

## Etude sismique

---

**V- Généralités sur les séismes :**

Le mot séisme vient du grec seismos qui signifie « secousse ». C'est une série de secousses du sol, plus ou moins violentes, soudaines, imprévisibles et localisées. On parle également de tremblement de terre. Les séismes mettent en évidence l'activité interne de la planète Terre. Souvent, un séisme se compose d'une ou de plusieurs secousses principales, brèves (quelques dizaines de secondes) suivies par d'autres secousses (répliques) au cours des heures et jours suivants.

La terre n'est pas un astre mort mais une planète vivante : les séismes et les éruptions volcaniques sont l'expression de l'instabilité de l'écorce terrestre.

Un séisme, ou tremblement de terre, est provoqué par un brusque déplacement de matière en profondeur (foyer du séisme), il se produit lors d'un relâchement brutal des tensions (de part et d'autre d'une faille, par exemple) à l'intérieur de la croûte terrestre ; la rupture qui s'ensuit provoque des vibrations, légères ou fortes, de la surface du sol. Le foyer du séisme est le point initial de la rupture. Immédiatement au-dessus, l'épicentre est le lieu d'intensité maximale du choc en surface, les destructions sont les plus importantes: éboulements, ouverture de larges fissures dans le sol, effondrements de bâtiments.

Ces ondes de choc se propagent en cercles concentriques à partir du foyer et de l'épicentre, diminuant d'intensité à mesure qu'elles s'en éloignent.

La principale cause des tremblements de terre est liée à la tectonique des plaques et aux contraintes engendrées par les mouvements d'une douzaine de plaques majeures et mineures qui constituent la croûte terrestre. La plupart des séismes tectoniques se produisent aux limites des plaques, dans les zones où une plaque glisse le long d'une autre

Il est difficile de les prévoir mais on peut diminuer les risques humains en évitant de construire dans les régions réputées dangereuses. Des règles de construction ont été mises au point, préconisant l'usage de matériaux dotés d'une certaine élasticité : béton armé et acier.

Cependant ces normes antisismiques ne sont pas adoptées partout (souvent pour des raisons économiques), d'où les récents séismes meurtriers, comme celui de boumerdes le 21 mai 2003.

## V- 1. Introduction :

Il est nécessaire d'étudier le comportement ou bien la réponse de la structure sous l'action sismique pour garantir un degré de protection acceptable à la construction en cas de séisme ou tremblement de terre, et éviter au maximum les dégâts qui pourraient être provoqués par ce phénomène.

**Calcul sismique:** C'est le calcul de la réponse sismique et la répartition des efforts dans les différents éléments de la structure

On distingue essentiellement deux méthodes d'analyse:

- **Analyse statique équivalente** : Pour les bâtiments réguliers et moyennement réguliers, on peut simplifier les calculs en ne considérant que le premier mode de la structure (mode fondamental). Le calcul statique a pour but de se substituer au calcul dynamique plus compliqué en ne s'intéressant qu'à produire des effets identiques.
- **Analyse modale spectrale** : peut être utilisée dans tous les cas, et en particulier, dans le cas où la méthode statique équivalente n'est pas permise. On utilise directement les spectres de dimensionnement puisque ce sont surtout les maxima des réponses qui intéressent le concepteur et non la variation temporelle. Elle permet de simplifier les calculs. On procède alors à une analyse modale en étudiant un certain nombre de modes propres de la structure.

### - Méthode de calcul :

On applique la méthode statique équivalente

- Article 4.1.2 de RPA:(Zone I et groupe d'usage 2, la hauteur du bâtiment atteint de 33,60 m).  
Tout fois cette méthode sera utilisée pour vérification.

La réglementation parasismique algérienne RPA99/V2003 est le support réglementaire pour toutes les vérifications.

Le calcul dynamique consiste à déterminer les modes propres de vibration de la structure ainsi que leurs natures (modes de torsion ou de translation); les caractéristiques dynamiques de la structure sont déterminées par le logiciel calcul et ceci on adoptant une modélisation par un modèle tridimensionnel encasté à la base et où les masses sont concentrées au niveau des centres de gravité des planchers avec trois degrés de liberté (2 translations horizontales et une rotation d'axe vertical).

