

Partie 2 : ETUDE DE LA FONDATION

I. Généralités

Nous traitons le calcul des trois types de fondation utilisés dans ce projet

- Les semelles isolées (soumise à un effort normal concentré)
- Les semelles excentrées liées aux longrines de redressement (soumise à un effort normal excentré)
- Les semelles circulaires (soumise à un effort normal concentré)

La présente étude constitue au choix et au dimensionnement du type de fondation nécessaire pour le bâtiment. L'infrastructure doit donc constituer un ensemble rigide capable de remplir les triples fonctions suivantes :

- Réaliser l'encastrement de la structure dans le terrain
- Transmettre au sol des fondations les efforts apportés par la superstructure
- Limiter les tassements différentiels à une valeur acceptable

Cependant, dans la recherche de toutes les caractéristiques ci-haut, nous associons au choix de notre fondation les critères suivants :

- Stabilité de l'ouvrage (rigidité)
- Facilité d'exécution (coffrage) : tenir compte de la disponibilité humaine et matérielle
- Economie : chercher le meilleur couple sécurité / coût

II. Etude d'une semelle isolée

On présente un exemple de dimensionnement d'une semelle isolée qui est soumise à un effort normal concentré. On se propose de dimensionner la semelle S16 située au-dessous du poteau P16.

1. Hypothèses de calcul

- La fissuration est considérée comme préjudiciable
- Absence de la nappe phréatique
- L'enrobage des armatures pris égal à $u=5\text{cm}$
- La contrainte admissible du sol $\overline{\sigma}_{sol} = 3\text{bars}$ (0,3 MPa)
- La contrainte admissible du gros béton $\sigma_{GB} = 6\text{ bars}$ (0,6 MPa)
- $f_{c28} = 25\text{MPa}$

⇒ Un système de fondation de type superficiel sur une semelle isolée

2. Dimensionnement de la semelle isolée S16

La démarche de calcul des fondations en semelles isolées selon le BAEL 91,

La méthode des bielles s'applique essentiellement aux semelles sous charges centrées assurant une pression uniforme sur le sol.

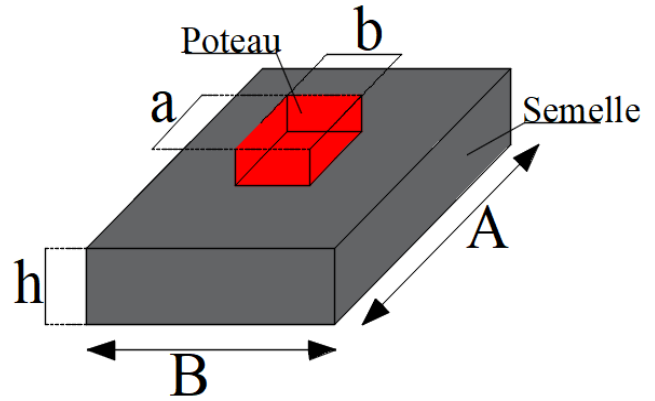
La semelle isolée S16 est soumise à la charge transmise par le poteau P16 du sous-sol de dimensions $(45 \times 45 \text{ cm}^2)$.

Cette semelle est supposée homothétique : $\frac{a}{b} = \frac{A}{B}$

a et b sont respectivement le petit coté et le grand coté du poteau P16

A et B sont les dimensions respectives de la semelle :

(A coté // a ; Et B // b)



Dimensions du poteau P16 $(45 \times 45 \text{ cm}^2)$: $\begin{cases} a = 45 \text{ cm} \\ b = 45 \text{ cm} \end{cases}$

La descente de charge à la tête de la semelle avec le logiciel de calcul Arche donne les valeurs suivantes :

$$G = 160,1 \text{ T} ; Q = 15,8 \text{ T}$$

Ainsi elle est soumise aux efforts normaux centrés suivants :

- ✓ La charge ultime est de $N_u = 1,35 G + 1,5 Q = 239,84 \text{ T} = 2,398 \text{ MN}$
- ✓ La charge de service est de $N_{ser} = G + Q = 175,9 \text{ T} = 1,76 \text{ MN}$

❖ Surface portante :

$$S = A * B \geq \frac{N_{ser}}{\bar{\sigma}_{sol}} = \frac{G+Q}{\bar{\sigma}_{sol}} = \frac{1,76}{0,3} = 5,87 \text{ m}^2$$

❖ Rapport homothétique :

$$\text{Dimensionnement de } A = \sqrt{\frac{S * a}{b}} = \sqrt{\frac{5,87 * 0,45}{0,45}} = 2,42 \text{ m} \approx 2,45 \text{ m}$$

$$\text{Dimensionnement de } B = \sqrt{\frac{S * b}{a}} = \sqrt{\frac{5,87 * 0,45}{0,45}} = 2,42 \text{ m} \approx 2,45 \text{ m}$$

On prend des multiples de 5 cm pour L'enrobage, soit : $A = B = 2,50 \text{ m}$

❖ Hauteur de semelle :

$$\text{Hauteur utile : } d = \max \left\{ \frac{A-a}{4} ; \frac{B-b}{4} \right\} = \max \left\{ \frac{2,5-0,45}{4} ; \frac{2,5-0,45}{4} \right\} = 0,51 \text{ m} \approx 0,55 \text{ m}$$

$$\text{Hauteur totale : } h = d + 5 \text{ cm} = 0,55 + 5 = 0,6 \text{ m}$$

Donc on a : $A = B = 2,5\text{m}$; $h = 0,6\text{m}$

❖ Poids propre de la semelle

$$PP = A \times B \times h \times \gamma_b = 2,50 \times 2,50 \times 0,60 \times 25 \times 10^{-3} = 0,094 \text{ MN/m}$$

Les charges appliquées sur le sol :

$$\text{à L'ELS : } N_{ser}' = N_{ser} + PP = 0,094 + 1,76 = 1,854 \text{ MN/m}$$

$$\text{à L'ELU : } N_u' = 1,35 \times 0,094 + 2,398 = 2,525 \text{ MN/m}$$

Vérification des nouvelles valeurs :

$$\sigma_{sol} = \frac{P \cdot P_{semelle} + N_{ser}}{A \cdot B} = \frac{1,854}{2,52,5} = 0,29 \text{ MPa} < \overline{\sigma}_{sol} = 0,3 \text{ MPa} \text{ Avec : } \sigma_{sol} \text{ (contrainte réellement appliquée)}$$

$$\sigma_{sol} = 0,29 \text{ MPa} < \overline{\sigma}_{sol} = 0,3 \text{ MPa (OK)} \rightarrow \text{Il faut maintenir les dimensions trouvées.}$$

