

V-1-Introduction :

Pour l'évaluation des forces sismiques, on utilise le logiciel « **SAP2000 V14.0.0** » qui contient différentes méthodes de calcul sismique (Response Spectrum Function; Time History Function...)

Pour notre cas, on a choisie « Response Spectrum Function » qui est basée sur la méthode dynamique modale spectrale qui prend en compte la réponse de la structure suivant les modes déterminés en ce basant sur les hypothèses suivantes:

- Masse supposée concentrée au niveau des nœuds principaux (noeud maître).
- Seul les déplacements horizontaux sont pris en compte.
- Les planchers et les fondations sont considérés rigides dans leur plan.
- Le nombre de mode à prendre en compte est tel que la somme des coefficients de participation modale soit au moins égale à 90%.

V-2-Présentation du logiciel :➤ **SAP 2000v14.0.0**

Le programme SAP2000 est un logiciel d'analyse statique et dynamique des structures Par la méthode des éléments finis, il offre les performances de technologie d'aujourd'hui, capacité de calcul et vitesse d'exécution.

Pour l'utilisation de ce programme on doit suivre les démarches suivantes :

Il y a lieu de choisir une unité avant d'entamer une session SAP2000, adoptant (t.m)

Menu file /new model:**Coordinate system définition:**

- **System name** : nom de système par défaut globale
- **Number of grid spaces:** il permet de spécifier les nombres d'espace –grille suivant les directions des axes globaux.
- **Grid spacing** : espacement des grilles suivant les axes globaux

Draw /edit grid : sélectionner « x » puis « x location » inséré les distances cumulées en commencent par « 0 »

0 → add grid linexn et la même chose avec y et z

Define/ matériel :

Définie materials: permet de définir le matériau utilisé

- CONC (béton)
- STEEL (acier)
- OTHER (autre)

Modify/show matériel : pour saisir les différentes propriétés du béton

- Masse par unité du volume
- Poids par unité de volume
- Module d'élasticité longitudinal
- Coefficient de poisson
- Coefficient dilatation thermique (pour un calcul à la température).
- Module de cisaillement

Define/frame section : pour saisir des inerties des éléments de coffrage (poteaux, poutre...)

Modify/show section : pour définir une nouvelle section (rectangulaire, circulaire)

- Matériel : exp. « CONC »
- Dimension : - depth (t3) : la hauteur de la section
- width (t2) : largeur de la section
- Renforcement :-élément class : permet de définir le type d'élément (poteau : column, poutre : beam)
- Configuration of reinforcement : permet de configurer la disposition des armatures (circulaire ou rectangulaire)
- Rectangulaire reinforcement : permet de paramètre disposition des aciers (enrobage nombre des barres dans le sens 2 ; 3....)

Defline/static load case : pour définir les cas des charge statique (G, P.....)

G : Charge permanente ou morte → DEAD

P : Surcharge d'exploitation ou vivante → LIVE

Assign /joint /restreint : pour définir le nombre de degré de liberté de nœud maître (translation suivant X, Y et en rotation suivant Z

Assign /joint /contraint : pour l'affectation d'un diaphragme rigide

Assign/frame statique load /point and uniform:

Permet d'appliquer les charges réparties ou concentré sur élément frame sélectionné

Define /load combinaison : permet de définir les différentes combinaisons et les coefficients

De pondération pour chaque une des combinaisons des charges

Define response spectrum function : pour introduire les réponses spectrales de la courbe sismique .

Cliquer sur Add fonction from. File puis sur open file, aller au répertoire où se trouve le fichier de spectre.

Spécifier le nombre de points par ligne (normalement c'est 1) et sélectionner "périod and accélération valeur"

Cliquer sur Add new spectre

- La nom du cas de spectre EX et EY
- Angle d'excitation
- Modale combinaison CQC
- Dumping (amortissement)
- Direction des responses du spectre (direction U1)

Définition du centre de masse:

- Cliquer sur drew special joint
- Cliquer sur un point approximatif
- Cliquer sur le nœud et corriger les coordonnées; je fait la même chose pour tous les niveaux

Définition des masses est moments d'inertie massique:

Sélectionner les nœuds aller au commande "assign; joint, puis masses, donner la masse suivant les directions 1 et 2 et le moment d'inertie massique (rotation suivant 3).

Chargement de la structure:

Sélectionner la poutre à charger; cliquer sur assign frame static loads et spécifier le nom du cas de chargement, type répartie ou concentré, et direction de la charge.

