

VII.1. Introduction :

L'instabilité des constructions lors d'un séisme majeur est souvent causée par le sous-dimensionnement des fondations qui a un objet de transmettre au sol les efforts apportés par les éléments de la structure (poteau, voiles, mur ...), et les charges sismiques horizontales. Cela exige d'une part une liaison efficace des fondations avec la superstructure, soit directement (cas des semelles reposant sur le sol comme le cas des radiers) soit par l'intermédiaire d'autres organes (par exemple, cas des semelles sur pieux), et d'autre part, un bon ancrage au niveau du sol.

Elles constituent donc la partie essentielle de l'ouvrage puisque de leur bonne conception et réalisation découle la bonne tenue de l'ensemble.

En cas de séisme, les fondations subissent les mêmes déplacements que le sol.

VII.2-Différentes fonctions des fondations

- a)-Assure l'encastrement de la structure dans le terrain.
- b)-Assurer la stabilité de l'ouvrage.
- c)-Transmission des efforts de la superstructure au sol.
- d)-Limiter les tassements différentiels à des valeurs acceptables.

VII.3-Différents types des fondations :

Lorsque les couches de terrain susceptibles de supporter sont à une faible profondeur, on réalise des fondations superficielles, lorsque ces couches sont à une grande profondeur on réalise des fondations profondes appuyées sur une couche résistante ou flotter dans un terrain peu résistant en mobilise alors les forces de frottement du sol sur la fondation pour soutenir l'ouvrage

Avec une capacité portante du terrain égale à 2 bars, Il y a lieu de projeter à priori, des fondations superficielles de type :

a)Semelle isolée :

La semelle isolée est une fondation superficielle, support la charge verticale due à la superstructure et les transmette au sol.

b)-Semelle filante :

La semelle filante est une fondation superficielle, composée de béton uniquement (pour les habitations en générale) ou de béton armé (pour les plus gros bâtiments) la semelle filante est une semelle continue rectiligne portant un mur ou une rangée de piliers, son rôle est de

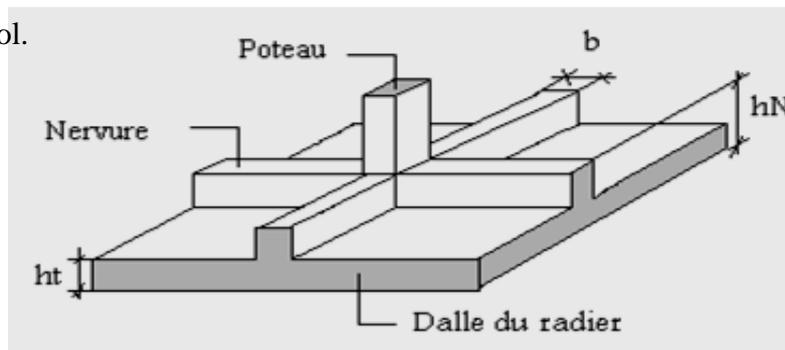
répartir les charges qui lui sont appliquées sur une plus grande surface que ne le ferait le mur qu'elle soutient, afin de ne pas s'enfoncer dans le sol.

-Nous avons procédé au premier lieu à un calcul des semelles filantes, donc il faut vérifier que le rapport ($S_{\text{Semelles}} / S_{\text{Bâtiment}}$) était de $> 50\%$).

c) radier générale :

Un radier c'est une semelle unique de très grandes dimensions commun entre tous les poteaux et voiles supportant toute la construction

Le radier c'est une surface d'appui continue (dalles, nervures et poutres) débordant l'emprise de l'ouvrage, elle permet une répartition uniforme des charges tout en résistant aux contraintes de sol.



VII.4-Choix de type de fondation :

La détermination de fondation d'un ouvrage en fonction des conditions de résistance et de tassement, liées aux caractères physiques et mécaniques des sols.

Avec une capacité portante du sol égale à 2 bars, il y a lieu de projeter à priori, des fondations superficielles de type semelles isolée, semelles filantes. Radier évidé. Radier général

Le choix de type de fondation dépend de plusieurs critères à savoir :

- Nature et la qualité de la fondation, et le poids de la superstructure.
- La qualité et la quantité des charges appliquées sur la construction.
- Le type d'ouvrage à construire (habitation ; bâtiment à grande hauteur ; pont...).
- La nature et l'homogénéité du bon sol.
- La capacité portante du terrain de fondation.
- La raison économique.
- La facilité de réalisation.
- Le site (urbain; montagneux; au bord de la mer...).
- La mise en œuvre des fondations (terrain sec, présence d'eau...).