## V- 2. Présentation du logiciel :

Les réponses de la structure sont déterminées par le logiciel **Etabs 9.7** celui c'est un programme de calcul statique et dynamique de structure à comportement linéaire mis au point à l'université de Berkeley en Californie aux états unis d'Amérique.

Nous avons fait appel au logiciel «**Etabs 9.7**» pour déterminer:

- Les périodes propres.
- Les coefficients de participation modale  $\alpha_i$ .
- Les déplacements des planchers.
- Les forces sismiques.
- Les sollicitations internes (M, N, T)

### V- 3. Evaluation des efforts sismiques :

Pour la détermination de la fonction du spectre de réponse on utilise le programme « spectre » qui permet de donner les valeurs du spectre de réponse en fonction des périodes.

L'action sismique est représentée par le spectre de calcul suivant

$$\frac{S_a}{g} = \begin{cases} 1,25A \left[ 1 + \frac{T}{T_1} \left( 2,5\eta \frac{Q}{R} - 1 \right) \right] & \text{si } 0 \leq T \leq T_1 \\ 2,5\eta (1,25A) \left( \frac{Q}{R} \right) & \text{si } T_1 \leq T \leq T_2 \\ 2,5\eta (1,25A) \left( \frac{Q}{R} \right) \left( \frac{T_2}{T} \right)^{2/3} & \text{si } T_2 \leq T \leq 3,0\text{sec} \\ 2,5\eta (1,25A) \left( \frac{T_2}{3,0} \right)^{2/3} \left( \frac{3}{T} \right)^{5/3} \left( \frac{Q}{R} \right) & \text{si } T > 3,0\text{sec} \end{cases}$$

Avec :

$\frac{\delta_a}{g}$  : Spectre de Réponse de calcul.

A : Coefficient d'accélération de zone.

$\eta$  : Facteur de correction d'amortissement (quand l'amortissement est différent de 5%)

$$\eta = \sqrt{7/(2 + \xi)} \geq 0,7$$

$\xi$  : pourcentage d'amortissement critique

Q : Facteur de qualité ( $Q = 1 + \Sigma P_q$ )

$T_1, T_2$  : périodes caractéristiques associées à la catégorie du site.

- Sol meuble  $\Rightarrow$  site 3 donc  $T_1 = 0,15$  sec et  $T_2 = 0,50$  sec.

D'après le R.P.A 99 (version 2003), on a :

- Zone sismique I }  $\Rightarrow A = 0.1$   
 - Groupe d'usage 2 }

$$\xi = 7\% \begin{cases} \text{-Portique en béton armé.} \\ \text{-Remplissage léger.} \end{cases}$$

$$\eta = \sqrt{7/(2+7)} = 0,8819 \geq 0,7$$

R : Coefficient de comportement de la structure.

- Mixte portiques/voiles avec interaction : R =5.
- Pour avoir la valeur de P<sub>q</sub> tout dépend des six critères de Q.

- Critères :

- 1 - Conditions minimales sur les files de contreventement.
- 2 - Redondance en plan.
- 3 - Régularité en élévation.
- 4 - Régularité en plan
- 5 - Contrôle de qualité de matériaux.
- 6 - Contrôle de qualité de l'exécution.