Analyse /set options : Pour spécifier le nombre de valeurs propre à calculer

Analyse/ Run : (après vérification des différentes données définissant notre modèle).

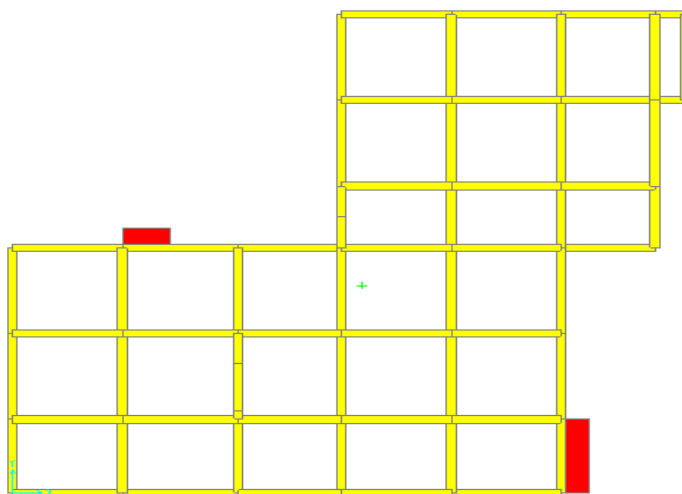


Figure.V.1 :La vue en plan de la structure.

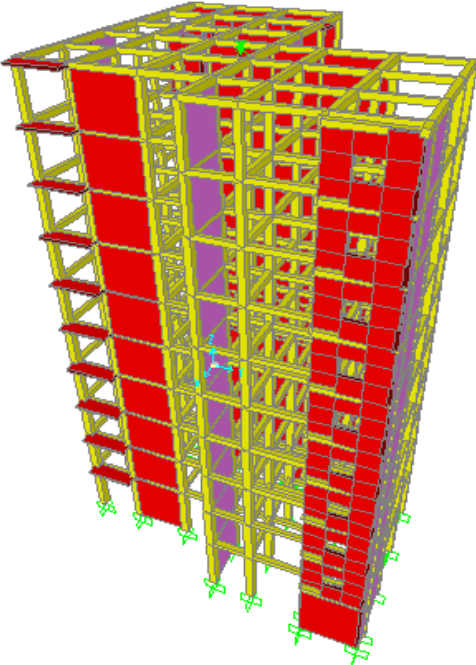


Figure.V.2 :La vue en 3D de la structure .

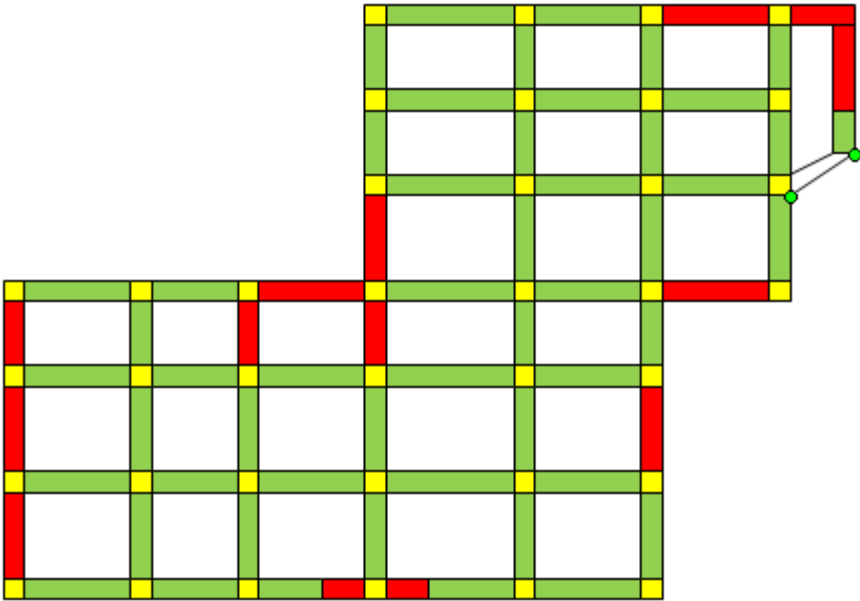


Figure.V.3 :la disposition des voiles dans la structure

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.

et :

A : Coefficient d'accélération de zone.

η : Facteur de correction d'amortissement (quant l'amortissement est différent de 5%)

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

ξ : Pourcentage d'amortissement critique

Q : Facteur de qualité.