Nous proposons en premier cas des semelles isolée pour cela, nous allons procéder à une première vérification telle que :

On suppose que les efforts normaux de la superstructure vers les semelles soient appliqués au niveau du centre de gravité de la semelle isolée, donc elle doit vérifier la condition suivante :

-La surface des semelles doit être inférieure à 50% de la surface totale du bâtiment ($S_{\text{semelle}} / S_{\text{bâtiment}} < 50\%$).

La surface de la semelle est donnée par $S \geq \frac{N_{\text{ser}}}{\sigma_{\text{sol}}}$

Avec : N : charge qui revient à la semelle.

S : section de la semelle on suppose carrée (B^2).

σ_{sol} : contrainte admissible du sol $\sigma_{\text{sol}} = 2$ barre.

$$S = B^2 \geq \frac{N_{\text{ser}}}{\sigma_{\text{sol}}} \rightarrow B \geq \left(\frac{N_{\text{ser}}}{\sigma_{\text{sol}}}\right)^{1/2}$$

Le surface de semelle isolées revenant à chaque poteau en tenant compte la symétrie de notre structure sont données par le tableau suivant :

BLOCS ANGLE						BLOCS BARRE		
Semelles	Nser (KN)	S=Nser/ σ (m ²)	Semelles	Nser (KN)	S=Nser/ σ (m ²)	Semelles	Nser (KN)	S=Nser/ σ (m ²)
1	302,52	1,22	13	426,125	1,45	1	990,18	2,22
2	913,97	2,33	14	1052,07	2,29	2	1003,8	2,24
3	1088,12	2,13	15	908,47	2,13	3	924,83	2,15
4	977,95	2,21	16	984,17	2,21	4	987,19	2,22
5	898,37	2,11	17	1072,73	2,31	5	545,19	1,65
6	900,34	2,12	18	815,460	2,06	6	942,93	2,17
7	848,01	2,05	19	874,20	2,09	7	943,04	2,17
8	1072,27	2,31	20	789,24	1,98	8	546,63	1,65
9	1096,32	2,34	21	953,97	2,18	9	655,45	1,81
10	1000,71	2,23	22	1080,65	2,32	10	789,62	1,98
11	1061,22	2,30	23	913,01	2,13	11	806,70	2,00
12	415,02	1,44	24	305,28	1,23	12	633,20	1,77
$\Sigma S_{\text{semelle}} = 49,17\text{m}^2$						$\Sigma S_{\text{semelle}} = 24,03\text{m}^2$		

Tableaux VII.1. La surface de la semelle revenant à chaque poteau

Les surfaces des semelles revenant à chaque voile sont données par le tableau suivant :

Blocs angle			Blocs barre		
Semelles	Nser(KN)	S=Nser/σ (m²)	Semelles	Nser(KN)	S=Nser/σ (m²)
V1	689,82	1,85	V1	915,69	2,13
V2	778,06	1,89	V2	925,97	2,15
V3	650,65	1,84	V3	1373,26	2,62
V4	700,06	1,92	V4	1385,69	2,63
V5	714,87	1,89	V5	695,14	1,86
V6	742,10	1,87	V6	700,75	1,87
V7	683,61	1,80			
V8	721,99	1,97			
La somme $\sum S_{\text{emelle}} = 15,03\text{m}^2$			La somme $\sum S_{\text{emelle}} = 13,26\text{m}^2$		

Tableaux VII.2. La surface de la semelle revenante à chaque voile

➤ Commentaire :

Blocs angle { Surface totale des semelles : $S_{\text{semelles}} = 47,19 + 15,03 = 62,22 \text{ m}^2$
 Surface totale du bâtiment : $S_{\text{bâtiment}} = 405,67\text{m}^2$

Blocs barre { Surface totale des semelles : $S_{\text{semelles}} = 24,03 + 13,26 = 37,29 \text{ m}^2$
 Surface totale du bâtiment : $S_{\text{bâtiment}} = 181,21\text{m}^2$

VII.4.1. Vérification:

$$\frac{S_{\text{semelle}}}{S_{\text{bâtiment}}} \rightarrow \frac{62,22}{405,67} = 15,33\% < 50\% \dots\dots\dots \text{condition vérifiée}$$

$$\frac{S_{\text{semelle}}}{S_{\text{bâtiment}}} \rightarrow \frac{37,29}{181,21} = 20,57\% < 50\% \dots\dots\dots \text{condition vérifiée}$$