Donc les dimensions définitives de la semelle sont comme suit : $A = B = 2,5\text{m}$; $h = 0,6 \text{ m}$

3. Vérification de la condition de non poinçonnement

Il s'agit de vérifier que la hauteur de la semelle est suffisante pour empêcher le phénomène de poinçonnement de se produire, on doit vérifier l'expression suivante :

$$N_u^* \leq 0,045 \cdot u_c \cdot h \cdot \frac{f_c}{\gamma_b}$$

$$N_u^* = N_u \left[1 - \frac{(a+2h) \cdot (b+2h)}{A \cdot B} \right] = 2,525 \times \left[1 - \frac{(0,45+2 \cdot 0,6) \cdot (0,45+2 \cdot 0,6)}{2,5 \cdot 2,5} \right]$$

$$\text{Charge poinçonnant : } N_u^* = 1,425 \text{ MN/m}$$

$$u_c = 2 \cdot (a + b + 2h) = 2 \times (0,45 + 0,45 + 2 \times 0,6) = 4,20 \text{ m}$$

$$N_u^* = 1,425 \text{ MN/m} \leq 0,045 \times 4,20 \times 0,60 \times \frac{25}{1,5} = 1,89 \text{ MN/m (Vérifiée)}$$

\Rightarrow La hauteur est assez suffisante donc il n'y a pas de risque de poinçonnement de la semelle.

4. Ferrailage de la semelle

❖ Armatures principales : En utilisant la méthode des bielles on obtient les sections

D'armatures A_A dans le sens de la largeur et A_B dans le sens de la longueur. Or notre semelle est de forme carrée donc :

$$A_{sA} = A_{sB} = \frac{Nu(B-b)}{8 \cdot d_b \left(\frac{f_e}{\gamma_b} \right)} = \frac{2,525(2,5-0,45)}{8 \cdot 0,55 \cdot \left(\frac{500}{1,15} \right)} = 27,06 \text{ cm}^2$$

La fissuration est préjudiciable \Rightarrow Il faut majorer la section d'armature de 10%.

D'où : $A_{sA} = A_{sB} = 29,77 \text{ cm}^2 \Rightarrow$ soit 15HA16 (30,16 cm²)

❖ Espacement :

$$St = \frac{A - 2 \cdot \text{enrobage}}{n - 1} = \frac{250 - 2 \cdot 5}{15 - 1} = 17 \text{ cm} ; \text{ Avec : } \begin{cases} n : \text{nombre de barres} = 15 \text{ barres} \\ e : \text{enrobage} = 5 \text{ cm} \end{cases}$$

❖ Arrêt des barres :

Pour déterminer la longueur des barres et leur mode d'ancrage, on calcule la longueur de scellement qui

$$\text{est donnée par : } L_{sA,B} = \frac{\varnothing_{\max} f_e}{4 \tau_{su}}$$

$$\tau_{su} = 0,6 f_{t28} \psi_s^2 = 0,6 \times 2,1 \times 1,5^2 = 2,835 \text{ MPa}$$

$$\psi_s = \begin{cases} 1 : \text{rond lisse (RL)} \\ 1,5 : \text{haut adhérence (HA)} \end{cases}$$

$$f_{t28} = 0,6 + 0,06 f_{c28} = 0,6 + 0,06 \cdot 25 = 2,1 \text{ MPa}$$

$$L_{sA,B} = \frac{16 \cdot 10^{-3} \cdot 500}{4 \cdot 2,835} = 0,70 \text{ m}$$

L'arrêt des barres est déterminé en fonction du rapport l_s/B

- Si $l_s \geq \frac{A}{4} \Rightarrow$ toutes les barres doivent être prolongées jusqu'aux extrémités de la semelle et comportent des ancrages courbes.
- Si $l_s \leq \frac{A}{8} \Rightarrow$ Les barres ne comportent pas des crochets.
- Si $\frac{A}{8} \leq l_s \leq \frac{A}{4} \Rightarrow$ Ancrage droit.

$l_s = 0,70 \text{ m} \geq \frac{B}{4} = \frac{2,50}{4} = 0,63 \text{ m} \Rightarrow$ donc toutes les barres doivent être prolongées jusqu'aux extrémités de la semelle et comportent des ancrages courbes.

❖ Armatures de montage : (Armatures anti-fissuration)

La hauteur de la semelle est de 0.60m > 0.5m ; Donc, Il est important d'ajouter des armatures supérieures

Les armatures principales sont complétées par des armatures longitudinales de répartition dont la section totale sur la largeur B et A :

$$Ar_A = Ar_B = \frac{A_s}{4} \cdot B \text{ (B en mètre)} = \frac{29,77}{4} \cdot 2,50 = 18,61 \text{ cm}^2$$

$$St = \frac{A - 2 \cdot \text{enrobage}}{n - 1} = \frac{250 - 2 \cdot 5}{10 - 1} = 27 \text{ cm}$$

\Rightarrow soit 10HA16 (20,11 cm²) espacées de 27 cm (Avec enrobage extérieur de 5 cm)

5. DIMENSIONNEMENT DU GROS BETON

Dans le cas général, on choisit les dimensions du gros béton de telle sorte qu'elle soit homothétique à la semelle :

$$\frac{A}{B} = \frac{A'}{B'}$$

$$B' \geq \sqrt{\frac{B N_{ser}}{A \sigma_{sol}}} \rightarrow B' \geq \sqrt{\frac{2,50 \cdot 1,854}{2,50 \cdot 0,3}} = 2,50 \text{ m} \rightarrow \text{On prend } B' = 3,00 \text{ m}$$

D'où $A' = B' = 3,00 \text{ m}$

$$H = \max \left(\frac{B' - B}{2} \tan \beta; \frac{A' - A}{2} \tan \beta \right) \text{ avec } \beta = 45^\circ \text{ (l'angle de diffusion des bielles)}$$

$$\rightarrow H = \max \left(\frac{3,00 - 2,50}{2} \tan 45; \frac{3,00 - 2,50}{2} \tan 45 \right) = 0,25 \text{ m}$$

