

## CHAPITRE VII ETUDE SISMIQUE

### VII-1 Introduction

Les actions sismiques sur un bâtiment sont des actions dynamiques complexes Elles se manifestent par des mouvements essentiellement horizontaux imposés aux fondations.

Les constructions résistent à ces mouvements par des forces d'inertie dues à leur masse qui s'opposent aux mouvements. Ce qu'entraînent bien entendu des efforts dans les structures.

Le but de l'étude sismique est la détermination des efforts induits et leur distribution dans le système de stabilités.

Dans cette partie nous allons analyser l'effet des deux sens parasismiques qui définies:

- sens I:perpendiculaire à la façade principale (ossature contreventée par palées triangulées en X).
- sens II : parallèle à la façade principale (portiques auto-stables ductiles).

La détermination de la réponse de la structure et son dimensionnement peuvent se faire par les deux méthodes suivantes :

- ✓ Méthode statique équivalente.
- ✓ Méthode d'analyse modale spectrale.

### VII-2 Méthode statique équivalente

#### Condition d'application

Selon le (RPA 99 art 4.1.2) nous pouvons dire que la méthode est applicable sur notre structure vue que les conditions suivantes sont satisfaites :

- régularité en plan et en élévation.
- ouvrage en zone I avec une hauteur totale inférieure 65 m.

## Principe de la méthode

Le calcul de la méthode statique peut être considéré comme dérivant de l'analyse modal à travers les simplifications suivantes :

- le mode fondamental est seul pris en compte.
- la déformée du mode fondamental est arbitrairement assimilée à une droite pour les structures à portiques.

### VII-2-1 Calcul de l'effort tranchant à la base V

**A** : coefficient d'accélération de zone, donné par le tableau (4.1) de RPA 99/version 2003 en fonction de la zone sismique et du groupe d'usage du bâtiment

Zone I	<span style="font-size: 2em;">→</span> <b>A=0,12</b>
Groupe d'usage 1B (RPA99/version 2003 art 3.2)	

**D** : facteur d'amplification dynamique moyen, fonction de la catégorie de site, du facteur de correction d'amortissement ( $\eta$ ) et de la période fondamentale de la structure ( $T$ ).

$$D = \begin{cases} 2,5 \eta & 0 \leq T \leq T_2 \\ 2,5 \eta (T_2 / T)^{2/3} & T_2 \leq T \leq 3s \\ 2,5 \eta (T_2 / T)^{2/3} (3 / T)^{5/3} & T \geq 3.0 \text{ sec} \end{cases}$$

$T_2$  : période caractéristique, associée à la catégorie du site, donnée par le tableau 4.7

(RPA) Site : S3 (meuble)  $\Rightarrow T_2 = 0.5 \text{ sec}$

$\eta$  : est donné par la formule suivante :  $\eta = \sqrt{\frac{7}{2 + \zeta}}$

$\zeta$  (%) : pourcentage d'amortissement critique est donné par le tableau 4.2 (RPA)

Mixte portiques  $\Rightarrow \zeta = 5 \%$

$$\Rightarrow \eta = 1$$

- **T** : période fondamentale de la structure qui peut être estimée à partir des formules empiriques ou calculée par des méthodes analytiques ou numériques.

La méthode empirique à utiliser selon les cas est la suivante :  $T = C_t h_n^{3/4}$

$h_n$  : hauteur mesurée en mètres à partir de la base de la structure jusqu'au dernier niveau.

$h_n = 22,96$  m.

- **C<sub>t</sub>** : coefficient, fonction du système de contreventement, du type de remplissage. Il est donné par le tableau 4.6 (RPA 99)

On a un contreventement assuré par palées triangulées:  $C_t = 0,05$ .

D'où :  $T = 0,05 \times 22,96^{3/4} = \mathbf{0,52 \text{ sec}}$   $\longrightarrow T_2 \leq T \leq 3s \longrightarrow D = 2,5 \eta (T_2 / T)^{2/3}$

**D = 2,44 sec**

- **R** : Coefficient de comportement global de la structure:

Pour le sens longitudinal (sens X) la structure est contreventée par palées triangulées en X

**R = 4**

Pour le sens transversal (sens Y) la structure est contreventée par un portique auto-stable ordinaire **R = 6**

On prend : **R = 4** (R prend la valeur la plus petite, RPA p.28).