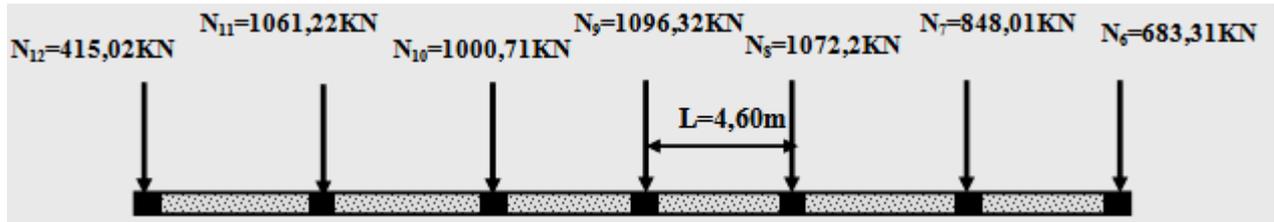
On déduit que la surface totale des semelles ne dépasse pas 50 % de la surface d'emprise du bâtiment, ceci nous amène à envisager du semelle isolée comme types de fondation de notre structure

- une semelle isolée sous poteaux
- une semelle filant pour les voiles.

VII.5. Vérification du chevauchement entre les semelles isolées.

On fait le même travail pour tous les semelles de chaque blocs :

-Pour qu'il n'y a pas chevauchement entre deux fondations, il faut au minimum une distance de 50 cm pour cela on prendre une ligne des poteaux on calcule la surface de chaque semelle et on doit vérifier c'il ya un chevauchement ou il n'est pas



$$N_9 = 1096,32 \text{ KN} = 1096,32 \times 10^3 \text{ N} ; \sigma_{\text{sol}} = 2 \text{ barre} = 20 \text{ N/cm}^2 ; S = B^2$$

$$S = B^2 \geq \frac{N_{\text{ser}}}{\sigma_{\text{sol}}} \rightarrow B \geq \left(\frac{N_{\text{ser}}}{\sigma_{\text{sol}}} \right)^{1/2} \rightarrow B \geq \left(\frac{1096,32 \times 10^3}{20} \right)^{1/2} \rightarrow B \geq 234 \text{ cm}; \text{ on prendre } B = 250 \text{ cm}$$

$$N_8 = 1072,27 \text{ KN} = 1096,32 \times 10^3 \text{ N} ; \sigma_{\text{sol}} = 2 \text{ barre} = 20 \text{ N/cm}^2 ; S = B^2$$

$$S = B^2 \geq \frac{N_{\text{ser}}}{\sigma_{\text{sol}}} \rightarrow B \geq \left(\frac{N_{\text{ser}}}{\sigma_{\text{sol}}} \right)^{1/2} \rightarrow B \geq \left(\frac{1072,27 \times 10^3}{20} \right)^{1/2} \rightarrow B \geq 231 \text{ cm}; \text{ on prendre } B = 250 \text{ cm}$$

La distance obtenue est de 210 cm > 50 cm donc pas de chevauchement entre les semelles

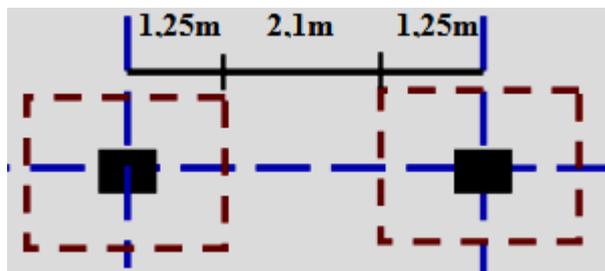


Figure VII.1. Vérification du chevauchement entre les semelles

VII.6. la semelle isolée :

-Le béton de propreté prévu pour chaque semelle aura 10 cm d'épaisseur ;

-Le calcul des fondations se fait comme suit :

- Dimensionnement à l'ELS ;
- Ferrailage à l'E.L.U.

VII.6.1.Exemple d'application :

$$\left\{ \begin{array}{l} N_s = 1096,32 \text{KN} \\ N_u = 1508,73 \text{KN} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} M_s = 4,69 \text{KN.m} \\ M_u = 6,47 \text{KN.m} \end{array}$$

1)-Largeur :

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

$$\frac{A}{B} = \frac{a}{b} = \frac{40}{40} \rightarrow A = B$$

Les dimensions A et B sont tel que :

$$B \geq \rightarrow \sqrt{\frac{N_s}{\sigma_{\text{sol}}}} = \sqrt{\frac{1096,32 \cdot 10^3}{2}} = 234 \text{ cm}$$

On adopte : B = 250 cm

2)-Dimension de la semelle S₂

$$B = 2,50 \text{m} ; b = 0,40 \text{m} ;$$

3)-La hauteur utile d :

La hauteur de la semelle est donnée par la relation : $h = d + 0.05$

$$d \geq \frac{B - b}{4} \rightarrow d = \frac{2,50 - 0,40}{4} = 0,525 \text{m} \rightarrow d = 55 \text{cm}$$

d : hauteur utile (en m)

b : Cotés du poteau (en m)

$$\text{donc } h \geq d + 0.05 \rightarrow h = 0.55 + 0.05 = 0,6 \text{m} \rightarrow h = 60 \text{cm}$$