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

-Sol meuble \Rightarrow site 3 donc $T_1 = 0,15$ sec et $T_2 = 0,5$ sec.

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

-Zone sismique IIa } $\Rightarrow (A = 0,15)$
 -Groupe d'usage 2 }

$$\xi = 6\% - \begin{cases} \text{-Portique en béton armé.} \\ \text{-Remplissage léger.} \end{cases}$$

$$\eta = \sqrt{7 / (2 + 6)} = 0,9354 \geq 0,7$$

R : Coefficient de comportement de la structure.

-Portique auto stable avec remplissage en maçonnerie rigide $R = 5$.

-Pour avoir la valeur de P_q 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($l_x/l_y=(10,5+3)/20,5=0,66 > 0,25$ donc le bâtiment est irrégulier en plan .
- 5-Contrôle de qualité de matériaux.
- 6-Contrôle de qualité de l'exécution.

$$Q = 1 + \sum Pq = 1 + (0,00 + 0,00 + 0,05 + 0,00 + 0,00 + 0,10) = 1,15.$$

Calcul de D :

$$T = C_T \cdot h_n^{3/4} \quad \text{d'ou : } \begin{cases} h_n = 35,1 \text{ m} \\ C_T = 0,050. \end{cases}$$

$$\text{Donc : } T = 0,05 \times (35,1)^{3/4} = 0,93 \text{ sec} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\begin{cases} T_x = 0,09 \cdot (35,1) / \sqrt{21,45} = 0,68 \text{ s} \\ T_y = 0,09 \cdot (35,1) / \sqrt{19,50} = 0,71 \text{ s} \end{cases} \quad \dots\dots\dots(2)$$

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

$$\Rightarrow D_x = 2,5 \eta \left(\frac{T_2}{T} \right)^{\frac{2}{3}} = 2,5(0,93) \left(\frac{0,50}{0,68} \right)^{\frac{2}{3}} = 1,89$$

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

$$\Rightarrow D_y = 2,5 \eta \left(\frac{T_2}{T} \right)^{\frac{2}{3}} = 2,5(0,93) \left(\frac{0,50}{0,72} \right)^{\frac{2}{3}} = 1,82$$

$$V_x = \frac{A \cdot D \cdot Q}{R} \cdot W = \frac{0,15 \times 1,89 \times 1,15}{5} \times 36481,04 = 2378,74 \text{ KN}$$

$$V_y = \frac{A \cdot D \cdot Q}{R} \cdot W = \frac{0,15 \times 1,82 \times 1,15}{5} \times 36481,04 = 2290,64 \text{ KN}$$

V-4-Chargement de portiques :

Pour la détermination du chargement des portiques, on calcul les charges supportées par la poutre de part et d'autre sans prendre en considération le poids propre des poutres et des voiles ; parce que SAP va prendre en considération.

Poutre principale :

Portique de rive :

1-LA TERASSE :

Axes	Eléments	G(KN/m)	Q(KN/m)
G	Poids propre de poutre : $\gamma_b \times b \times h = 2,63 \text{ KN/m}$ $G = G_p \cdot \frac{L}{2} = 5,04 \times 1,5 = 7,56 \text{ KN/m}$ Poids de l'acrotère = $25 \times 0,069 = 1,73 \text{ KN/m}$	11,92	$Q = Q_p \cdot \frac{L}{2} = 1 \times 1,5 = 1,5 \text{ KN/m}$
A	Poids propre du poutre = $2,63 \text{ KN/m}$ $G = 5,04(1,75) = 8,82 \text{ KN/m}$ $P_{act} = \gamma_b \times s = 1,73 \text{ KN/m}$	13,18	$Q = 1(1,75) = 1,75 \text{ KN/m}$
D	$P_p = 2,63 \text{ KN/m}$ $G = 5,04 \times 1,75 = 8,82 \text{ KN/m}$ $P_{acrot} = 1,73 \text{ KN/m}$	13,18	$Q = 1 \times 1,75 = 1,75 \text{ KN/m}$
D	$P_p = 2,63 \text{ KN/m}$ $G = 5,04(1,25) = 6,3 \text{ KN/m}$ $P_{acrot} = 1,73 \text{ KN/m}$	10,66	$Q = 1(1,25) = 2,5 \text{ KN/m}$