On prend le hauteur $H = 0,5 \text{ m}$

6. PLAN DE FERRAILLAGE

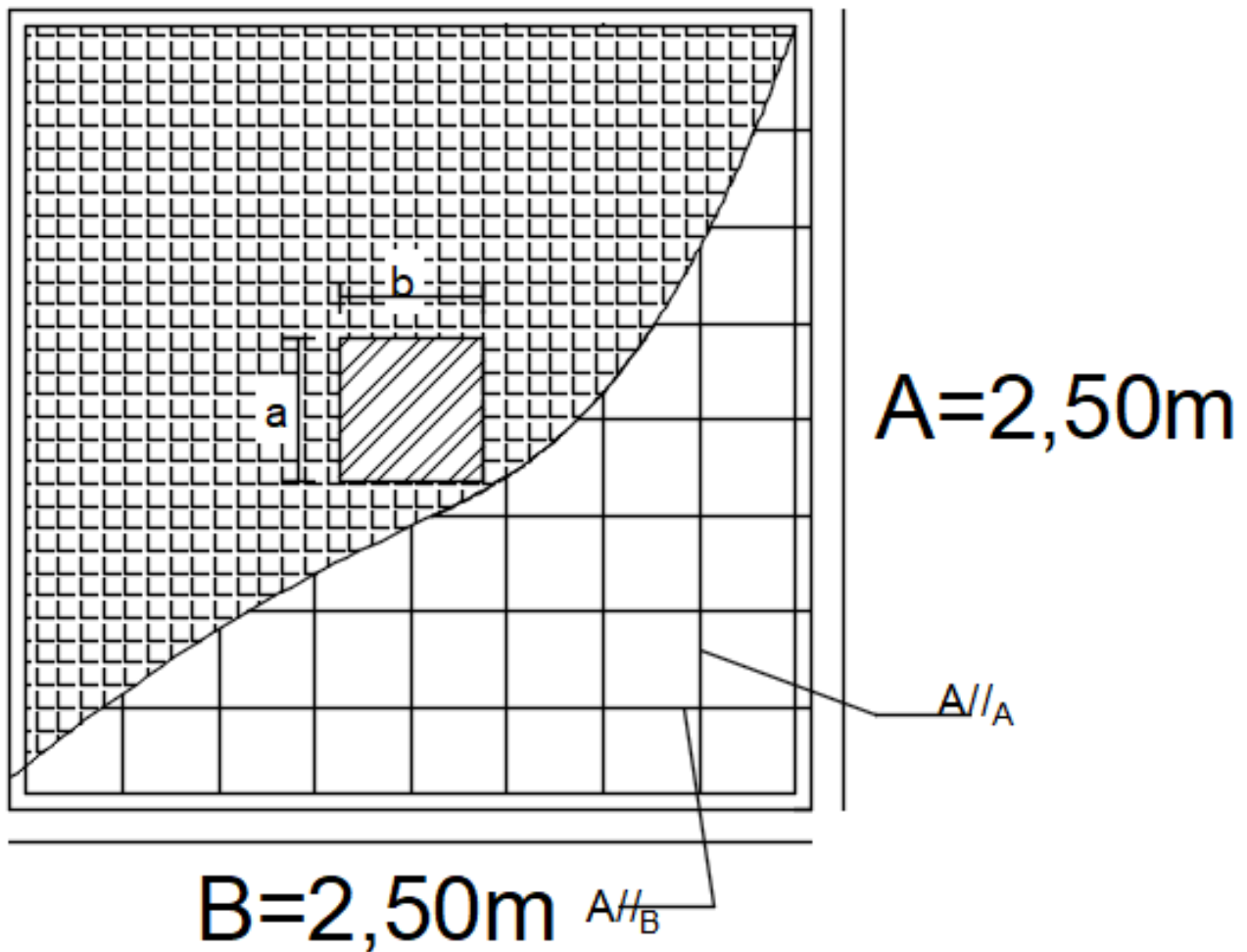


Figure : Vue en plan de la semelle

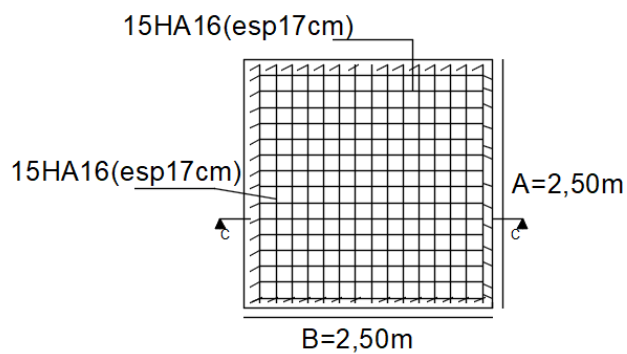


Figure : Vue en plan des armatures principales

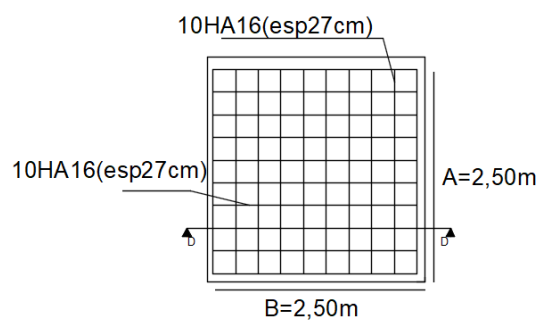


Figure :
Vue en plan
des
armatures

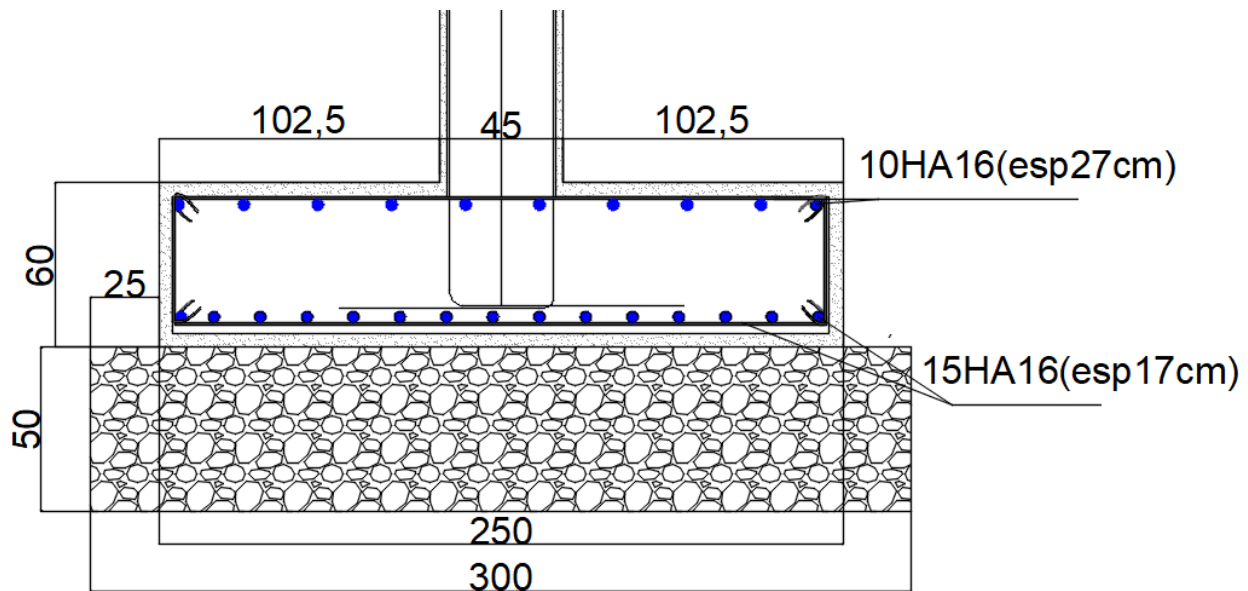


Figure : Schéma de ferrailage de la semelle//A

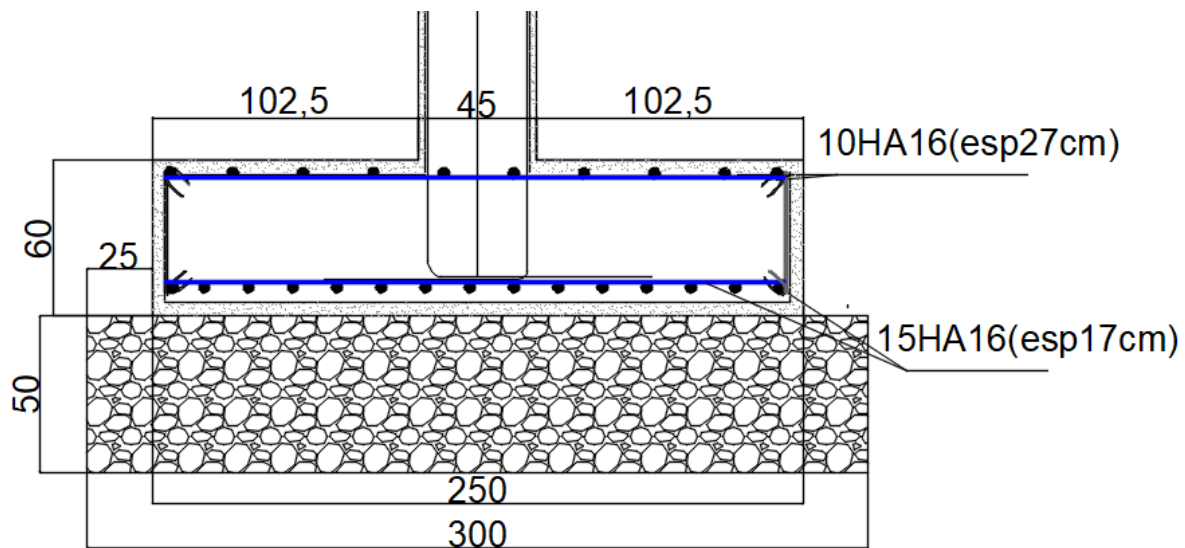


Figure : Schéma de ferrailage de la semelle//B

III. Etude d'une semelle circulaire

On présente un exemple de dimensionnement d'une semelle circulaire qui est soumise à un effort normal concentré. On se propose de dimensionner la semelle S25 située au-dessous du poteau P25.

1. Hypothèses de calcul

- La fissuration est considérée comme préjudiciable
- Absence de la nappe phréatique
- L'enrobage des armatures pris égal à $u=5\text{cm}$

- La contrainte admissible du sol $\overline{\sigma}_{sol} = 3\text{bars (0,3 MPa)}$
- La contrainte admissible du gros béton $\sigma_{GB} = 6\text{ bars (0,6 MPa)}$
- $f_{c28} = 25\text{MPa}$
- Acier HAFéE500

⇒ Un système de fondation de type superficiel sur une semelle isolée

2. Dimensionnement de la semelle circulaire S25

La semelle isolée S25 est soumise à la charge transmise par le poteau P25 du sous-sol de diamètre ($D_p = 0,35\text{m}$).