4)-Le patin : e

$$\left\{ \begin{array}{l} e \geq 6\Phi + 6 \text{ cm} \\ \Phi_{\text{min}} = 12 \text{ mm} \end{array} \right. \Rightarrow e_{\text{min}} = 15 \text{ cm}$$

5)-Hauteur moyenne :

$$h_{\text{moy}} = \frac{h + e}{2} = \frac{60 + 15}{2} = 37,5 \text{ cm}$$

6)-Poids propre de la semelle et du remblai :

$$P_s = h_{\text{moy}} \cdot \gamma_b \cdot B^2 = 0,375 \times 25 \times 2,50^2 = 58,59 \text{KN}$$

$$P_R = (h - h_{\text{moy}})(B^2 - b^2)\rho_{\text{sol}} = (0,60 - 0,377)(2,5^2 - 0,4^2) \times 17 = 23,08 \text{KN}$$

Donc :

$$Q_{\text{ser}} = N_s + P_s + P_R = 1096,32 + 58,59 + 23,08 = 1177,99 \text{KN}$$

$$Q_u = N_u + 1,5(P_s + P_R) = 1508,73 + 1,5(58,59 + 23,08) = 1631,24 \text{KN}$$

7)-Répartition des contraintes sous la semelle :

$$\left\{ \begin{array}{l} e_0 = \frac{M_s}{N_s} = \frac{4,69}{1096,32} = 0,0042 \text{ m} = 0,42 \text{ cm} \\ \frac{B}{6} = 41,66 \text{ cm} \end{array} \right. \Rightarrow e_0 < \frac{B}{6}$$

.....Répartition trapézoïdale :

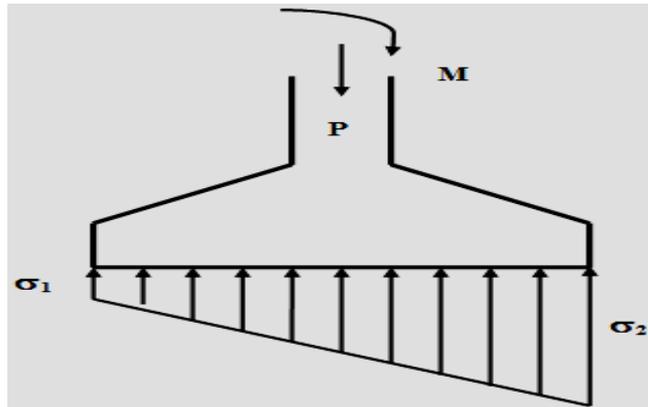


Figure VII.2. Répartition de la charge trapézoïdale

8)-Vérification des contraintes :

$$\sigma_{\frac{3}{4}} = \frac{Q_{ser}}{B} \left(1 + 3 \frac{e_0}{B} \right) \rightarrow \sigma_{\frac{3}{4}} = 24,35 \frac{N}{\text{cm}^2} < 25 \frac{N}{\text{cm}^2}$$

$$24,35 \frac{N}{\text{cm}^2} < 25 \frac{N}{\text{cm}^2} \dots \dots \dots \text{condition vérifier}$$

9)-Calcul des armatures :

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

$$\left\{ \begin{array}{l} e_0 \leq \frac{b}{6} \Rightarrow 0,42 < \frac{40}{6} = 6,66 \dots \dots \dots \text{condition vérifier} \\ e_0 \leq \frac{B}{24} \Rightarrow 0,42 < \frac{250}{24} = 10,41 \dots \dots \dots \text{condition vérifier} \end{array} \right.$$

On utilise la méthode des bielles dans le deux sens, cette méthode s'applique pour les semelles rigides ($d \geq \frac{B-b}{4}$), dans cette méthode, on suppose que les charges sont transmises au sole à travers des bielles comprimées obliques dans le béton .