2-RDC+1er et 2ème étages

Axes	Eléments	G(KN/m)	Q(KN/m)
G	$P_p : \gamma_b \times b \times h = 2,63 \text{ KN/m}$ $G = G_p \cdot \frac{L}{2} = 5,45 \times 1,5 = 8,18 \text{ KN/m}$ Poids du mur = $2,88 \times 3,06 = 8,81 \text{ KN/m}$	19,62	$Q = Q_p \cdot \frac{L}{2} = 4 \times 1,5 = 6 \text{ KN/m}$
A	$P_p = 2,63 \text{ KN/m}$ $G = 5,45(1,75) = 9,54 \text{ KN/m}$ $P_m = 2,88 \times 3,06 = 8,81 \text{ KN/m}$	20,98	$Q = 4(1,75) = 7 \text{ KN/m}$
D	$P_p = 2,63 \text{ KN/m}$ $G = 5,45 \times 1,75 = 9,54 \text{ KN/m}$ $P_m = 8,81 \text{ KN/m}$	20,98	$Q = 4 \times 1,75 = 7 \text{ KN/m}$
D	$P_p = 2,63 \text{ KN/m}$ $G = 5,45(1,25) = 6,81 \text{ KN/m}$ $P_m = 8,81 \text{ KN/m}$	18,25	$Q = 4(1,25) = 5 \text{ KN/m}$

3 -3 éme jusq'au 8éme étages :

Axes	Eléments	G(KN/m)	Q(KN/m)
G	$P_p : \gamma b \times b \times h = 2,63 \text{KN/m}$ $G = G_r \cdot \frac{L}{2} = 5,45 \times 1,5 = 8,18 \text{ KN/m}$ Poids du mur= $2,88 \times 3,06 = 8,81 \text{KN/m}$	19,62	$Q = 1,5 \times 1,5 = 2,25 \text{ KN/m}$
A	$P_p = 2,63 \text{ KN/m}$ $G = 5,45(1,75) = 9,54 \text{KN/m}$ $P_m = 2,88 \times 3,06 = 8,81 \text{ KN/m}$	20,98	$Q = 1,5(1,75) = 2,63 \text{ KN/m}$
D	$P_p = 2,63 \text{ KN/m}$ $G = 5,45 \times 1,75 = 9,54 \text{KN/m}$ $P_m = 8,81 \text{ KN/m}$	20,98	$Q = 1,5 \times 1,75 = 2,63 \text{KN/m}$
D	$P_p = 2,63 \text{KN/m}$ $G = 5,45(1,25) = 6,81 \text{ KN/m}$ $P_m = 8,81 \text{ KN/m}$	18,25	$Q = 1,5(1,25) = 1,88 \text{ KN/m}$

Portique intermédiaire :

1-LA TERASSE :

Axes	Eléments	G(KN/m)	Q(KN/m)
E	$P_p = 2,63 \text{KN/m}$ $G = 5,04(1,75+1,75) = 17,64 \text{KN/m}$	20,27	$Q = Q_r \cdot \frac{L}{2} = 1(1,75+1,75) = 3,5 \text{ KN/m}$
F	$P_p = 2,63 \text{ KN/m}$ $G = 5,04(1,50+1,75) = 16,38 \text{ KN/m}$	19,01	$Q = 1(1,75+1,5) = 3,25 \text{ KN/m}$
C D	$P_p = 2,63 \text{ KN/m}$ $G = 5,045(1,75+1,25) = 15,12 \text{ KN/m}$	17,75	$Q = 1(1,75+1,25) = 3 \text{KN/m}$
B	$P_p = 2,63 \text{KN/m}$ $G = 5,04(1,75+1,75) = 17,65 \text{ KN/m}$	20,28	$Q = 1(1,75+1,75) = 3,50 \text{ KN/m}$

2-RDC+1er et 2éme étages

Axes	Eléments	G(KN/m)	Q(KN/m)
E	$P_p = 2,63 \text{KN/m}$ $G = 5,45(1,75+1,75) = 19,08 \text{KN/m}$	21,71	$Q = Q_r \cdot \frac{L}{2} = 4(1,75+1,75) = 14 \text{ KN/m}$
F	$P_p = 2,63 \text{ KN/m}$ $G = 5,45(1,5+1,75) = 17,71 \text{KN/m}$	20,34	$Q = 4(1,75+1,5) = 13 \text{KN/m}$
C D	$P_p = 2,63 \text{ KN/m}$ $G = 5,45(1,75+1,25) = 16,35 \text{ KN/m}$	18,98	$Q = 4(1,75+1,25) = 12 \text{KN/m}$
B	$P_p = 2,63 \text{KN/m}$ $G = 5,45(1,75+1,75) = 19,08 \text{KN/m}$	21,71	$Q = 4(1,75+1,75) = 14 \text{ KN/m}$