$$Q = 1 + \Sigma P_q = 1,2$$

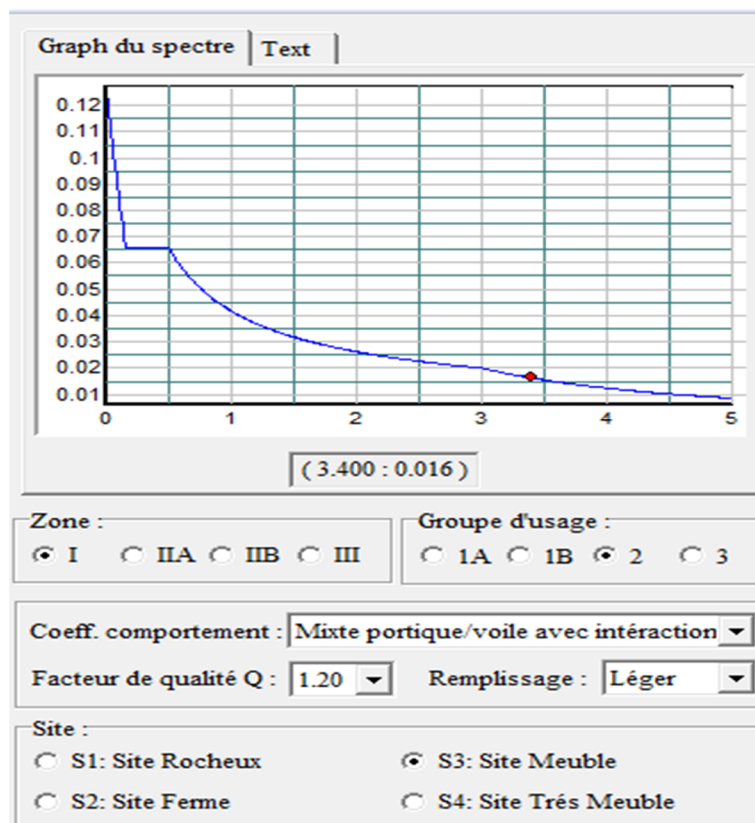


Figure : V- 1. Spectre de Réponse de calcul  $\frac{\delta_a}{g}$

**V- 3.1. Calcul des masses de la structure :**

La valeur  $w$  à prendre en compte est égale à la somme des poids  $w_i$  calculés à chaque niveau  $i$  de la structure

$$W = \sum w_i \text{ avec } w_i = G_i + \beta P_i$$

$G_i$  : poids du aux charges permanente et à celle des équipements fixés éventuelles solidaires de la structure.

$P_i$  : charge d'exploitation.

$\beta$  : Coefficient de pondération fonction de la nature et de la durée de la charge d'exploitation

Pour notre projet  $\beta = 0,2$

**V- 3.2. Détermination des poids ( $W_i$ ) de la structure :**

**Tableau -V-1.** Détermination (G,P,W) Niveau :terrasse(30,60m)

Niveau : terrasse $S = 420,72\text{m}^2$	G(t)
Plancher: $G \times S = 0,604 \times 420,72$	254,11
Poteaux: $n \times b \times h \times \gamma_b \times (ht/2) = 44 \times 0,40 \times 0,40 \times 2,5 \times (3,06/2)$	26,93
Poutre principal: $b \times h \times \gamma_b \times \sum L = 0,35 \times 0,45 \times 2,5 \times 125,5$	49,41
Poutre secondaire: $b \times h \times \gamma_b \times \sum L = 0,30 \times 0,40 \times 2,5 \times 94,70$	28,41
Mur extérieur: $0.8.Gm \times \sum L \times (ht/2) = 0,8 \times 0,288 \times 1,53 \times 109$	38,42
Mur voile: $ep \times \gamma_b \times \sum L \times (ht/2) = 0,2 \times 2,5 [23,4 \times 1.53]$	17,90
l' acrotère: $0,1975 \times 112,60$	22,24
$\sum G$	437,42
$P = Q \times S = 0,10 \times 420,72$	42,07
$W = G + (P \times \beta) = 437,42 + (42,07 \times 0,2)$	445,83

