

### **VIII-1-Introduction :**

La stabilité de l'ensemble du bâtiment est le premier problème, cette stabilité assurée essentiellement au niveau de l'infra structure c'est-à-dire que l'ensemble des fondations est la partie importante d'un ouvrage.

On appelle fondation la base de l'ouvrage qui se trouve en contact direct avec le terrain d'assise qu'a pour rôle de transmettre à celui-ci toutes les charges et les surcharges supportées cet ouvrage. Les fondations doivent assurées deux fonctions essentielles :

- Reprendre les charges et les surcharges supportées par la structure.
- Transmettre ces charges et surcharges au sol dans des bonnes conditions de façon assurée la
- stabilité de l'ouvrage.

Le calcul de ces éléments ne peut se faire que si on connaît la superstructure (descente des charges) et les caractéristiques mécaniques et physiques du sol sur lequel la structure s'appuie.

Il est important donc pour déterminer les dimensions de connaître d'une part le poids total de l'ouvrage entièrement achevée, et d'autre part la force portant du sol.

D'après le rapport du sol notre terrain a une contrainte admissible de 2,5bar a un ancrage de 1,9m

Vu la hauteur de la construction et les charges apportées par la moyenne structure, ainsi que l'existence de plusieurs voiles dans cette construction, et la faible portance de sol, le dimensionnement donne des semelles continues (sous mur) donc les types des fondations choisissent est : Semelles isolées et continues (sous mur)

### **VIII-1-2.Calcul de l'infrastructure :**

Les fondations sont destinées à transmettre au sol les charges et les surcharges de la superstructure. La connaissance des sollicitations engendrées par ces actions et celles du sol de fondations permettent de définir le type et les dimensions de ces dernières. La capacité portante de notre sol d'assise est définie par :  $\overline{\sigma}_{\text{sol}} = 2,5 \text{ bars}$ .

semelle	combinaison	N (t)	M (t. m)
$S_1$	G + Q	637,88	19,41
	1,35 G + 1,5 Q	872,12	26,71
	G + Q + E	645,00	20,68
	0,8 G + E	458,87	14,09
$S_2$	G + Q	952,82	08,36
	1,35 G + 1,5 Q	1307,02	11,47
	G + Q + E	959,89	22,38
	0,8 G + E	658,90	19,71

**Tableaux VIII-1 Tableau des sollicitations appliquées sur les semelles isolées**

### VIII-1-.2 Exemple de calcul :

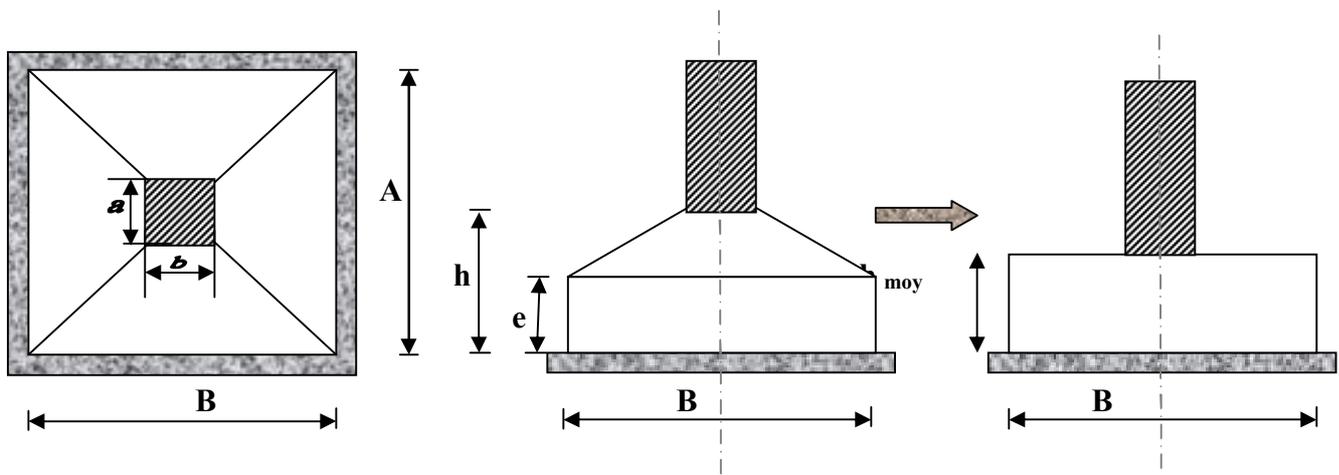
#### VIII-1.2.1 Semelle isolée ( $S_1$ ):