3 -3 éme jusq'au 8éme étages :

Axes	Eléments	G(KN/m)	Q(KN/m)
E	Pp = 2,63KN/m G = 5,45(1,75+1,75)= 19,08KN/m	21,71	$Q = Q_p \frac{L}{2}$ = 1,5(1,75+1,75) =5,25 KN/m
F	Pp = 2,63 KN/m G = 5,45(1,5+1,75)= 17,71KN/m	20,34	Q = 1,5(1,75+1,5) =4,88KN/m
C D	Pp = 2,63 KN/m G= 5,45(1,75+1,25) = 16,35 KN/m	18,98	Q= 1,5(1,75+1,25) =4,5 KN/m
B	Pp = 2,63KN/m G= 5,45(1,75+1,75)= 19,08KN/m	21,71	Q= 1,5(1,75+1,75) =5,25 KN/m

Poutre secondaires :

Portique de rive:

1-LA TERASSE :

Axes	Eléments	G(KN/m)
1	Pp : $\gamma b \times b \times h = 2,25 \text{ KN/m}$ P acrot= 1,73 KN/m	3,98
2		
4		
7		

2-RDC+1er et 2éme étages

Axes	Eléments	G(KN/m)
1	Pp : $\gamma b \times b \times h = 2,25 \text{ KN/m}$ P m= 8,81 KN/m	11,06
2		
4		
7		

3 -3 éme jusq'au 8éme étages :

Axes	Eléments	G(KN/m)
1	$P_p : \gamma b \times b \times h = 2,25 \text{ KN/m}$ $P_m = 8,81 \text{ KN/m}$	11,06
2		
4		
7		

Poutre secondaires :

Portique intermédiaire:

LA TERRASSE:/RDC+1er et 2éme étages /3 éme jusq'au 8éme étages :

Axes	Eléments	G(KN/m)
1	$P_p : \gamma b \times b \times h = 2,25 \text{ KN/m}$	2,25
2		
3		
4		
5		
6		

V-5- 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.

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

Pour notre projet $\beta = 0,2$

V-5-1-Détermination des poids (Wt) de la structure :

Prenons comme exemple :

La terrasse:

S_t : la surface totale du plancher = 270 m²

Plancher.....GXS= (270-4,73)5,04= 1337 KN

Acrotère.....P = GXS = 1,73x0,069= 0,119 KN

Poteauxn x b x h x γ_b x ht/2 = 37x0,35²x25x1,53= 173,37KN

Poutre principale b x h x γ_b x $\sum L$ = 0,30x0,35x25x103= 270,38KN

Poutre secondaire..... b x h x γ_b x $\sum L$ = 0,30x0,30x25x98=220,5 KN

Les murs extérieurs.....0,8xG_mx(ht/2) x $\sum L$ =0,8x2,88x1,53x81,2= 286,24 KN

Les murs voile.....e_p x(ht/2) x γ_b x $\sum L$ =0,2x1,53x25x32,75= 250,54KN

$$\sum G = 2538,15KN$$

$$P= Q \times S_t=1 \times 265,27=265,27KN$$

$$w =G+\beta P=2538,15+(0,2 \times 265,27)=2591,6 KN$$

le niveau 08 :

Plancher.....GXS= 270-(11,55+4,73)= 1382,77 KN

Poteauxn x b x h x γ_b x ht/2 = 37x0,35²x25x3,06= 346,74KN

Poutre principale b x h x γ_b x $\sum L$ = 0,30x0,35x25x103= 270,38KN

Poutre secondaire..... b x h x γ_b x $\sum L$ = 0,30x0,30x25x98=220,5 KN

Les murs extérieurs.....0,8xG_mx(ht/2) x $\sum L$ =0,8x2,88x3,06x81,2= 572,48 KN

Les murs voile.....e_p x(ht/2) x γ_b x $\sum L$ =0,2x3,06x25x32,75= 501,08KN

Les balcons.....GxS=4,5x4,21=18,95 KN

$$\sum G = 3312,9KN$$

$$P= Q \times S_t=1,5 \times 253,72=380,58 KN$$

$$w =G+\beta P=3312,9+(0,2 \times 380,58)=3389,01 KN$$

les niveaux 5,6 et 7 :