- **Q** : facteur de qualité : **Q=1,25**

- **W** : poids de la structure

W est égal à la somme des poids  $W_i$  de tous les niveaux.

$$W = \sum W_i \quad \text{Avec : } W_i = W_{Gi} + \beta W_{Qi} \quad \text{formule (4.5)}$$

#### ➤ Niveau 4<sup>ème</sup> étage :

Poids du plancher :

$$W_G = 528 \times (20 \times 20) = 211200 \text{ daN}$$

$$W_Q = 100 \times 400 = 40000 \text{ daN}$$

Poids des poutres principales :

$$W_G = (4 \times 252 \times 20) + (2 \times 204 \times 20) = 28320 \text{ daN}$$

Poids des solives :

$$W_G = 71 \times 22,4 \times 4 = 6361,6 \text{ daN}$$

Poids des poteaux :

$$W_G = [(12 \times 76,4) + (8 \times 42,3)] \times (3,74) = 4694,44 \text{ daN}$$

Poids des murs en verre :

$$W_G = 37,5 \times [(20 \times 3,74 \times 2) + (23 \times 3,74 \times 2)] = 12061,5 \text{ daN}$$

Poids d'acrotère:

$$W_G = 130 \times 86 = 11180 \text{ daN}$$

On trouve :

$W_G = 211200 + 28320 + 6361,6 + 4694,44 + 12061,5 + 11180 = 273817,54 \text{ daN}$
$W_Q = 40000 \text{ daN}$
$W_{(4\text{ème})} = 273817,54 + 0,2 \times 40000 = 281817,54 \text{ daN}$

➤ **Niveau 3<sup>ème</sup> et 2<sup>ème</sup> étage:**

Poids du plancher :

$$W_G = 411 \times (20 \times 20) = 164400 \text{ daN}$$

$$W_Q = 250 \times (20 \times 20) = 100000 \text{ daN}$$

Poids des solives :

$$W_G = 71 \times 22,4 \times 4 = 6361,6 \text{ daN}$$

Poids des poteaux :

$$W_G = [(12 \times 76,4) + (8 \times 42,3)] \times (3,74) = 4694,44 \text{ daN}$$

Poids des poutres principales :

$$W_G = (4 \times 252 \times 20) + (2 \times 204 \times 20) = 28320 \text{ daN}$$

Poids des murs en verre :

$$W_G = 37,5 \times [(20 \times 3,74 \times 2) + (23 \times 3,74 \times 2)] = 12061,5 \text{ daN}$$

Poids des escaliers :

$$W_{\text{esc}} = 4996,75 \text{ daN}$$

On trouve :

$W_G = 164400 + 28320 + 6361,6 + 4694,44 + 12061,5 + 4996,75 = 220834,29 \text{ daN}$
$W_Q = 100000 \text{ daN}$
$W_{(2+3)\text{ème}} = 220834,29 + 0,2 \times 100000 = 240834,29 \text{ daN}$

➤ **Niveau 1<sup>er</sup> étage :**

Poids du plancher :

$$W_G = 411 \times (20 \times 20) = 164400 \text{ daN}$$

$$W_Q = 250 \times (20 \times 20) = 100000 \text{ daN}$$

Poids des solives :

$$W_G = 71 \times 22,4 \times 4 = 6361,6 \text{ daN}$$

Poids des poteaux :

$$W_G = [(12 \times 125) + (8 \times 76,4)] \times (3,74) = 7895,88 \text{ daN}$$

Poids des poutres principales :

$$W_G = (4 \times 252 \times 20) + (2 \times 204 \times 20) = 28320 \text{ daN}$$

Poids des murs en verre :

$$W_G = 37,5 \times [(20 \times 3,74 \times 2) + (23 \times 3,74 \times 2)] = 12061,5 \text{ daN}$$