La descente de charge à la tête de la semelle avec le logiciel de calcul Arche donne les valeurs suivantes :

$$G = 75,5 \text{ T} ; Q = 9,8 \text{ T}$$

Ainsi elle est soumise aux efforts normaux centrés suivants :

- ✓ La charge ultime est de $N_u = P_u = 1,35 G + 1,5 Q = 116,63 \text{ T} = 1,17 \text{ MN}$
- ✓ La charge de service est de $N_{ser} = P_s = G + Q = 85,3 \text{ T} = 0.853 \text{ MN}$
- ❖ Dimensionnement de la diamètre (D) :

Le diamètre D de la semelle est fixe par la condition :

$$\sigma_{sol} = \frac{4 \cdot P_s}{\pi \cdot D^2} \leq \overline{\sigma}_{sol} \text{ (condition de portance)}$$

$$\text{Soit : } D \geq 1,13 \sqrt{\frac{P_s}{\overline{\sigma}_{sol}}} = 1,13 \sqrt{\frac{0,853}{0,3}} = 1,90 \text{ m on prend } D = 1,90 \text{ m}$$

On ajoute de 10 cm pour L'enrobage, soit : $D = 2,00 \text{ m}$

- ❖ Hauteur de semelle :

$$\text{Hauteur utile : (condition on rigidité) } \frac{D - D_p}{4} \leq d_x \leq D - D_p \Rightarrow \frac{2,00 - 0,35}{4} \leq d_x \leq 2,00 - 0,35$$

$$0,4 \text{ m} \leq d_x \leq 1,65 \text{ m} ; \text{ Soit } d_x = 0,4 \text{ m} = 40 \text{ cm}$$

$$\text{Hauteur totale : } h_t = d_x + 5 \text{ cm} = 0,40 + 5 = 0,45 \text{ m}$$

$$\text{Donc on a : } D = 2,00\text{m} ; h = 0,45\text{m}$$

- ❖ Vérification de la condition de portance en tenant compte du poids propre de la semelle :