La section d'armatures transversales (armature principales) des semelles est :

$$A_A = A_B = A_p = \frac{Q_u \cdot \left(1 + 3 \frac{e_0}{B} \right) (B - b)}{8 \cdot d_a \cdot \sigma_s} = \frac{1631,24 \cdot 10^3 \left(1 + 3 \frac{0,42}{250} \right) (250 - 40)}{8 \cdot 55 \cdot 348 \cdot 10^2} = 22,48 \text{ cm}^2$$

$$\text{Soit } \begin{cases} 16T 14 = 24,62 \text{ cm}^2 \\ S_t = 15 \text{ cm} \end{cases}$$

Le tableau suivant résume les types de la semelle à obtenu et leur ferrailage

10- Schéma de ferrailage:

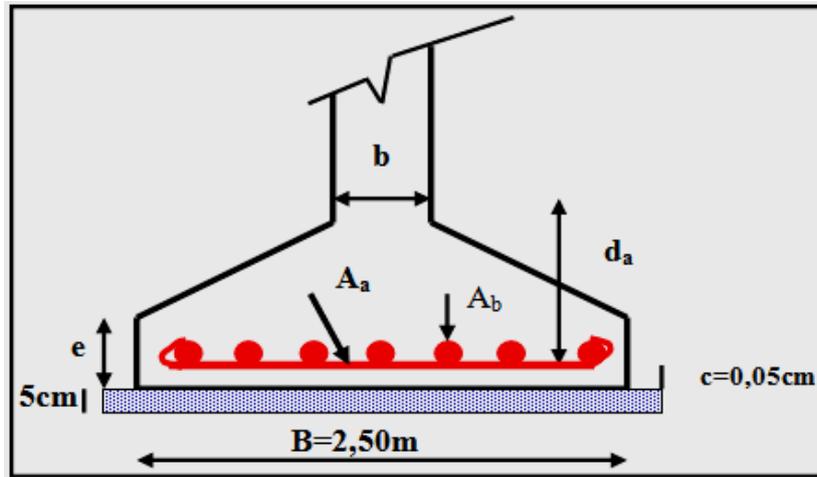


Figure VII.3. Schéma de ferrailage de la semelle isolée

VII.7. la semelle filante:

VII.7.1. Dimensionnement de la semelle filant :

La méthode de calcul d'une semelle filante est la même que pour une semelle isolée sauf que le calcul se fait dans un sens « Le sens transversal ». Les armatures principales sont les aciers transversaux, les armatures secondaires servent de chaînages et d'aciers de répartition.

Le calcul du ferrailage est obtenu pour un mètre de longueur de la semelle, la hauteur est calculée de la même manière que pour une semelle isolée.

La surface nécessaire pour la semelle filante pour reprendre la totalité des efforts lui revenant est :

$$S_f = \frac{N}{\sigma_{sol}} \rightarrow \frac{220,75}{20} = 11,03 \text{ m}^2$$

La longueur totale de la semelle filante est donnée par :

$$L = L_1 + L_2 + 3 \times a + 2 \times \text{débord}$$

Nous avons prévue un débord de 0.5 m à partir du nu du poteau

$$L = (4,60 + 3,70) + (3 \times \alpha) + (2 \times 0,5) = 10,55 \text{ m}$$

La largeur de la semelle continue doit vérifier la condition suivante :

$$B \geq \frac{S_f}{L} \rightarrow \frac{11,03}{10,55} = 1,04 \text{ m} ; \text{ donc on prendre } B = 1,40 \text{ m}$$

La hauteur de la paillasse de la semelle filant h :

La hauteur de la paillasse est donnée par la relation suivante

$$h = d + 0,05 \text{ avec : } d \geq \frac{B-b}{4}$$

d : la hauteur utile (en m).

b : Cotés du poteau (en m)

$$h \geq \frac{B-b}{4} + 0,05\text{m} \rightarrow h \geq 0,30\text{m} \text{ , On prend } h = 30\text{cm}$$

VII.7.2. ferrailage de la semelle filante:

1)-Calcul des armatures principales :

Le ferrailage se calcul par la méthode des bielles à l'ELU

Nous avons :

$$A_s = \frac{P_u(B - b)}{8(h - 0,05)\sigma_{sol}}$$

Avec :

$$\text{Avec : } P_u = P_{u1} + P_{u2}$$

$P_{u1} = \sum N_u/L$: l'effort normal reparti à l'ELU

- P_{u2} : Poids des terres + Poids des semelles + Poids des amorces poteaux + Poids des amorces voiles.

L : longueur totale de la semelle + les débords (2 x D)

2)-Calcul du poids revenant à la semelle :

Poids des semelles : $0,3 \times 1,40 \times 8,35 \times 25 = 87,43\text{KN}$

Poids des amorces poteaux : $2 \times (0,4 \times 0,4 \times 1,40 \times 25) = 11,20\text{ KN}$

Poids des amorces voiles : $0,15 \times 1,40 \times 2 \times 25 = 10,50\text{ KN}$

Poids des terres = $146,81\text{KN}$

Et on a: $P_{u1} = 306,71\text{ KN}$

$$P_{u1} = 220,79\text{ KN}$$

$$P_u = P_{u1} + P_{u2} \quad ; \quad P_u = 527,50\text{ KN.}$$

$$A_s = \frac{527,50(1,40 - 0,40)}{8(0,30 - 0,05) \cdot 348 \cdot 10^3} = 7,56\text{cm}^2/\text{ml}$$

Nous choisissons $9\text{ T } 12/\text{ml} = 10,18\text{ cm}^2/\text{ml}$ avec un espacement $S_t = 15\text{cm}$.