Poids des escaliers :

$$W_{\text{esc}} = 4996,75 \text{ daN}$$

On trouve :

$W_G = 164400 + 28320 + 6361,6 + 7895,88 + 12061,5 + 4996,75 = 224035,73 \text{ daN}$
$W_Q = 100000 \text{ daN}$
$W_{1\text{ème}} = 224035,73 + 0,2 \times 100000 = 244035,73 \text{ daN}$

➤ **Niveau RDC :**

Poids du plancher :

$$W_G = 411 \times (20 \times 20) = 164400 \text{ daN}$$

$$W_Q = 250 \times (20 \times 20) = 100000 \text{ daN}$$

Poids des solives :

$$W_G = 71 \times 22,4 \times 4 = 6361,6 \text{ daN}$$

Poids des poteaux :

$$W_G = [(12 \times 125) + (8 \times 76,4)] \times (6) = 12667,2 \text{ daN}$$

Poids des poutres principales :

$$W_G = (4 \times 252 \times 20) + (2 \times 204 \times 20) = 28320 \text{ daN}$$

Poids des murs en verre :

$$W_G = 37,5 \times [(20 \times 6 \times 2) + (23 \times 6 \times 2)] = 19350 \text{ daN}$$

On trouve :

$W_G = 164400 + 28320 + 6361,6 + 12667,2 + 19350 = 231098,8 \text{ daN}$
$W_Q = 100000 \text{ daN}$
$W_{\text{RDC}} = 231098,8 + 0,2 \times 100000 = 251098,8 \text{ daN}$

➤ **Niveau Technique:**

Poids du plancher :

$$W_G = 411 \times (20 \times 20) = 164400 \text{ daN}$$

$$W_Q = 100 \times (20 \times 20) = 40000 \text{ daN}$$

Poids des solives :

$$W_G = 71 \times 22,4 \times 4 = 6361,6 \text{ daN}$$

Poids des poteaux :

$$W_G = [(12 \times 125) + (8 \times 76,4)] \times (2) = 4222,4 \text{ daN}$$

Poids des poutres principales :

$$W_G = (4 \times 252 \times 20) + (2 \times 204 \times 20) = 28320 \text{ daN}$$

Poids des murs en verre :

$$W_G = 37,5 \times [(20 \times 2 \times 2) + (23 \times 2 \times 2)] = 6450 \text{ daN}$$

On trouve :

$W_G = 164400 + 28320 + 6361,6 + 4222,4 + 6450 = 209754 \text{ daN}$
$W_Q = 40000 \text{ daN}$
$W_{\text{tech}} = 209754 + 0,2 \times 40000 = 217754 \text{ daN}$

✓ Poids total du bâtiment :

$$W_{\text{totale}} = 281817,54 + (240834,29 \times 2) + 244035,73 + 251098,8 + 217754 = 1476374,65 \text{ daN}$$

### VII-2-2 Distribution de la résultante des forces sismiques selon la hauteur

La résultante des forces sismiques à la base  $V$  doit être distribuée sur la hauteur de la structure selon les formules suivantes :

$$V = F_i + \sum F_i \dots \dots \dots (4-10)$$

La force concentrée  $F_t$  au sommet de la structure permet de tenir compte de l'influence des modes supérieurs de vibration. Elle doit être déterminée par la formule :  $F_t = 0,07 TV$  où  $T$  est la période fondamentale de la structure (en secondes). La valeur de  $F_t$  ne dépassera en aucun cas  $0,25 V$  et sera prise égale à  $0$  quand  $T$  est plus petit ou égale à  $0,7$  secondes.