Soit P_p le poids propre surestimé de la semelle

$$P_p = \frac{\pi D^2}{4} \times h_t \times \gamma_b = \frac{\pi 2,00^2}{4} \times 0,45 \times 25 \times 10^{-3} = 0,035 \text{ MN/m}$$

P'_S et P'_U : Les charges verticales en tenant compte du poids propre de la semelle a L'ELS et a L'ELU

$$P'_S = P_S + P_p = 0,853 + 0,035 = 0,888 \text{ MN/m}$$

$$P'_U = P_U + 1,35 \times P_p = 1,17 + 1,35 \times 0,035 = 1,217 \text{ MN/m}$$

$$1,13 \sqrt{\frac{P_s}{\sigma_{sol}}} = 1,13 \sqrt{\frac{0,888}{0,3}} = 1,94 \text{ m} < D = 2,00 \text{ m (Vérifiée)}$$

3. Ferrailage en quadrillage

La semelle est armée de deux nappes orthogonales (A_X ; A_Y)

❖ Armature du lit inférieur : (A_X)

$$A_X = \frac{P'_U(D - D_p)}{3 \cdot \pi \cdot d_x \left(\frac{f_e}{\gamma_b}\right)} = \frac{1,217(2,00 - 0,35)}{3 \pi 0,40 \cdot \left(\frac{500}{1,15}\right)} = 12,25 \text{ cm}^2$$

❖ Armature du lit supérieur : (A_Y)

$$A_Y = \frac{P'_U(D - D_p)}{3 \cdot \pi \cdot d_y \left(\frac{f_e}{\gamma_b}\right)} = \frac{1,217(2,00 - 0,35)}{3 \pi 0,388 \cdot \left(\frac{500}{1,15}\right)} = 12,63 \text{ cm}^2$$

Avec : $d_y = d_x - \varnothing_X = 40 - 1,2 = 38,8 \text{ cm}$ (en choisissant le même diamètre pour les deux nappes HA12)

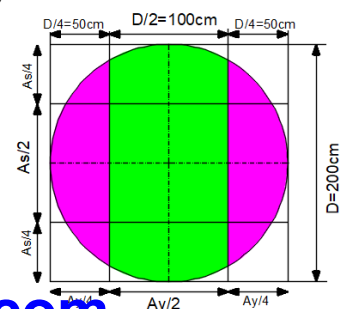
Remarque :

- ✓ En choisissant de placer deux nappes identiques, et de prendre la section supérieure $A_X = A_Y = 12,63 \text{ cm}^2$. Nous avons donc : 12HA12 ($A_{s \text{ réel}} = 13,57 \text{ cm}^2$).
- ✓ Les deux armatures extrêmes étant en général trop courtes pour être efficaces, elles ne sont pas prises en compte dans A_X et A_Y et sont considérées comme des barres de répartition.
- ✓ Toutes les barres étant munies de crochets.
- ✓ $1,00 \text{ m} \leq D = 2,00 \text{ m} \leq 3,00 \text{ m} \begin{cases} 50\% \text{ des armatures dans la zone centrale} \\ 25\% \text{ des armatures dans les zones latérales} \end{cases}$

Cette figure représente les dispositions des armatures en quadrillage d'une

Semelle circulaire.

$$1,00 \text{ m} \leq D = 2,00 \text{ m} \leq 3,00 \text{ m}$$



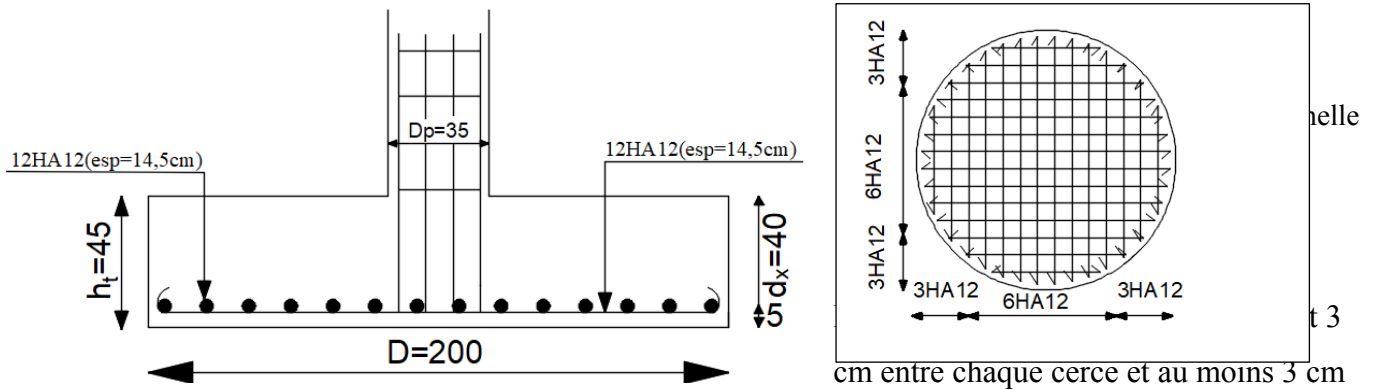
50% des armatures dans la zone centrale ($D/2=1\text{m}$) en vert

25% des armatures dans les zones latérale ($D/4=0,5\text{m}$) en mauve

Nous avons 12HA12 ; avec les deux barres de répartition sur les

Bords, cela nous donne 13 intervalles sur environ 1,90m de large, Soit un espacement de 14,5 cm.

Figure :



d'enrobage supérieur et inférieur, si m est le nombre de cerces : $e \geq \text{Max} (15\text{cm} ; 12\phi + 6\text{cm})$

La cerce supérieure est disposée de telle sorte que son axe se trouve sur une droite à 45° passant par le collet de la semelle.

Les sections des cerces sont : $A'_C = \frac{Ax}{2} = \frac{12,63}{2} = 6,32\text{ cm}^2$, on prend 3HA20 ($A_{s\text{ réel}} = 9,42\text{ cm}^2$).