Plancher.....	=1382,77 KN
Poteaux	$n \times b \times h \times \gamma_b \times ht/2 = 37 \times 0,40^2 \times 25 \times 3,06 = 452,88 \text{KN}$
Poutre principale	$b \times h \times \gamma_b \times \sum L = 0,30 \times 0,35 \times 25 \times 103 = 270,38 \text{KN}$
Poutre secondaire.....	$b \times h \times \gamma_b \times \sum L = 0,30 \times 0,30 \times 25 \times 98 = 220,5 \text{KN}$
Les murs extérieurs.....	$0,8 \times G_m \times (h_t/2) \times \sum L = 0,8 \times 2,88 \times 3,06 \times 81,2 = 572,48 \text{KN}$
Les murs voile.....	$e_p \times (h_t/2) \times \gamma_b \times \sum L = 0,2 \times 3,06 \times 25 \times 32,75 = 501,08 \text{KN}$
Les balcons.....	$G \times S = 4,5 \times 4,21 = 18,95 \text{KN}$

$$\sum G = 3419,04 \text{ KN}$$

$$P = Q \times St = 1,5 \times 253,72 = 380,58 \text{ KN}$$

$$w = G + \beta P = 3419,04 + (0,2 \times 380,58) = 3495,16 \text{ KN}$$

les niveaux 3 et 4 :

Plancher.....	$G \times S = 270 - (11,55 + 4,73) = 1382,77 \text{ KN}$
Poteaux	$n \times b \times h \times \gamma_b \times ht/2 = 37 \times 0,45^2 \times 25 \times 3,06 = 573,18 \text{KN}$
Poutre principale	$b \times h \times \gamma_b \times \sum L = 0,30 \times 0,35 \times 25 \times 103 = 270,38 \text{KN}$
Poutre secondaire.....	$b \times h \times \gamma_b \times \sum L = 0,30 \times 0,30 \times 25 \times 98 = 220,5 \text{KN}$
Les murs extérieurs.....	$0,8 \times G_m \times (h_t/2) \times \sum L = 0,8 \times 2,88 \times 3,06 \times 81,2 = 572,48 \text{KN}$
Les murs voile.....	$e_p \times (h_t/2) \times \gamma_b \times \sum L = 0,2 \times 3,06 \times 25 \times 32,75 = 501,08 \text{KN}$
Les balcons.....	$G \times S = 4,5 \times 4,21 = 18,95 \text{KN}$

$$\sum G = 3539,34 \text{KN}$$

$$P = Q \times St = 1,5 \times 253,72 = 380,53 \text{KN}$$

$$w = G + \beta P = 3539,34 + (0,2 \times 380,58) = 3615,46 \text{ KN}$$

le niveau 2 :

Plancher.....	$GXS = 270 - (11,55 + 4,73) = 1382,77 \text{ KN}$
Poteaux	$n \times b \times h \times \gamma_b \times ht/2 = 37 \times 0,45^2 \times 25 \times 3,06 = 573,18 \text{ KN}$
Poutre principale	$b \times h \times \gamma_b \times \sum L = 0,30 \times 0,35 \times 25 \times 103 = 270,38 \text{ KN}$
Poutre secondaire.....	$b \times h \times \gamma_b \times \sum L = 0,30 \times 0,30 \times 25 \times 98 = 220,5 \text{ KN}$
Les murs extérieurs.....	$0,8 \times G_m \times (ht/2) \times \sum L = 0,8 \times 2,88 \times 3,06 \times 81,2 = 572,48 \text{ KN}$
Les murs voile.....	$e_p \times (ht/2) \times \gamma_b \times \sum L = 0,2 \times 3,06 \times 25 \times 32,75 = 501,08 \text{ KN}$
Les balcons.....	$GxS = 4,5 \times 4,21 = 18,95 \text{ KN}$

$$\sum G = 3539,34 \text{ KN}$$

$$P = Q \times St = 4 \times 253,72 = 1014,88 \text{ KN}$$

$$w = G + \beta P = 3539,34 + (0,2 \times 1014,88) = 3742,32 \text{ KN}$$

le niveau 1 :