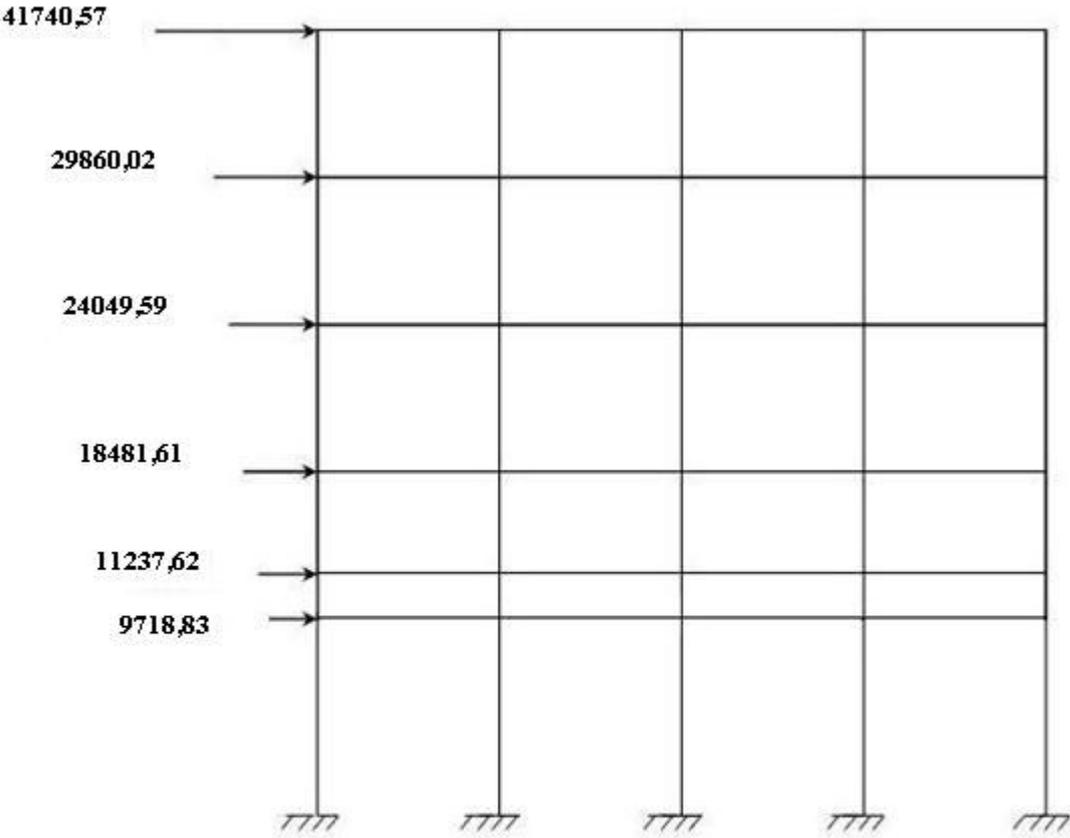
$$T = 0,52 \text{ s} < 0,7 \text{ s} \Rightarrow F_t = 0$$

La partie restante de  $V$  doit être distribuée sur la hauteur de la structure suivant la formule :

$$F_i = \frac{V \cdot W_i h_i}{\sum_{j=1}^n W_j h_j} \dots \dots \dots (4-11)$$

Niveau	$h_i$ (m)	$W_i$ (daN)	$h_i \cdot W_i$	$F_i$ (daN)
RDC	6	251098,8	1506592,8	9718,83
étage tech	8	217754	1742032	11237,62
1 <sup>er</sup> étage	11,74	244035,73	2864979,47	18481,61
2 <sup>ème</sup> étage	15,48	240834,29	3728114,80	24049,59
3 <sup>ème</sup> étage	19,22	240834,29	4628835,05	29860,02
4 <sup>ème</sup> étage	22,96	281817,54	6470530,71	41740,57
La somme			20941084,83	135088,24

**Tableau VII-1 : Valeurs de la force sismique V**



**Figure VII-1 : Distribution de la résultante des forces sismiques selon la hauteur**

### VII-2-4 Effet de torsion d'axe vertical

L'augmentation de l'effort tranchant provoqué par la torsion d'axe vertical due à l'excentricité entre le centre de gravité et le centre de rigidité doit être prise en compte.

Donc il n'y a pas de l'effet de torsion car l'excentricité est nulle c'est à dire le centre du gravité et le centre de rigidité sont au même point.