$e \geq \text{Max} (15\text{cm} ; 122 + 6\text{ cm}) = \text{Max} (15\text{cm} ; 30\text{cm})$, Soit $e = 30\text{ cm}$

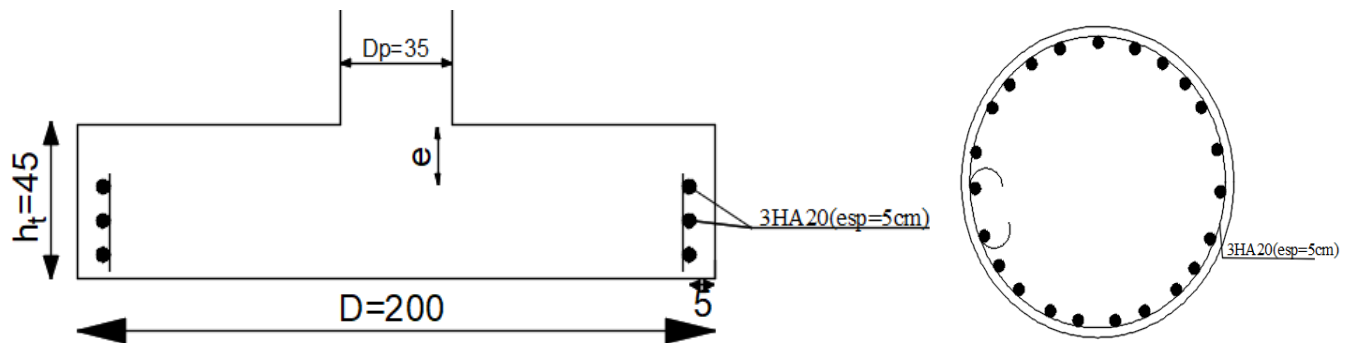


Figure : Schéma de ferrailage des cerces

IV. Etude d'une semelle excentrée

On présente un exemple de dimensionnement d'une semelle isolée qui est soumise à un effort normal excentré. On se propose de dimensionner la semelle S5 située au-dessous du poteau P5.

La démarche de calcul des fondations en semelles isolées selon **L'EUROCODE 2**

$f_{ck} = 25\text{ MPa}$ (Contrainte caractéristique du béton à la compression)

$f_{yk} = 500\text{ MPa}$ (Limite élastique des aciers en général)

L'enrobage des armatures pris égal à $u=5\text{cm}$

La contrainte admissible du sol $\overline{\sigma}_{sol} = 3\text{bars}$ (0,3 MPa) à l'ELS

La contrainte admissible du gros béton $\sigma_{GB} = 6\text{ bars}$ (0,6 MPa)

1. Dimensionnement de la semelle :

$$P5 (30 \times 30) \begin{cases} G=72,2 \text{ T} \\ Q=7,3 \text{ T} \end{cases}$$

Ainsi elle est soumise aux efforts normaux centrés suivants :

- ✓ La charge ultime est de $N_u = 1,35 G + 1,5 Q = 108,42 \text{ T}$
- ✓ La charge de service est de $N_{ser} = G + Q = 79,5 \text{ T}$

❖ Suivant la méthode linéaire :

$$A_{th} = S \left[42 + \frac{4}{7} N_{ser} \right] = 1 \left[42 + \frac{4}{7} 79,5 \right] = 87,43 \text{ cm} \approx 90 \text{ cm}$$

$$\text{Avec : } S = \sqrt{\frac{6}{\sigma_{GB}}} = \sqrt{\frac{6}{6}} = 1$$

❖ Suivant la méthode Racine :

$$N_{ser} = 79,5 \text{ T} < 100 \text{ T} \Rightarrow A_{th,R} = 1,02 \frac{3}{4} \sqrt{\frac{N_{ser} 1000}{\sigma_{GB}}} = 1,02 \frac{3}{4} \sqrt{\frac{79,5 1000}{\sigma_{GB}}} = 88,1 \text{ cm} \approx 90 \text{ cm}$$

\Rightarrow D'après les deux méthodes on prend $A_{th} = 90 \text{ cm}$

✓ Coefficient de majoration : (m)

$$m = \max \left\{ 1,07; \frac{L}{L-e} \right\} = \max \left\{ 1,07; \frac{514}{514-30} \right\} = \max \{ 1,07; 1,06 \} \Rightarrow m = 1,07$$

$$\text{Excentricité : } e = \frac{A-a}{2} = \frac{90-30}{2} = 30 \text{ cm}$$

L'entraxe de la longrine de redressement : $L = 5,14 \text{ m}$

✓ Charge permanente majorée :

$$G_m = G \cdot m = 72,2 \cdot 1,07 = 77,254 \text{ T}$$

✓ Charge d'exploitation majorée :

$$Q_m = Q \cdot m = 7,3 \cdot 1,07 = 7,811 \text{ T}$$

$$B = \frac{R}{A \sigma_{GB}} = \frac{85,07}{906} = 0,1575 \quad 1000 = 157,5 \text{ cm} \Rightarrow B_{\text{retenu}} = 160 \text{ cm}$$

Avec : R charge de service majorée $\Rightarrow R = N_{ser} \cdot 1,07 = 85,07 \text{ T}$

Conclusion : Dimension de la semelle (A = 90 cm ; B = 160 cm)

❖ Détermination de la hauteur de la semelle excentrée :

$$H_s = \frac{5}{13} N_{ser} + 20 = \frac{5}{13} \cdot 79,5 + 20 = 50,6 \Rightarrow H_{\text{retenu}} = 50 \text{ cm}$$

2. Ferrailage de la semelle

La fissuration est préjudiciable \Rightarrow Equivalent à L'EC2 (XA2) c'est un classement correspondant au risque d'attaques chimique. Ce qui donne $f_0 = 1,3$ (coefficient de majoration)

On calcul la semelle excentrée à partir de la méthode des moments.

✓ Les armatures suivant y-y :

$$Fb_2 = \frac{400}{f_{yk}} \frac{2}{5} f_0 \frac{R(B-b)}{8 H_s} = \frac{400}{500} \frac{2}{5} \cdot 1,3 \frac{85,07(160-30)}{850} = 11,50 \text{ cm}^2$$

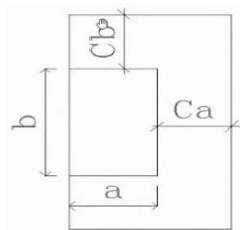
✓ Les armatures suivant x-x :

$$Fa_2 = \max \left\{ \frac{400}{f_{yk}} \frac{f_0}{1000} B_s H_s ; \beta \frac{Ca}{Cb} Fb_2 \right\}$$

$$\beta = \frac{2}{\frac{B}{A} + 1} = \frac{2}{\frac{160}{90} + 1} = 0,72$$

$$C_a = A - a = 90 - 30 = 60 \text{ cm}$$

$$C_b = \frac{B-b}{2} = \frac{160-30}{2} = 65 \text{ cm}$$



$$Fa_2 = \max \left\{ \frac{400}{500} \frac{1,3}{1000} \cdot 1,60 \cdot 50 ; 0,72 \frac{60}{65} 11,50 \right\} = \max \{ 8,32 ; 7,64 \}$$

$$Fa_2 = 8,32 \text{ cm}^2$$

Ferrailage retenu : //x = 8HA14 ($A_{\text{reel}} = 12,32 \text{ cm}^2$)