$$N_s = 637,88 \text{ KN}$$

$$M_s = 19,41 \text{ KN. m}$$

$$N_u = 872,12 \text{ KN}$$

$$M_u = 26,71 \text{ KN. m}$$



#### **Dimensionnement :**

- **Largeur :**

On doit avoir une homogénéité entre les dimensions de la semelle celle du poteau

$$\frac{A}{B} = \frac{a}{b} = \frac{45}{45} \Rightarrow A=B$$

Les dimensions A et B sont tel que :

$$B \geq \sqrt{\frac{N_s}{\sigma_{sol}}} = \sqrt{\frac{637,88 \cdot 10^3}{25}} = 159,73 \text{ cm}$$

On adopte : **B = 160 cm**

- **Hauteur utile :**

$$d_a \geq \frac{B - b}{4} = \frac{160 - 45}{4} = 28,75 \text{ cm} \Rightarrow d_a = 30 \text{ cm}$$

Alors :

$$h_u = d + 5 \text{ cm} = 35 \text{ cm}$$

- **Patin :**

$$\begin{cases} e \geq 6\Phi + 6 \text{ cm} \\ \Phi_{\min} = 12 \text{ mm} \end{cases} \Rightarrow e_{\min} = 15 \text{ cm}$$

- **Hauteur moyenne :**

$$h_{\text{moy}} = \frac{h + e}{2} = \frac{30 + 15}{2} = 25 \text{ cm}$$

- **Poids propre de la semelle et du remblai :**

$$P_s = h_{\text{moy}} \cdot \gamma_b \cdot B^2 = 16 \text{ KN}$$

$$P_R = (h - h_{\text{moy}})(B^2 - b^2)\rho_{\text{sol}} = 54,16 \text{ KN}$$

Donc :

$$Q_{\text{ser}} = N_s + P_s + P_R = 708,04 \text{ KN}$$

$$Q_{\text{ult}} = N_u + 1,5(P_s + P_R) = 966,84 \text{ KN}$$

**Type de répartition :**

$$\begin{cases} e_0 = \frac{M_s}{N_s} = 1 \text{ cm} \\ \frac{B}{6} = 33,33 \text{ cm} \end{cases} \Rightarrow e_0 < \frac{B}{6} \dots\dots\dots \text{Répartition trapézoïdale :}$$

**Vérification des contraintes :**

$$\sigma_{\frac{3}{4}} = \frac{Q_{\text{ser}}}{B} \left(1 + 3 \frac{e_0}{B}\right) = 29,21 \text{ N/cm}^2 > 25 \text{ N/cm}^2 \dots\dots\dots \text{condition non vérifiée.}$$

- **Redimensionnement :**

On prend : **B = 175 cm.**

$$P_s = h_{\text{moy}} \cdot \gamma_b \cdot B^2 = 21,05 \text{ KN}$$

$$P_R = (h - h_{\text{moy}})(B^2 - b^2)\rho_{\text{sol}} = 64,66 \text{ KN}$$

Donc :

$$Q_{\text{ser}} = N_s + P_s + P_R = 723,59 \text{ KN}$$

$$Q_{\text{ult}} = N_u + 1,5(P_s + P_R) = 987,82 \text{ KN}$$

**Vérification des contraintes :**

$$\sigma_3 = \frac{Q_{\text{ser}}}{B} \left(1 + 3 \frac{e_0}{B}\right) = 24,34 \text{ N/cm}^2 < 25 \text{ N/cm}^2 \dots\dots\dots \text{condition vérifiée.}$$

On prend :

$$\begin{cases} B = 175 \text{ cm} \\ e_{\text{min}} = 15 \text{ cm} \\ h_{\text{moy}} = 27,5 \text{ cm} \\ h = 40 \text{ cm} \\ d_a = 35 \text{ cm} \end{cases}$$

**Calcul des armatures :**

La méthode des bielles peut être appliquée si les deux conditions suivantes sont remplies :

$$\begin{cases} e_0 \leq \frac{b}{6} \Rightarrow 3 < \frac{35}{6} = 7,5 \dots\dots\dots \text{condition remplie} \\ e_0 \leq \frac{B}{24} \Rightarrow 3 < \frac{175}{24} = 7,29 \dots\dots\dots \text{condition remplie} \end{cases}$$