Plancher.....	$GXS = 270 - (11,55 + 4,73) = 1382,77 \text{ KN}$
Poteaux	$n \times b \times h \times \gamma_b \times ht/2 = 37 \times 0,5^2 \times 25 \times 3,06 = 707,63 \text{ KN}$
Poutre principale	$b \times h \times \gamma_b \times \sum L = 0,30 \times 0,35 \times 25 \times 103 = 270,38 \text{ KN}$
Poutre secondaire.....	$b \times h \times \gamma_b \times \sum L = 0,30 \times 0,30 \times 25 \times 98 = 220,5 \text{ KN}$
Les murs extérieurs.....	$0,8 \times G_m \times (ht/2) \times \sum L = 0,8 \times 2,88 \times 3,06 \times 81,2 = 572,48 \text{ KN}$
Les murs voile.....	$e_p \times (ht/2) \times \gamma_b \times \sum L = 0,2 \times 3,06 \times 25 \times 32,75 = 501,08 \text{ KN}$
Les balcons.....	$GxS = 4,5 \times 4,21 = 18,95 \text{ KN}$

$$\sum G = 3673,8 \text{ KN}$$

$$P = Q \times St = 4 \times 253,72 = 1014,88 \text{ KN}$$

$$w = G + \beta P = 3673,8 + (0,2 \times 1014,88) = 3876,78 \text{ KN}$$

le niveau RDC:

Plancher.....	$GXS = 270 - (11,55 + 4,73) = 1382,77 \text{ KN}$
Poteaux	$n \times b \times h \times \gamma_b \times ht/2 = 37 \times 0,5^2 \times 25 \times 3,91 = 807,06 \text{ KN}$
Poutre principale	$b \times h \times \gamma_b \times \sum L = 0,30 \times 0,35 \times 25 \times 103 = 270,38 \text{ KN}$
Poutre secondaire.....	$b \times h \times \gamma_b \times \sum L = 0,30 \times 0,30 \times 25 \times 98 = 220,5 \text{ KN}$

Les murs extérieurs..... $0,8 \times G_m \times (h_t/2) \times \sum L = 0,8 \times 2,88 \times 3,91 \times 81,2 = 652,9 \text{ KN}$

Les murs voile..... $e_p \times (h_t/2) \times \gamma_b \times \sum L = 0,2 \times 3,91 \times 25 \times 32,75 = 571,49 \text{ KN}$

Les balcons..... $G \times S = 4,5 \times 4,21 = 18,95 \text{ KN}$

$$\sum G = 3905,38 \text{ KN}$$

$$P = Q \times S_t = 4 \times 253,72 = 1014,88 \text{ KN}$$

$$w = G + \beta P = 3905,38 + (0,2 \times 1014,88) = 4108,36 \text{ KN}$$

$$W_t = 36481,04 \text{ KN}$$

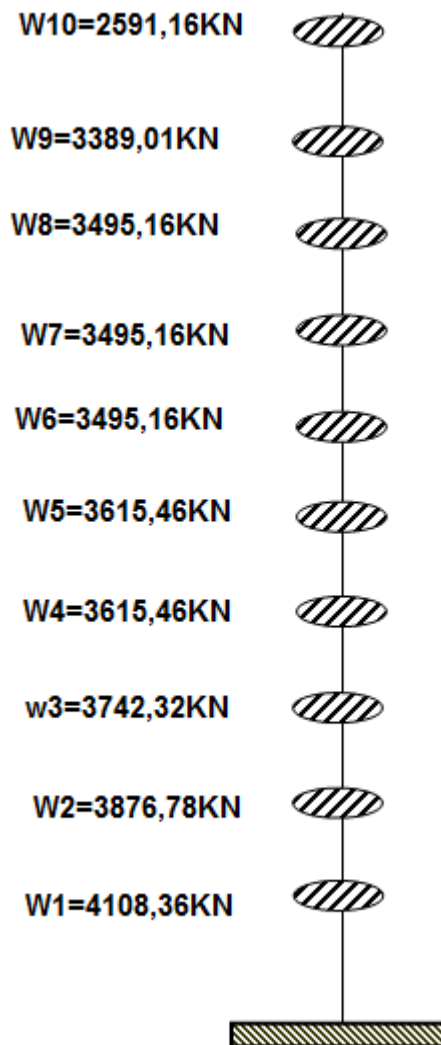


Figure V. 5 : Le système ponctuelle de la structure

V-5-2-Définition des masses:

On définit chaque masse ou moment d'inertie massique affectée aux nœuds de chaque niveau (Voir tableau V-I ci-après).

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

I_M : inertie massique (t.m²)

M:masse sismique qui égale au rapport W/g

W, le poids de chaque niveau i.

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.

$$\begin{cases} X_G = x_g + 0,05L_{max} \\ Y_G = y_g + 0,05L_{max} \end{cases}$$

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

x_g et y_g : coordonnées du centre de gravité.