//y = 6HA14 ($A_{\text{reel}} = 9,24 \text{ cm}^2$)

✓ Les armatures supérieures :

$$A_c^{min} = \frac{400}{f_{yk}} \frac{f_0}{1000} H_s B_s \sqrt{0,68} = \frac{400}{500} \frac{1,3}{1000} 50 \cdot 1,60 \sqrt{0,68} = 6,86 \text{ cm}^2$$

Soit 8HA12 ($A_{reel} = 9,05 \text{ cm}^2$) comme nappe supérieur de notre semelle excentrée.

3. Dimensionnement de Gros béton : ($\sigma_{sol} = 3 \text{ bars}$: ELS ; $\gamma = 20 \text{ t/m}^2$)

$$A_{GB} = 0,73 \sqrt{\frac{R \cdot 1000}{\sigma_{sol}}} = 0,73 \sqrt{\frac{85,07 \cdot 1000}{3}} = 122,9 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow A_{retnu} = 125 \text{ cm}$$

$$B_{GB} = 1,02 \frac{R}{A \sigma_{sol}} = 1,02 \frac{85,07}{125 \cdot 3} 1000 = 231,3 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow B_{retnu} = 230 \text{ cm}$$

En effet : $B_{retnu} A_{retnu} \gamma = 2,30 \cdot 1,25 \cdot 20 = 57,5 \text{ t} < R = 85,07 \text{ t}$ (**Non vérifiée**)

Donc on prend : $B_{retnu} = 2,70 \text{ m}$; $A_{retnu} = 1,60 \text{ cm}$

$\Rightarrow B_{retnu} A_{retnu} \gamma = 2,70 \cdot 1,60 \cdot 20 = 86,4 \text{ t} > R = 85,07 \text{ t}$ (**vérifiée**)

Hauteur du gros béton : $H_{GB} = \text{Max}(1,43 D_A ; 1,6 D_B)$

OR : $D_A = A_{GB} - A_s = 1,60 - 0,90 = 0,7 \text{ m}$

$$D_B = \frac{B_{GB} - B_s}{2} = \frac{2,70 - 1,60}{2} = 0,55 \text{ cm}$$

$H_{GB} = \text{Max}(1,43 \cdot 0,7 ; 1,6 \cdot 0,55) = \text{Max}(1,00 ; 0,88) \Rightarrow \text{Soit } H_{GB} = 1,00 \text{ m}$

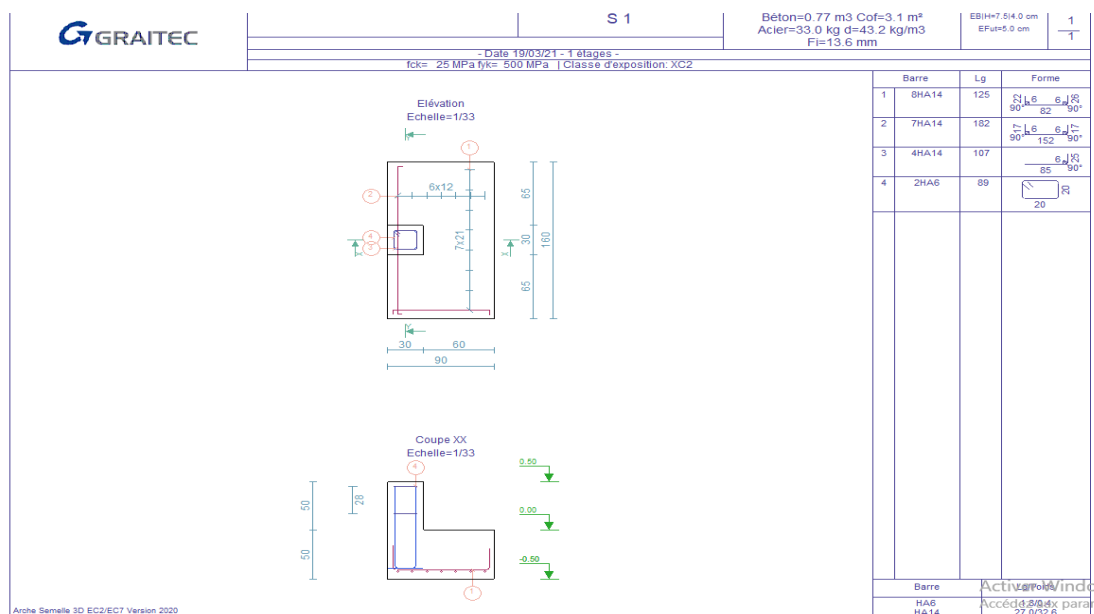


Figure : Schéma de ferrailage de la semelle excentrée avec arche ossature

4. Eude de la longrine de redressement :

❖ Prédimensionnement de la longrine de redressement :

$b_{Long} = 30 \text{ cm}$ (Largeur de la longrine) ; $L = 5,14 \text{ m}$

Hauteur de la longrine : $H_{LR} = \text{Max} \left(61 \sqrt{r} \sqrt{\frac{M_s}{b_{Long}}} ; 0,1 L ; \frac{4}{3} a_c \right)$

$$r = \frac{27}{b_{long}} = \frac{27}{30} = 0,9$$

$M_s = M_g + M_q = m N e = e R = 0,3 \cdot 85,07 = 25,521 \text{ t.m}$ (Moment renversant en service)

$$a_c = \sqrt{ab} = \sqrt{30 \cdot 30} = 30 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow H_{LR} = \text{Max} \left(61 \sqrt{0,9} \sqrt{\frac{25,521}{30}} ; 0,1 \cdot 514 ; \frac{4}{3} \cdot 30 \right) = \text{Max} (53,3 \text{ cm} ; 51,4 \text{ cm} ; 40 \text{ cm})$$

\Rightarrow Soit : $H_{LR} = 50 \text{ cm}$

Donc il faut calcul de ferrailage de la longrine de redressement : LR (30 50)