3).Calcul des armatures de répartition:

$$A_{\text{rep}} = \frac{A_s \times B}{4} = \frac{9,05 \times 1,40}{4} = 3,16\text{ cm}^2$$

D'après le BAEL91 pour f_e400 $A_{s \text{ min}} = 2\text{ cm}^2$

Nous choisissons **5T 12/ml** = 5,65 cm²/ml avec un espacement **S_t = 20cm**.

4)-Vérification des semelles filantes au non poinçonnement :

Sous l'action des forces localisées, il y a lieu de vérifier la résistance des semelles filantes au poinçonnement par l'effort tranchant

Il faut vérifier que :

$$\tau = \frac{P}{2ht} \left(1 - \frac{b + \frac{5ht}{3}}{B}\right) \leq \tau_{lim}$$

P : l'effort normal au niveau du poteau ou du voile le plus sollicité de chaque semelle.

$\tau_{lim} = 0,045f_{c28} / \gamma_b$: représente la valeur limite de la contrainte de cisaillement.

$$\tau_{lim} = 0.045 \cdot 25 / 1.5 = 0.75 \text{MPa} = 750 \text{KN/m}^2$$

$$\tau = \frac{343,07 \text{KN}}{\text{m}^2} \leq \frac{750 \text{KN}}{\text{m}^2} \dots \dots \dots \textit{condition vérifier}$$

5)-Schéma de ferrailage :

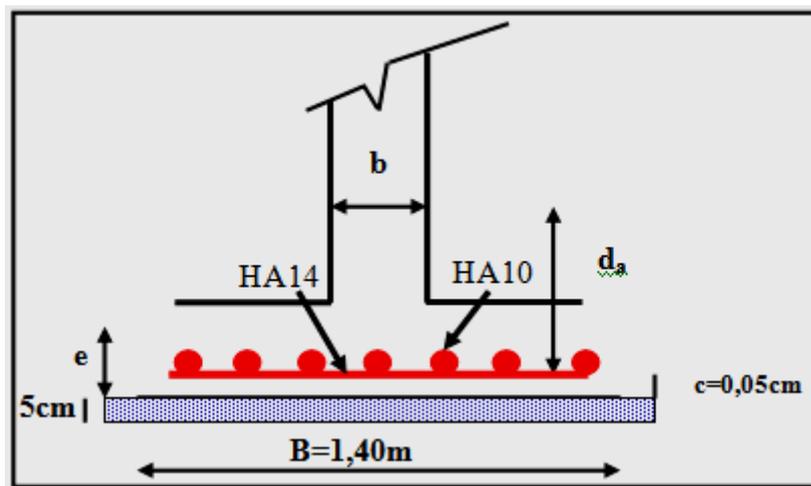


Figure VII.4. Schéma de ferrailage de la semelle filante

Les types des semelles obtenues et leur ferrailage est résumés dans le tableau suivant :

Blocs		Angle			Barre		
La semelle	ferrailage	S1=1,5m ²	S2=2,5m ²	S3=2m ²	S1=2,5m ²	S2= 2,5m ²	S3=2m ²
Isolée	A _p	8T14	16T14	12T14	16T14	16T14	12T14
	A _r	4T12	6T12	6T12	6T12	6T12	6T12
Filante		8 T 12			8 T 12		

Tableaux VII.3. Les types des semelles et leur ferrailage

VII.8. Ferrailage de la poutre de libage :

$$\frac{L_{\max}}{15} \leq h \leq \frac{L_{\max}}{10} \quad \rightarrow \quad \frac{830}{15} \leq h \leq \frac{830}{10} \quad \rightarrow \quad 55.33 \text{ cm} \leq h \leq 83 \text{ cm}$$

On prend :

$$\begin{cases} h = 85 \text{ cm} \\ b = 40 \text{ cm} \end{cases}$$

1)-Calcul de Q:

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

$$Q_u = 11.3 \text{ KN.m} \times 0,4 = 4.52 \text{ KN.m}$$

2)-Les Moments:

$$M_0 = \frac{Q_u \cdot l^2}{8} = \frac{4.52(8.3)^2}{8} = 38.92 \text{ KN.m}$$

$$M_t = 0,85 M_0 = 0,85 \times 38.92 = 33.08 \text{ m}$$

$$M_a = 0,4 M_0 = 0,40 \times 38.92 = 15.56 \text{ m}$$

3)-Calcul du ferrailage:**3.1)-En travée:**

$$\mu = \frac{M_t}{b \times d^2 \times f_{bc}} = \frac{33.08 \times 10^3}{40 \times 36^2 \times 14,2} = 0.044 < \mu_1 = 0,392 \rightarrow A'_s = 0$$