Niveau	Poids W (KN)	superficie (m ²)	x_g (m)	y_g (m)	X_g (m)	Y_g (m)	I_{xg} (m ⁴)	I_{yg} (m ⁴)	masse sismique M(KN)	I_M (KN,m ²)
terrasse	2591,16	265,27	11,13	8,43	11,32	8,61	8026,19	8063,28	264,13	16020,33
8 ^{ème}	3389,01	253,72	11,13	8,43	11,32	8,61	8026,19	8063,28	345,46	21907,10
7 ^{ème}	3495,16	253,72	11,13	8,43	11,32	8,61	8026,19	8063,28	356,28	22593,25
6 ^{ème}	3495,16	253,72	11,13	8,43	11,32	8,61	8026,19	8063,28	356,28	22593,25
5 ^{ème}	3495,16	253,72	11,13	8,43	11,32	8,61	8026,19	8063,28	356,28	22593,25
4 ^{ème}	3615,46	253,72	11,13	8,43	11,32	8,61	8026,19	8063,28	368,55	23371,35
3 ^{ème}	3615,46	253,72	11,13	8,43	11,32	8,61	8026,19	8063,28	368,55	23371,35
2 ^{ème}	3742,32	253,72	11,13	8,43	11,32	8,61	8026,19	8063,28	381,48	24191,29
1 ^{ème}	3876,78	253,72	11,13	8,43	11,32	8,61	8026,19	8063,28	395,19	25060,70
R.D.C	4108,36	258,45	11,13	8,43	11,32	8,61	8026,19	8063,28	418,8	26557,9

Tableau V.1 :Masse ou moment d'inertie massique affectée aux nœuds de chaque niveau

V-5-3-Calcul des coefficients de participation modale :

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

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

$$W = \sum W_K = 36481,04 \text{KN}$$

Le logiciel Sap 2000V14 peut déterminer directement les valeurs des coefficients de participation modale, les valeurs données sont :

a- Sens longitudinal:

$$\sum \alpha_x = 96,91\% > 90\% \dots\dots\dots \text{condition vérifiée.}$$

b- Sens transversal:

$$\sum \alpha_y = 92,69\% > 90\% \dots\dots\dots \text{condition vérifiée.}$$

V-6-Calcul de l'effort tranchant :

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

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

V-6-1-Sens longitudinal :

$$V_{dx} = 4440,45 \text{ KN} > 80\% V_{st} = 80\% . 2378,74 = 1902,99 \text{ KN} \dots\dots\dots \text{condition vérifiée.}$$

V-6-2-Sens transversal :

$$V_{dy} = 4330,15 \text{ KN} > 80\% V_{st} = 80\% . 2290,64 = 1832,51 \text{ KN} \dots\dots\dots \text{condition vérifiée.}$$

V-7-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 l'hauteur de l'étage.

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

R : coefficient de comportement ; R= 5

δ_{ek} : Déplacement du 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.

Sens longitudinal				
Niveaux	δ_{ek} (m)	$\delta_k=R.\delta_{ek}$	$\Delta_k=\delta_k -\delta_{k-1}$	1% h_c (m)
Terrasse	0,041217	0,206	0,022	0,0306
8	0,036684	0,183	0,023	0.0306
7	0,031958	0,159	0,024	0.0306
6	0,027102	0,135	0,020	0.0306
5	0,022171	0,110	0,020	0.0306
4	0,017286	0,086	0,020	0.0306
3	0,012619	0,063	0,020	0.0306
2	0,008322	0,041	0,010	0.0306
1	0,004617	0,023	0,010	0.0306
RDC	0,001760	0,008	0,008	0.0391

Sens transversal				
Niveaux	δ_{ek} (m)	$\delta_k=R.\delta_{ek}$	$\Delta_k=\delta_k -\delta_{k-1}$	1% h_e (m)
Terrasse	0,017418	0,087	0,020	0,0306
8	0,015379	0,076	0,020	0,0306
7	0,013281	0,066	0,020	0,0306
6	0,011153	0,0557	0,020	0,0306
5	0,009030	0,045	0,020	0,0306
4	0,006966	0,034	0,020	0,0306
3	0,005027	0,025	0,020	0,0306
2	0,003277	0,016	0,010	0,0306
1	0,001799	0,008	0,010	0,0306
RDC	0,000686	0,003	0,003	0,0391

TableauV.2 :Les déplacements relatifs aux chaque niveaux dans les deux sens

On remarque que tous les déplacements relatifs ne dépassent pas les 1,0% de la hauteur d'étage
 $1,0\% h_e=0,0391$; donc la condition est vérifiée.