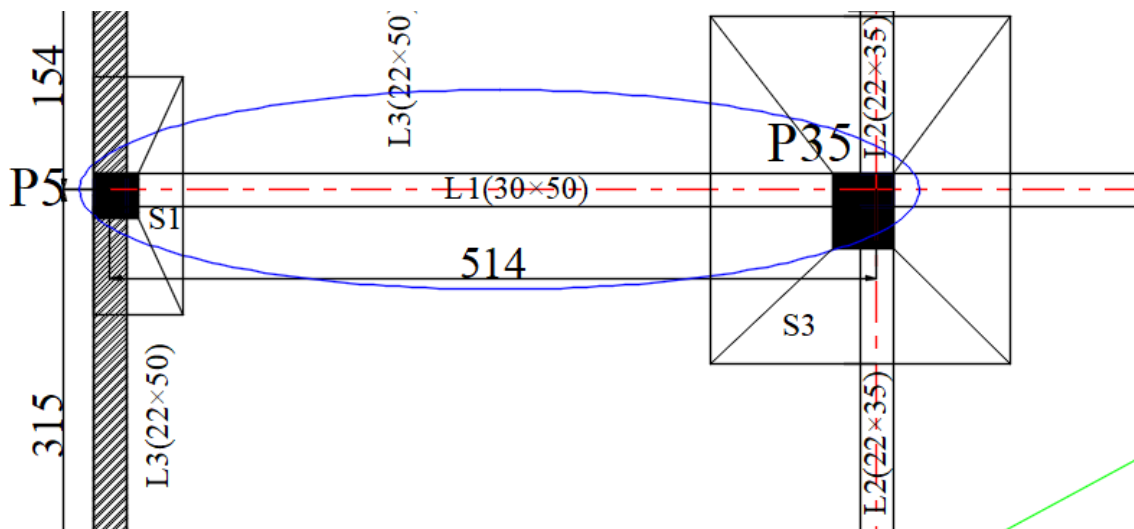


Figure : Vue en plan de la semelle excentrée et de la longrine de redressement

❖ Calcul de ferrailage de la longrine de redressement :

✓ Calcul du ferrailage supérieur :

L'effort tranchant V_B , sous une charge répartie de longueur A , a comme valeur : $V_B = \frac{-p \cdot A^2}{2 \cdot L} \quad (1)$

Et l'effort tranchant V_B sous l'effet d'un couple C , a comme valeur : $V_B = \frac{C}{L} = \frac{N \cdot e}{L} \quad (2)$

On a : $(1) = (2) \Rightarrow \frac{-p \cdot A^2}{2 \cdot L} = \frac{N \cdot e}{L}$ Or : $p = G+Q$ par la suite : $p = 2 \frac{N_e}{A^2}$

$$P_g = \frac{2eG}{A^2} ; P_q = \frac{2eQ}{A^2} \text{ (démonstration avec RDM)}$$

On pose : $\alpha = \frac{L-A-\frac{3 \cdot a}{2}}{L-A} = \frac{5,14-0,9-\frac{30,3}{2}}{5,14-0,3} = 0,783$

$$P_g = \frac{20,372,2}{0,9^2} = 53,48 \text{ t/ml} ; P_q = \frac{20,37,3}{0,9^2} = 5,41 \text{ t/ml}$$

$$P = P_g + P_q = 53,48 + 5,41 = 58,89 \text{ t/ml}$$

$$V_B = - \frac{\alpha P A^2}{2 L} = - \frac{0,783 \cdot 58,89 \cdot 0,9^2}{25,14} = - 3,633 \text{ t}$$

$$V_A = \alpha P A \frac{(2L-A)}{2L} = 0,783 \cdot 58,89 \cdot 0,9 \cdot \frac{(25,14-0,9)}{25,14} = 37,87 \text{ t}$$

Calcul du moment : Le moment est maximal pour $X=X_0 = \frac{A \cdot (2L-A)}{2L} = \frac{0,9 \cdot (25,14-0,9)}{25,14} = 0,82 \text{ m}$

$$M_{RDM} = \frac{-1}{2} V_A X_0 = \frac{-1}{2} 37,87 \cdot 0,82 = 15,53 \text{ t.m}$$

D'où L'armature supérieure de cette longrine est :

$$A'_{c,LR-op} = \left(\frac{400}{f_{yk}} \right) \frac{1,4 M_{RDM} 10^5}{2700 H_{LR}}$$

$$A'_{c,LR-op} = \left(\frac{400}{500} \right) \frac{1,4 \cdot 15,53 \cdot 10^5}{2700 \cdot 50} = 12,88 \text{ cm}^2 ; \text{ Soit : } 4\text{HA}16 + 4\text{HA}14 \text{ (14,2 cm}^2\text{)}$$

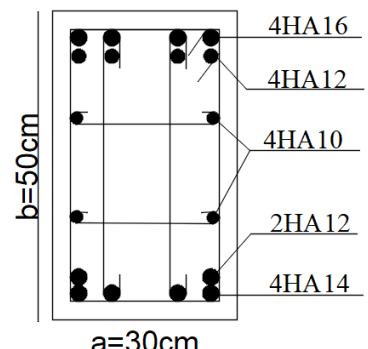
✓ Calcul du ferrailage inférieur :

Le poids propre de cette longrine optimale (30*50) est : $0,3 \cdot 0,5 \cdot 2,5 = 0,375 \text{ t/m}$

Pour une charge d'exploitation $q = 2,5 \text{ t/m}$, on obtient comme $P_u = 4,26 \text{ t/m}$

$$M_{u-max-inf} = L^2 \frac{P_u}{8} = 5,14^2 \frac{4,26}{8} = 14,1 \text{ t.m}$$

$$A_{inf-LR} = \left(\frac{400}{f_{yk}} \right) \frac{M_{ult-inf} 10^5}{2700 H_{LR}} = \left(\frac{400}{500} \right) \frac{14,1 \cdot 10^5}{2700 \cdot 50} = 8,36 \text{ cm}^2$$



Or : $A_{\text{inf-min}} = \frac{A'_{\text{c.LR-op}}}{4} = \frac{14,2}{4} = 3,55 \text{ cm}^2 < A_{\text{inf-LR}} = 8,36 \text{ cm}^2$: **OK**

Figure : Schéma de ferrailage de longrine de redressement

L'armature inferieure de notre longrine de redressement est : 4HA14 + 2HA12 (8,42 cm²)