On utilise la méthode des bielles dans le deux sens:

$$A_B = A_A = \frac{Q_u \cdot \left(1 + 3 \frac{e_0}{B}\right) (B - b)}{8 \cdot d_a \cdot \sigma_s} = \frac{987,82 \cdot 10^3 \left(1 + 3 \frac{1}{210}\right) (175 - 45)}{8 \cdot 35 \cdot 348 \cdot 10^2} = 13,99 \text{ cm}^2$$

$$\text{Soit } \begin{cases} 10T14 \\ S_t: 15,39 \text{ cm} \end{cases}$$

Type	Nom	Largeur B (cm)	Hauteur utile h (cm)	Patin e (cm)	A <sub>cal</sub> (cm <sup>2</sup> )	A <sub>adopter</sub> (cm <sup>2</sup> )	Espacement S <sub>t</sub> (cm)
Isolée	S <sub>1</sub>	175	40	15	13,99	10T14	15
	S <sub>2</sub>	210	50	15	16,01	12T14	15

**Tableaux VIII-2 : ferrailage des semelles isolées**

**VIII-1.2.2. Semelle continue sous murs voile :**

Semelle	Combinaison		Poteaux		
			P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
S <sub>4</sub>	G + Q	N (KN)	137,61	139,98	137,17
		M (KN.m)	0,40	0,05	0,40
	1,35 G +1,5 Q	N (KN)	188,016	191,38	187,41
		M (KN. m)	0,57	0,072	0,55
	G + Q + E	N (KN)	310,43	260,13	309,99
		M (KN. m)	3,86	0,05	0,77
	0,8 G + E	N (KN)	270,95	219,29	270,67
		M (KN. m)	3,86	0,03	0,64
S <sub>5</sub>	G + Q	N (KN)	268,84	268,84	11,15
		M (KN.m)	0,20	0,20	0,14
	1,35 G +1,5 Q	N (KN)	368,84	368,84	15,26
		M (KN. m)	0,28	0,28	0,20
	G + Q + E	N (KN)	645,69	649,69	11,84
		M (KN. m)	0,83	0,83	0,24
	0,8 G + E	N (KN)	560,38	560,38	7,15
		M (KN. m)	0,40	0,40	0,24
S <sub>6</sub>	G + Q	N (KN)	139,98	491,36	24,74
		M (KN.m)	0,05	0,01	0,75
	1,35 G +1,5 Q	N (KN)	260,13	739,61	34,03
		M (KN. m)	0,05	0,01	1,06
	G + Q + E	N (KN)	219,29	583,45	15,56
		M (KN. m)	0,03	0,01	0,35
	0,8 G + E	N (KN)	19,25	25,89	32,25
		M (KN. m)	0,28	0,50	0,80

**Tableaux VIII-2 : sollicitations appliquées sur les semelles continues sous murs**

A titre d'exemple on va faire le calcul de la semelle S

**Dimensionnement :**

$$N_s = \sum N_i = 414,76 \text{ KN.}$$

$$L = 12,12 \text{ m}$$

- **Largeur :**

$$B \geq \frac{N_s}{L \sigma_{sol}} = \frac{414,76 \cdot 10^3}{1212 \cdot 25} = 13,63 \text{ cm}$$

On adopte :  $B = 110 \text{ cm}$

- **Condition de raideur :**

$$h_{\min} = \sqrt[3]{\left(\frac{2 L_{\max}}{\pi}\right)^4 \times \frac{3 k}{E_b}} = 59,11 \text{ cm}$$

On prend  $h = 60 \text{ cm}$

- **Longueur élastique :**

$$l_e = \sqrt[4]{\frac{4 E_b I}{k B}} = \sqrt[4]{\frac{4 \times 321642 \times 110 \times 60^3}{12 \times 4 \times 110}} = 275,85 \text{ cm}$$

$$\frac{\pi}{2} l_e = 433,30 \text{ cm}$$

$$l_{\max} = 430 \text{ cm} < \frac{\pi}{2} l_e = 433,30 \text{ cm} \dots\dots\dots \text{semelle rigide.}$$

- **Calcul des poids de la semelle, le remblai et du mur voile :**

$$P_s = h_{\text{moy}} \cdot \gamma_b \cdot B \cdot L = 124,98 \text{ KN.}$$

$$P_R = (h - h_{\text{moy}}) (B \cdot L - 9b \cdot a - e_{\text{voil}} \cdot \sum L_{\text{voil}}) \rho_{\text{sol}} = 39,70 \text{ KN.}$$

$$P_v = \gamma_b \cdot e \cdot (h - h_{\text{moy}}) \sum L = 9,11 \text{ KN.}$$

- **Vérification des contraintes :**

$$\sigma_{\text{moy}} = \frac{Q}{B L} \left(1 + 3 \frac{e_0}{L}\right)$$

Combinaison	$N_T$ (KN)	$M_T$ (KN.m)	$e = \frac{M_T}{N_T}$ (m)	$\frac{L}{6}$ (m)	$\sigma_{\text{moy}}$ (Mpa)	$\sigma_{\text{sol}}$ (Mpa)
$G + Q$	588,55	0,85	0,0014	2,02	5,73	25
$1,35G + 1,5 Q$	740,59	1,15	0,0015		6,88	