**Tableau -V-2.** Détermination (G,P,W) Niveau : 7<sup>ème</sup> → 9<sup>ème</sup> ( Poteaux (40×40))

Niveau : 7 <sup>ème</sup> → 9 <sup>ème</sup> ; S=420,72 m <sup>2</sup> ; Poteaux(40×40)		G(t)
Plancher: $G \times S = 0,544 \times 420,72$		228,87
Poteaux: $n \times b \times h \times \gamma_b \times ht = 2,5 \times 0,40 \times 0,40 \times (3,06) \times 44$		53,85
Poutre principal: $b \times h \times \gamma_b \times \sum L = 2,5 \times 0,35 \times 0,45 \times 125,5$		49,41
Poutre secondaire: $b \times h \times \gamma_b \times \sum L = 2,5 \times 0,30 \times 0,40 \times 94,70$		28,41
Mur extérieur: $0.8.Gm \times \sum L \times ht = 0,8 \times 0,288 \times 3,06 \times 109$		76,84
Mur voile: $ep \times \gamma_b \times \sum L \times ht = 0,2 \times 2,5 [23,40 \times 3,06]$		35,80
L'escalier: $G_{esc} \times S_{esc} = 2,7 \times (1 + 1,40) \times 4,86 + 2,7 \times 2,4 \times 7,27$		78,60
	$\sum G$	551,78
	$P = Q \times S = 0,15 \times 470,72 + 0,25 \times 13,58$	66,50
	$W = G + (P \times \beta) = 551,78 + (66,50 \times 0,2)$	565,08

**Tableau -V-3.** Niveau : 4<sup>ème</sup> → 6<sup>ème</sup> (Poteaux (45×45))

Niveau : 4 <sup>ème</sup> → 6 <sup>ème</sup> ; S=420,72 m <sup>2</sup> Poteaux(45×45)		G(t)
Plancher: $G \times S = 0,544 \times 420,72$		228,87
Poteaux: $n \times b \times h \times \gamma_b \times ht = 2,5 \times 0,45 \times 0,45 \times (3,06) \times 44$		68,16
Poutre principal: $b \times h \times \gamma_b \times \sum L = 2,5 \times 0,35 \times 0,45 \times 125,50$		49,41
Poutre secondaire: $b \times h \times \gamma_b \times \sum L = 2,5 \times 0,30 \times 0,40 \times 94,70$		28,41
Mur extérieur: $0.8.Gm \times \sum L \times ht = 0,8 \times 0,288 \times 3,06 \times 109$		76,84
Mur voile: $ep \times \gamma_b \times \sum L \times (ht) = 0,2 \times 2,5 [23,40 \times 3,06]$		35,80
L'escalier: $G_{esc} \times S_{esc} = 2,7 \times (1 + 1,40) \times 4,86 + 2,7 \times 2,4 \times 7,27$		78,60
	$\sum G$	566,09
	$P = Q \times S = 0,15 \times 420,72 + 0,25 \times 13,58$	66,5
	$W = G + (P \times \beta) = 566,09 + (66,50 \times 0,2)$	579,39

**Tableau -V-4.** Niveau : 1<sup>ère</sup> → 2<sup>ème</sup> → 3<sup>ème</sup> (Poteaux (50×50))

Niveau : 1 <sup>ère</sup> → 2 <sup>ème</sup> → 3 <sup>ème</sup> ; S=420,72 m <sup>2</sup> ; Poteaux(50×50)		G(t)
Plancher: $G \times S = 0,544 \times 420,72$		228,87
Poteaux: $n \times b \times h \times \gamma_b \times ht = 2,5 \times 0,50 \times 0,50 \times (3,06) \times 44$		84,15
Poutre principal: $b \times h \times \gamma_b \times \sum L = 2,5 \times 0,35 \times 0,45 \times 125,5$		49,41
Poutre secondaire: $b \times h \times \gamma_b \times \sum L = 2,5 \times 0,30 \times 0,40 \times 94,70$		28,41
Mur extérieur: $0.8.Gm \times \sum L \times ht = 0,8 \times 0,288 \times 3,06 \times 109$		76,84
Mur voile: $ep \times \gamma_b \times \sum L \times ht = 0,2 \times 2,5 [23,40 \times 3,06]$		35,80
L'escalier: $G_{esc} \times S_{esc} = 2,7 \times (1 + 1,40) \times 4,86 + 2,7 \times 2,4 \times 7,27$		78,60
	$\sum G$	582,08
	$P = Q \times S = 0,15 \times 470,72 + 0,25 \times 13,58$	66,50
	$W = G + (P \times \beta) = 582,08 + (66,50 \times 0,2)$	595,38

