 > 0.25$ ce critère n'est pas observé, donc : $P_q = 0.05$

Sens Y : $7.6/11.3 = 0.673 > 0.25$ ce critère n'est pas observé, donc : $P_q = 0.05$

4. Régularité en élévation :

La structure est classée régulière en élévation, donc $P_q = 0.00$

5. Contrôle de la qualité des matériaux :

Il n'est y pas des essais systématiques sur les matériaux mis en œuvre qui doivent être réalisés par l'entreprise, d'où $P_q = 0.05$

6. Contrôle de la qualité de l'exécution :

Il n'est y pas une supervision des essais effectués sur les matériaux, d'où $P_q = 0.1$

Valeurs des pénalités P_q .

Critère "q"	P_q	
	Sens X	Sens Y
1. Conditions minimales sur les files de contreventement	0.00	0.05
2. Redondance en plan	0.05	0.00
3. Régularité en plan	0.05	0.05
4. Régularité en élévation	0.00	0.00
5. Contrôle de la qualité des matériaux	0.05	0.05
6. Contrôle de la qualité de l'exécution	0.10	0.10
Σ	0.25	0.25

Finalement on obtient :

$$Q_X = 1.25 \text{ et } Q_Y = 1.25$$

W : Poids total de la structure

W est égal à la somme des poids W_i , calculés à chaque niveau (i) :

$$W = \sum_{i=1}^n W_i \text{ avec } W_i = W_{Gi} + \beta W_{Qi}$$

β : coefficient de pondération, fonction de la nature et de la durée de la charge d'exploitation, **pour les établissements de santé : $\beta = 0.6$**

Niveau	$W_{Gi} (kN)$	β	$W_{Qi} (kN)$	$W_i (kN)$
2	2850	0.6	970	3432.00
1	3420	0.6	1250	4170.00
RDC	3500	0.6	1260	4256.00
Σ				11858.00

Donc : la force sismique totale V , appliquée à la base de la structure,

Dans la direction horizontale X est : **$V_X = 1732.750 \text{ kN}$**

Dans la direction horizontale Y est : **$V_Y = 1603.053 \text{ kN}$**

2. Distribution verticale de la force sismique (selon la hauteur) :

Force horizontal appliquée au niveau i est déterminé par la formule :

$$F_i = \frac{(V - F_t)W_i h_i}{\sum_{j=1}^n W_j h_j}$$

Avec :

$$F_t = 0 \quad \text{si } T \leq 0.7 \text{ sec}$$

$$F_t = 0.07 TV \quad \text{si } T > 0.7 \text{ sec}$$

Nous avons :

$T_X, T_Y < 0.7 \text{ sec}$, donc : $F_t = 0$

La distribution verticale de la force sismique dans la direction X :

Niveau	$W_i (kN)$	$H_i (m)$	$W_i H_i (kN.m)$	$V_X (kN)$	$F_{iX} (kN)$
2	3432.00	12.6	43243.20	1732.750	779.329
1	4170.00	8.4	35028.00		631.274
RDC	4256.00	4.2	17875.20		322.147
Σ	11858.00		96146.40		1732.750

La distribution verticale de la force sismique dans la direction Y :

Niveau	$W_i (kN)$	$H_i (m)$	$W_i H_i (kN.m)$	$V_Y (kN)$	$F_{iY} (kN)$
2	3432.00	12.6	43243.20	1603.053	720.996
1	4170.00	8.4	35028.00		584.023
RDC	4256.00	4.2	17875.20		298.034
Σ	11858.00		96146.40		1603.053

3. L'effort tranchant appliqué dans chaque niveau :

L'effort tranchant au niveau de l'étage i est estimé par :

$$V_i = F_t + \sum_{j=i}^n F_j$$

Nous avons :

$T_X, T_Y < 0.7 \text{ sec}$, donc : $F_t = 0$

La distribution horizontale de la force sismique dans la direction X :

Niveau	$H_i (m)$	$F_{iX} (kN)$	$V_{iX} (kN)$
2	12.6	779.33	779.329
1	8.4	631.27	1410.603
RDC	4.2	322.15	1732.750
Σ		1732.75	

La distribution horizontale de la force sismique dans la direction Y :

Niveau	$H_i (m)$	$F_{iY} (kN)$	$V_{iY} (kN)$
2	12.6	720.996	720.996
1	8.4	584.023	1305.019
RDC	4.2	298.034	1603.053
Σ		1603.053	