On adopte :

$$\begin{cases} B = 110 \text{ cm} \\ e_{\min} = 15 \text{ cm} \\ h_{\text{moy}} = 37,50 \text{ cm} \\ h_u = 60 \text{ cm} \end{cases}$$

**Calcul des armatures :**

Vu la présence du mur voile de contreventement, la semelle va travailler que dans un seul sens celui de la largeur B et elle sera calculé par la méthode des consoles :

**Suivant la largeur :**

Pour une bonde de 1 m :

$$q = \sigma_{\text{moy}} \times 1\text{m}$$

$$q = 573 \times 100 = 57300 \frac{\text{daN}}{\text{ml}}$$

$$M = \frac{qx^2}{2} \quad \text{avec } x = \frac{B}{2} = 55 \text{ cm}$$

$$M = \frac{57300 \times 0,55^2}{2} = 8666,63 \text{ daN.m}$$

$$\mu = \frac{M_0}{b d^2 \sigma_{bc}} = 0,004$$

$$\mu = 0,004 < \mu; l_{\text{ultime}} = 0,392 \Rightarrow \beta = 0,998$$

$$A_u = \frac{M_0}{\beta d \sigma_{acier}} = 4,6 \text{ cm}^2$$

**Condition de non fragilité :**

$$A_{\text{min}} = 0,23B d \frac{f_{tj}}{f_e} = 6,5 \text{ cm}^2$$

**Armatures finales :**

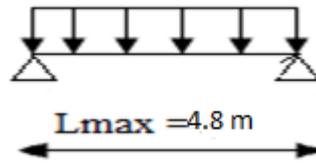
$$A_f = \max(A_u; A_{\text{min}}) = 6,5 \text{ cm}^2.$$

Soit

$$\begin{cases} 8\text{T14} = 6,79 \text{ cm}^2/\text{ml} \\ S_t = 22 \text{ cm} \end{cases}$$

**Suivant la largeur :**

On prévoit des T 14 avec un espacement  $S_t = 15 \text{ cm}$ .

**VIII-2. Ferrailage des poutres de libages :****Dimensionnement :**

On prend: 
$$\frac{L_{\max}}{10} \leq h \leq \frac{L_{\max}}{15} \quad \rightarrow \quad \frac{480}{10} \leq h \leq \frac{480}{15} \quad \rightarrow \quad 48\text{cm} \leq h \leq 32\text{ cm}$$

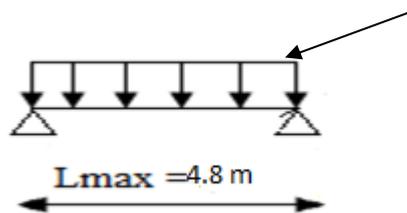
$$\begin{cases} h = 40\text{ cm} \\ b = 40\text{ cm} \end{cases}$$

**Calcul de Q:**

$$Q_u = \sigma_{\text{moy}} \times 0,4\text{m}$$

$$Q_u = 6,88 \times 0,4 = 2,3\text{ t/ml}$$

$$Q_u = 2,3\text{ t/ml}$$

**Figure de Répartition des charges sur la poutre de libage****Les Moments:**

$$M_0 = \frac{Q_u \cdot l^2}{8} = \frac{2,3 \times 4,8^2}{8} = 6,62\text{ t.m}$$

$$M_t = 0,85M_0 = 0,85 \times 6,62 = 5,62\text{ t.m}$$

$$M_a = 0,4M_0 = 0,40 \times 6,62 = 2,64\text{ t.m}$$

**Calcul du ferrailage:****\*En travée:**

$\rightarrow \beta = 0,964$  ;  $\beta$  est tirée du tableau.

$$A_s =$$

**Condition de non fragilité:**

$$A_{min}$$

Donc  $A_{scal} = 4,60 \text{ cm}^2 > A_{min} = 1,74 \text{ cm}^2$  ; Condition vérifiée

On prend : 3T14 ;  $A_s = 4,62 \text{ cm}^2$

**\*Sur appuis:**

$$\mu = \frac{1}{\beta}$$

→  $\beta = 0,982$  ;  $\beta$  est tirée du tableau.