**Tableau -V-5.** Niveau : RDC (3,06m) Poteaux (50×50)

Niveau : RDC (3,06m) S=370,14m <sup>2</sup> Poteaux (50×50)		G(t)
Plancher: $G \times S = 0,544 \times 420,72$		228,80
Poteaux: $n \times b \times h \times \gamma_b \times ht = 2,5 \times 0,50 \times 0,50 \times 4,59 \times 44$		126,22
Poutre principal: $b \times h \times \gamma_b \times \sum L = 2,5 \times 0,35 \times 0,45 \times 125,50$		49,41
Poutre secondaire: $b \times h \times \gamma_b \times \sum L = 2,5 \times 0,30 \times 0,40 \times 94,70$		28,41
Mur extérieur: $0.8.Gm \times \sum L \times ht = 0,8 \times 0,288 \times 4,59 \times 109$		115,27
Mur voile: $ep \times \gamma_b \times \sum L \times ht = 0,2 \times 2,5 [23,40 \times 4,59]$		53,70
L'escalier: $G_{esc} \times S_{esc} = 2,7 \times (1 + 1,40) \times 4,86 + 2,7 \times 2,4 \times 7,27$		78,60
	$\sum G =$	680,41
	$P = Q \times S = 0,15 \times 420,72 + 0,25 \times 13,58$	66,50
	$W = G + (P \times \beta) = 680,41 + (66,50 \times 0,2)$	693,71



**V- 3.3. Définition des masses:**

On définit chaque masse ou moment d'inertie massique affectée aux nœuds de chaque niveau

$$D'où: I_M = \frac{M}{S} (I_{xg} + I_{yg}) .$$

$I_M$  : inertie massique (t.m<sup>2</sup>).

M:masse sismique qui égale au rapport W/g.

W: Le poids de chaque niveau .

g : L'accélération de pesanteur 9,81.

S :Surface du plancher.

$I_{xg}$  :Inertie du plancher suivant l'axe X.

$I_{yg}$  :Inertie du plancher suivant l'axe Y.

$x_g$  et  $y_g$  : coordonnées du centre de gravité.

$X_G$  et  $Y_G$  : coordonnées de l'excentricité fictive de 5% de la longueur

**Tableau -V- 6.** Valeurs des sollicitations obtenues

N	Im (t,m <sup>2</sup> )	Masse Sismi. m(t)	I <sub>yg</sub> (m <sup>4</sup> )	I <sub>xg</sub> (m <sup>4</sup> )	X <sub>g</sub> (m)	Y <sub>g</sub> (m)	0,05L (m)	X <sub>g</sub> (m)	Y <sub>g</sub> (m)	S	W (t)
RDC	11086,88	70,71	20765,22	45201,03	15,35	11,90	1,535	16,88	13,43	420,72	693,71
1 <sup>er</sup>	9515,81	60,69	20765,22	45201,03	15,35	11,90	1,535	16,88	13,43	420,72	595,38
2 <sup>ème</sup>	9515,81	60,69	20765,22	45201,03	15,35	11,90	1,535	16,88	13,43	420,72	595,38
3 <sup>ème</sup>	9515,81	60,69	20765,22	45201,03	15,35	11,90	1,535	16,88	13,43	420,72	595,38
4 <sup>ème</sup>	9260,23	59,06	20765,22	45201,03	15,35	11,90	1,535	16,88	13,43	420,72	579,39
5 <sup>ème</sup>	9260,23	59,06	20765,22	45201,03	15,35	11,90	1,535	16,88	13,43	420,72	579,39
6 <sup>ème</sup>	9260,23	59,06	20765,22	45201,03	15,35	11,90	1,535	16,88	13,43	420,72	579,39
7 <sup>ème</sup>	9031,31	57,60	20765,22	45201,03	15,35	11,90	1,535	16,88	13,43	420,72	565,08
8 <sup>ème</sup>	9031,31	57,60	20765,22	45201,03	15,35	11,90	1,535	16,88	13,43	420,72	565,08
9 <sup>ème</sup>	7124,70	45,44	20765,22	45201,03	15,35	11,90	1,535	16,88	13,43	420,72	445,83

$$\begin{cases} XG = xg + 0,05Lmax \\ YG = yg + 0,05Lmax \end{cases}$$

**V.4. Calcul sismique :****Nombre de mode à considérer :**

D'après le RPA 99/2003 (article 4.3.4 -a) :

1. Pour les structure représentées par des modèles plans dans deux directions orthogonales, le nombre de mode de vibration à retenir dans chacune des deux directions d'excitation doit être tel que :

- La somme des masses modales effectives pour les modes retenus soit égale à 90 % au moins de la masse totale de la structure.
- les modes ayant une masse modale effective supérieure à 5% de la masse totale de la structure soient retenus pour la détermination de la réponse totale de la structure. Le minimum de modes à retenir est de trois (03) dans chaque direction considérée.