$\rightarrow \beta = 0,976$; β est tirée du tableau.

$$A_s = \frac{M_t}{\beta \times d \times \sigma_s} = \frac{33.08 \times 10^3}{0,976 \times 36 \times 348} = 2.70 \text{ cm}^2$$

-Condition de non fragilité:

$$A_{\min} = \frac{0,23 \times b \times d \times f_{t28}}{f_e} = 1,74 \text{ cm}^2$$

Donc $A_{scal} = 2.70 \text{ cm}^2 > A_{\min} = 1,74 \text{ cm}^2$; Condition vérifiée

On prend : 3T12 ; $A_s = 3.39 \text{ cm}^2$

3.2)-Sur appuis:

$$\mu = \frac{M_a}{b \times d^2 \times f_{bc}} = \frac{15.56 \times 10^3}{40 \times 36^2 \times 14,2} = 0,021 < \mu_1 = 0,392 \rightarrow A'_s = 0$$

→ $\beta = 0,989$; β est tirée du tableau.

$$A_s = \frac{M_a}{\beta \times d \times \sigma_s} = \frac{15,56 \times 10^3}{0,989 \times 36 \times 348} = 1,26 \text{ cm}^2$$

-Condition de non fragilité:

$$A_{min} = \frac{0,23 \times b \times d \times f_{t28}}{f_e} = 1,74 \text{ cm}^2$$

Donc $A_{scal} = 1,26 \text{ cm}^2 > A_{min} = 1,74 \text{ cm}^2$; Condition vérifiée

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

4)-Vérification à l'E.L.S :

$$Q_{ser} = \sigma_{moy} \times 0,4 \text{ m} \quad \rightarrow \quad Q_{ser} = 8,2 \times 0,4 = 3,28 \text{ KN.m/ml}$$

$$M_0 = 28,24 \text{ KN.m}$$

4.1En travée:

a)-Position de l'axe neutre : $M_{tser} = 28,24 \text{ KN.m}$

$$\frac{b}{2}y^2 + 15A'(y - c) - 15A(d - y) = 0 \quad \rightarrow \quad 20y^2 + 50,85y - 1830,6 = 0$$

$$\rightarrow y = 8,37 \text{ cm}$$

b)-Moment d'inertie :

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

$$I = 46638,09 \text{ cm}^4$$

c)-Détermination des contraintes dans le béton comprimé σ_{bc} :

$$\sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{I} \times y = \frac{28,24 \times 10^3}{46638,09} \times 8,37 = 5,06 \text{ MPa}$$

$$\overline{\sigma}_{bc} = 0,6f_{c28} = 15 \text{ MPa}$$

$\sigma_{bc} = 5,06 \text{ MPa} < \overline{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa}$ Condition vérifiée

d)-Détermination des contraintes dans l'acier tendue σ_{st} :

$$\sigma_{st} = \min \left[\frac{2}{3}f_e ; 110\sqrt{\eta f_{t28}} \right] ; \text{ Fissuration préjudiciable}$$

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

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

$$\sigma_{st} = \eta \frac{M_{ser}}{I} (d - y) = 15 \times \frac{28,24 \times 10^3}{46638,09} \times (36 - 8,37) = 250,95 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = 250,95 \text{ MPa} > \overline{\sigma}_{st} = 201,63 \text{ MPa} ; \text{Condition non vérifiée}$$

On doit augmenter le ferrailage

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

4.2)-Sur appuis:

a)-Position de l'axe neutre: $M_{aser} = 15,56 \text{ m}$

$$\frac{b}{2}y^2 + 15A'(y - c) - 15A(d - y) = 0 \rightarrow 20y^2 + 50,85y - 1830,6 = 0$$

$$\rightarrow y = 8,37 \text{ cm}$$

b)-Moment d'inertie :

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

$$I = 46638,09 \text{ cm}^4$$

c)-Détermination des contraintes dans le béton comprimé σ_{bc} :

$$\sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{I} \times y = \frac{15,56 \times 10^3}{46638,09} \times 8,37 = 2,79 \text{ MPa}$$

$$\overline{\sigma}_{bc} = 0,6f_{c28} = 15 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bc} = 2,79 \text{ MPa} < \overline{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa} \text{ Condition vérifiée}$$

d) Détermination des contraintes dans l'acier tendue σ_{st} :

$$\sigma_{st} = \min \left[\frac{2}{3}f_e ; 110\sqrt{\eta f_{t28}} \right] ; \text{Fissuration préjudiciable}$$