$$A_s =$$

**Condition de non fragilité:**

$$A_{min}$$

Donc  $A_{scal} = 2,1 \text{ cm}^2 > A_{min} = 1,74 \text{ cm}^2$  ; Condition vérifiée

On prend : 3T12 ;  $A_s = 3,39 \text{ cm}^2$

**\*Vérification à l'E.L.S :**

$$Q_{ser} = \sigma_{moy} \times 0,4\text{m} \quad \rightarrow \quad Q_{ser} = 5,73 \times 0,4 = 2,29 \text{ t/ml}$$

$$M_0 = 6,59 \text{ t.m}$$

**\*En travée:**

a) Position de l'axe neutre :  $M_{tser} = 5,60 \text{ t.m}$

$$\frac{b}{2} y^2 \cdot$$

$$\rightarrow y =$$

**Moment d'inertie :**

$$I = \frac{b}{3}y^3 + 15A'(y - c)^2 + 15A(d - y)^2$$

$$I = 61548,81 \text{ cm}^4$$

**Détermination des contraintes dans le béton comprimé  $\sigma_{bc}$  :**

$$\sigma_{bc} = 8,23 \text{ MPa} < \overline{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa} \text{ Condition vérifiée}$$

**Détermination des contraintes dans l'acier tendue  $\sigma_{st}$  :**

$\eta$  : Coefficient de fissuration pour HA  $\Phi \geq 6 \text{ mm}$  ;  $\eta = 1,6$

$$\overline{\sigma}_{st} = \min(266,67 \text{ MPa} ; 201,63 \text{ MPa}) = 201,63 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{st} = 367,94 \text{ MPa} > \overline{\sigma}_{st} = 201,63 \text{ MPa} ; \text{Condition non vérifiée}$$

On doit augmenter le ferrailage

$$\text{On adopte : } 3T14 + 3T12 \text{ } A_s = 8,01 \text{ cm}^2$$

**Sur appuis:**

Position de l'axe neutre :  $M_{aser} = 2,63 \text{ t.m}$

**Moment d'inertie :**

$$I = \frac{b}{3}y^3 + 15A'(y - c)^2 + 15A(d - y)^2$$

$$I = 48475,43 \text{ cm}^4$$

**Détermination des contraintes dans le béton comprimé  $\sigma_{bc}$  :**

$$\sigma_{bc} =$$

$$\overline{\sigma}_{bc} =$$

$$\sigma_{bc} = 2,89 \text{ MPa} < \overline{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa} \text{ Condition vérifiée}$$

**d) Détermination des contraintes dans l'acier tendue  $\sigma_{st}$  :**

$$\sigma_{st} =$$

$\eta$  : Coefficient de fissuration pour HA  $\Phi \geq 6 \text{ mm}$  ;  $\eta = 1,6$

$$\overline{\sigma}_{st} = \min(266,67 \text{ MPa} ; 201,63 \text{ MPa}) = 201,63 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{st} =$$

$$\sigma_{st} = 220,05 \text{ MPa} < \overline{\sigma}_{st} = 201,63 \text{ MPa} ; \text{ Condition non vérifiée.}$$

On doit augmenter le ferrailage

$$\text{On adopte : } 3\text{T}14 + 3\text{T}12 \text{ } A_s = 8,01 \text{ cm}^2$$

**VIII-3. Ferrailage des longrines:*****\*Dimensionnement :***

Selon le RPA99/2003 on a :

$$* \text{ Site meuble (S3)} \Rightarrow \min(b \times h) = (25 \times 30) \text{ cm}^2$$

$$\text{On prend : } (b \times h) = (30 \times 30) \text{ cm}^2$$

**Ferrailage :**

$$A = \frac{F}{\sigma_s}$$

Avec :

- $F = N / \alpha \geq 20 \text{ KN}$
- $\alpha = 15$  (Zone I ; S3)
- $N = 1307,022 \text{ KN}$

On a:

$$F = N / \alpha = \frac{1050,42}{15} = 87,14 \geq 20 \text{ KN}$$

$$A_u = \frac{F}{\sigma_s} = 87,14 \times \frac{10}{348} = 2,56 \text{ cm}^2$$

$$A_{\min} = 0,6\% b \times h = 5,4 \text{ cm}^2.$$

$$A_f = \max(A_u; A_{\min}) = 5,40 \text{ cm}^2.$$

On adopte : 4T14;  $A_s = 6,16 \text{ cm}^2$