2. Dans le cas où les conditions décrites ci-dessus ne peuvent pas être satisfaites à cause de l'influence importante des modes de torsion, le nombre minimal de modes (K) à retenir doit être tel que :  $K \geq 3\sqrt{N}$  et  $T_k \leq 0,20 \text{ sec}$

N : nombre de niveau au-dessus du sol et  $T_k$  : la période du mode K.

**V.4.1-calcul des coefficients de participation modale :**

On doit vérifier que :  $\sum \bar{\alpha}_i \geq 90\%$

$$\text{Avec : } \bar{\alpha}_i = \frac{\left( \sum_{K=1}^n W_K \Phi_{Ki} \right)^2}{\sum_{K=1}^n W_K \Phi_{Ki}^2} \cdot \frac{1}{\sum_{K=1}^n W_K}$$

$$W = \sum W_K = 5794,01 \text{ t}$$

Le logiciel etabs donne directement les valeurs des coefficients de participation modale, les valeurs données sont :

a- Sens longitudinal:

$$\sum \alpha_x = 92,2960 \% > 90 \% \dots\dots\dots \text{condition vérifiée.}$$

b- Sens transversal:

$$\sum \alpha_y = 92,5476 \% > 90\% \dots\dots\dots \text{condition vérifiée.}$$

Tableau -V- 7. Période et facteur de participation massique

Mode	Période	facteur de participation massique		
		UX	UY	UZ
1	0,497807	67,6079	0,0139	0
2	0,421549	0,0319	69,4158	0
3	0,320414	3,7315	0,0754	0
4	0,141414	15,2286	0,0000	0
5	0,130194	0,0000	16,2294	0
6	0,094050	0,0000	0,1983	0
7	0,089811	0,5320	0,0000	0
8	0,082145	0,0000	3,5577	0
9	0,077342	0,0084	0,0000	0
10	0,074498	5,1314	0,0000	0
11	0,073097	0,0243	0,0000	0
12	0,071263	0,0000	3,0570	0

**V- 4.2. Calcul de l'effort tranchant pour la méthode statique équivalent :**

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

D : facteur d'amplification dynamique moyen en fonction de la catégorie de site, du facteur de correction d'amortissement ( $\eta$ ) et de la période fondamentale de la structure.

$$D = \begin{cases} 2,5\eta & \text{Si } 0 \leq T \leq T_2 \\ 2,5\eta \left(\frac{T_2}{T}\right)^{2/3} & \text{Si } T_2 \leq T \leq 3,0 \text{ sec} \\ 2,5\eta \left(\frac{T_2}{3,0}\right)^{2/3} \cdot \left(\frac{3,0}{T}\right)^{5/3} & \text{Si } T > 3,0 \text{ sec} \end{cases}$$

W : le poids total de la structure :

Tableau -V- 8. Coefficient d'accélération de zone.

Groupe	Zone			
	I	Iia	Iib	III
1A	0,15	0,25	0,30	0,40
1B	0,12	0,20	0,25	0,30
2	<b>0,10</b>	0,15	0,20	0,25
3	0,07	0,10	0,14	0,18

$$\text{Ou : } \begin{cases} A = 0,1 \\ Q = 1,20 \\ R = 5 \end{cases}$$

$$W = 5794,01 \text{ t}$$

$T_1, T_2$  : période caractéristique associée à la catégorie du site.

- Sol meuble  $\Rightarrow$  site S3 donc  $T_1 = 0,15 \text{ sec}$  et  $T_2 = 0,50 \text{ sec}$ .