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

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

$$\sigma_{st} = \eta \frac{M_{ser}}{I} (d - y) = 15 \times \frac{15,56 \times 10^3}{46638,09} \times (36 - 8,37) = 138,27 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = 138,27 \text{ MPa} < \overline{\sigma}_{st} = 201,63 \text{ MPa} ; \text{Condition vérifiée.}$$

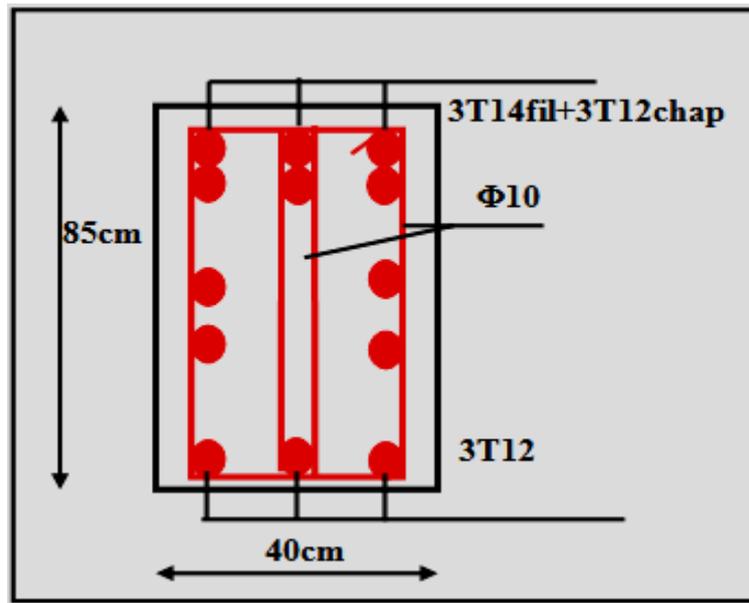


Figure VII.5. Schéma de ferrailage de la poutre de libage

VII.9. Ferrailage des longrines:

Les longrines sont des éléments apportant à l'infrastructure et qui servent à rigidifier l'ensemble des semelles, Les longrines sont soumises à des forces axiales de traction.

1)-Dimensionnement : D'après le règlement parasismique RPA99 V-2003 les longrines auront des dimensions minimales selon la qualité du sol pour des raisons constructives nous adopterons les dimensions suivantes :

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

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

2)- Ferrailage :

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

Avec: $F = N / \alpha \geq 20 \text{ KN}$; $\alpha = 10$ (Zone IIb; S3); $N = 1891,24 \text{ KN}$

On a: $F = N / \alpha = \frac{1891,24}{10} = 189,12 \text{ KN} \geq 20 \text{ KN}$ condition vérifiée

$$A_u = \frac{F}{\sigma_s} = \frac{189,12 \times 10}{348} = 5,43 \text{ cm}^2$$

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

$$A_f = \max(A_u; A_{\min}) = 5,43 \text{ cm}^2.$$

On adopte : **6T12; $A_s = 6,78 \text{ cm}^2$**

On prévoit des cades $\phi 8$ espacés de 15 cm

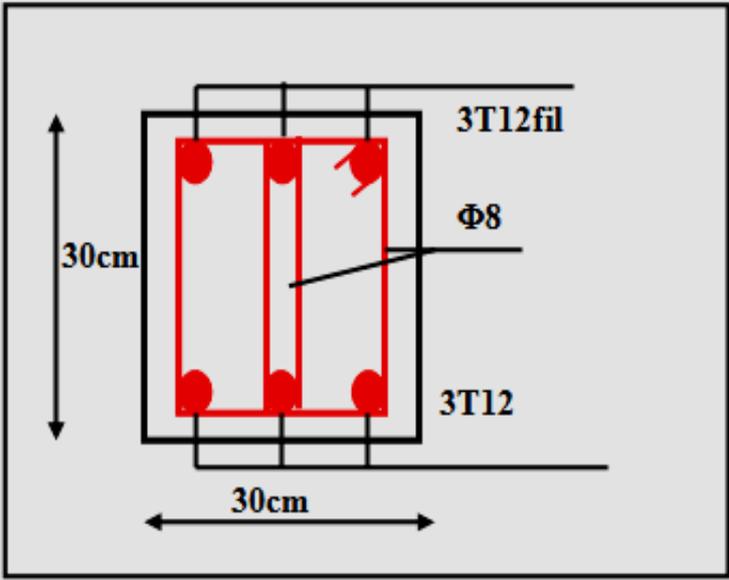


Figure VII.6. Schéma de ferrailage de la longrine