#### V- 4.3. Estimation de la période fondamentale de la structure :

$$T = C_T \cdot h_n^{3/4} \quad \text{Ou : } \begin{cases} h_n = 33,6 \text{ m} \\ C_T = 0,050. \end{cases}$$

$$T = \min \begin{cases} T = C_t h_n^{3/4} = 0,05 \times 33,60^{3/4} = 0,69 \text{ sec} \\ T = 0,09 \frac{h_n}{\sqrt{D}} = 0,09 \times \frac{33,60}{\sqrt{28,6}} = 0,56 \text{ sec} \end{cases} \Rightarrow T = 0,56 \text{ sec}$$

$$T_2 \leq T \leq 3,0 \text{ sec.}$$

$$\Rightarrow D = 2,5 \eta \left( \frac{T_2}{T} \right)^{2/3} = 2,5 \times 0,8819 \times \left( \frac{0,5}{0,56} \right)^{2/3} = 2,04$$

$$\text{Donc : } V = \frac{A \cdot D \cdot Q}{R} \cdot W = \frac{0,1 \times 2,04 \times 1,20}{5} \times 5794,01 = 283,67 \text{ t}$$

$$V_x = V_y = V$$

On doit vérifier que la résultante des forces sismiques à la base « $V_t$ » obtenue par combinaison des valeurs modales ne doit pas être inférieure à 80% de la résultante des forces sismiques déterminée par la méthode statique équivalente.

#### V-4.4.Sens longitudinal :

$$V_{dx} = 315,34 \text{ t} > 80\% V_{st} = 0,8 \times 283,67 = 226,93 \text{ t} \quad \text{_____} \quad \text{condition vérifiée.}$$

#### V-4.5. Sens transversal :

$$V_{dy} = 323,71 \text{ t} > 80\% V_{st} = 0,8 \times 283,67 = 226,93 \text{ t} \quad \text{_____} \quad \text{condition vérifiée.}$$

#### V-5.Calcul des déplacements :

Sous l'action des forces horizontales ; la structure subira des déformations horizontales.

Pour éviter l'augmentation des contraintes dans les systèmes de contreventement, les déplacements doivent être calculés pour chaque élément de contreventement, les déplacements relatifs latéraux d'un étage par rapport aux étages qui lui sont adjacents ne doivent pas dépasser 1,0% de la hauteur de l'étage.

$$\Delta_k = \delta_k - \delta_{k-1} \leq \delta_k \quad \text{avec} \quad \delta_k = R \cdot \delta_{ek}$$

R : Coefficient de comportement ; R= 5.

$\delta_{ek}$  : Déplacement dus aux forces sismiques  $F_i$  (y compris l'effort de torsion).

Les deux tableaux suivants résument les déplacements relatifs aux différents niveaux dans les deux sens longitudinal et transversal.

Tableau – V-9. Les déplacements relatifs Sens longitudinal

Sens longitudinal			
Niveaux	$\delta_{ek}$ (m)	$\delta_k=R \cdot \delta_{ek}$	$\Delta_k=\delta_k -\delta_{k-1}$
9	0,0056	0,028	0,003
8	0,0050	0,025	0,003
7	0,0044	0,022	0,003
6	0,0038	0,019	0,004
5	0,0031	0,015	0,003
3	0,0024	0,012	0,003
3	0,0018	0,009	0,003
2	0,0012	0,006	0,003
1	0,0006	0,003	0,002
RDC	0,0002	0,001	/

Tableau – V-10. Les déplacements relatifs Sens transversal

Sens transversal			
Niveaux	$\delta_{ek}$ (m)	$\delta_k=R \cdot \delta_{ek}$	$\Delta_k=\delta_k -\delta_{k-1}$
9	0,0077	0,039	0,001
8	0,0076	0,038	0,008
7	0,006	0,030	0,004
6	0,0051	0,026	0,004
5	0,0042	0,021	0,004
4	0,0033	0,017	0,005
3	0,0024	0,012	0,0045
2	0,0015	0,0075	0,0035
1	0,0008	0,004	0,0025
RDC	0,0003	0,0015	/

On remarque que tous les déplacements relatifs ne dépassent pas les 1,0% de la hauteur d'étage  $1,0\% h_e=0,0306$ ; donc la condition est vérifiée.