

Problèmes BAEL : Poteaux – semelles

(Corrigé)

Problème 1 :

La figure (1) représente la vue partielle d'un plancher haut à niveau unique réalisé par une dalle pleine en béton armé de 12 cm d'épaisseur et supportée dans un seul sens par des poutres de longueur entre nus des poteaux de 7.50 m, les poteaux sont fondés sur des semelles.

Le plancher supporte, en plus de son poids propre, le poids de revêtement de 60 daN/m², le poids de cloisons de répartition de 75 daN/m² et une charge d'exploitation de 260 daN/m².

On veut ferrailer le poteau P2 de ce plancher.

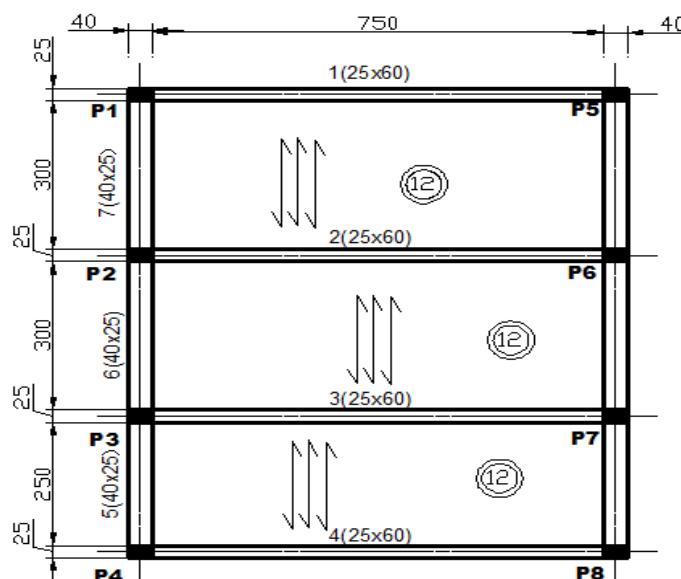
Les données techniques sont :

- Section du poteau : 25 x 40 cm² ;
- Hauteur libre : 4.50 m ;
- Résistance à la compression du béton : 16 MPa ;
- Limite élastique de l'acier : 400 MPa ;
- Enrobage des aciers : 3 cm ;
- Plus de la moitié des charges est appliquée avant 90 j ;
- Contrainte admissible du sol : 2 bars.

On vous demande de

1. Déterminer les charges totales appliquées sur le poteau ;
2. Calculer l'effort normal maximal à l'ELU et à l'ELS ;
3. Sachant que : $N_u = 167.04$ kN et $N_{ser} = 119.84$ kN, déterminer les ferrailages longitudinal et transversal du poteau ;
4. Déterminer les dimensions géométriques de la semelle ;
5. Représenter l'élévation du poteau avec sa semelle de fondation et sa coupe transversale.

NB. Il n'est pas demandé le ferrailage de la semelle.



Solution1 :

1. Charges totales appliquées sur le poteau

a. Charges permanentes

- poids propre poteau : $0.25 \times 0.40 \times 4.50 \times 25.00 = 11.2500 \text{ KN}$
- poids poutre 2 : $\frac{1}{2} \times 0.25 \times 0.60 \times 7.50 \times 25.00 = 14.0625 \text{ KN}$
- poids poutre 4 : $0.40 \times 0.25 \times 3.00 \times 25.00 = 7.5000 \text{ KN}$
- poids plancher : $0.12 \times 3.00 \times \frac{1}{2} \times 7.50 \times 25.00 = 33.7500 \text{ KN}$
- revêtement : $3.25 \times (\frac{1}{2} \times 7.50 + 0.40) \times 0.60 = 8.0925 \text{ KN}$
- cloisons : $3.25 \times (\frac{1}{2} \times 7.50 + 0.40) \times 0.75 = 10.1156 \text{ KN}$

$$(G) = 84.7706 \text{ KN}$$

b. Charges variables

$$\text{surcharge d'exploitation : } 3.25 \times (\frac{1}{2} \times 7.50 + 0.40) \times 2.60 = 35.0675 \text{ KN}$$

$$(Q) = 35.0675 \text{ KN}$$

2. Efforts normaux appliqués

$$\text{à l'ELU : } N_u = 1.35(G) + 1.5(Q) = 167.042 \text{ KN}$$

$$\text{à l'ELS : } N_{\text{ser}} = (G) + (Q) = 119.838 \text{ KN}$$

3. Ferraillage du poteau

- Longitudinalement

$$N_u = 167.04 \text{ KN} ; a = 25 \text{ cm} ; b = 40 \text{ cm} ; l_0 = 4.50 \text{ m} ; l_f = l_0 = 450 \text{ cm}$$

$$f_{c28} = 18 \text{ MPa} ; f_e = 400 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 2\sqrt{3} \frac{l_f}{a} = 62.354 \leq 70$$

élancement du poteau :

$$\text{compression simple, le coefficient de flambement est : } \alpha = 0.6 \times (50/\lambda)^2 = 0.3858$$

$$\alpha = \frac{0.3858}{1.10} = 0.3507$$

on retient :

$$\text{section réduite : } B_r = (a - 2)(b - 2) = 874 \text{ cm}^2$$

$$\text{section d'acier théorique : } A_{th} \geq \left[\frac{N_u}{\alpha} - \frac{B_r f_{c28}}{0.9 \gamma_b} \right] \cdot \frac{\gamma_s}{f_e} ; \text{ valeur négative.}$$

$$A_{\min} \geq \max. (4u ; 0.2B/100) = 5.20 \text{ cm}^2$$

$$A_{\max} \leq 5B/100 = 50 \text{ cm}^2$$

$$\text{on adopte } 1 \% ; \text{ soit } A_{\text{app}} = 10 \text{ cm}^2, \text{ on prend alors } 4 \text{ HA16} + 2 \text{ HA14} = 11.12 \text{ cm}^2$$

- Transversalement

$$\text{diamètre : } \Phi_t \geq \Phi_{\text{lmax}}/3 ; \text{ on prend } \Phi_t = 6 \text{ mm.}$$

espacement : $t \leq \min. (40 ; a+10 ; 15 \Phi_{lmax}) = 21 \text{ cm}$, on prend 20 cm en zone courante.

longueur de recouvrement : $l_r \geq 24 \Phi_{lmax} = 38.4 \text{ cm}$, on prend 40 cm
on doit disposer au moins 3 cours d'acier.

4. Dimensions géométriques de la semelle

$N_{ser} = 119.84 \text{ KN}$; $a = 25 \text{ cm}$; $b = 40 \text{ cm}$

section d'assise : $S \geq \frac{N_{ser}}{\sigma_s} = 5991.9 \text{ cm}^2$, soit : $A \sqrt{\frac{S \cdot a}{b}}$ et $B \sqrt{\frac{S \cdot b}{a}}$
on prend : $A = 70 \text{ cm}$ et $B = 110 \text{ cm}$

hauteur de la semelle : $h - 5 \geq \max. \left(\frac{A-a}{4} ; \frac{B-b}{4} \right) \approx 20 \text{ cm}$
soit $h = 25 \text{ cm}$

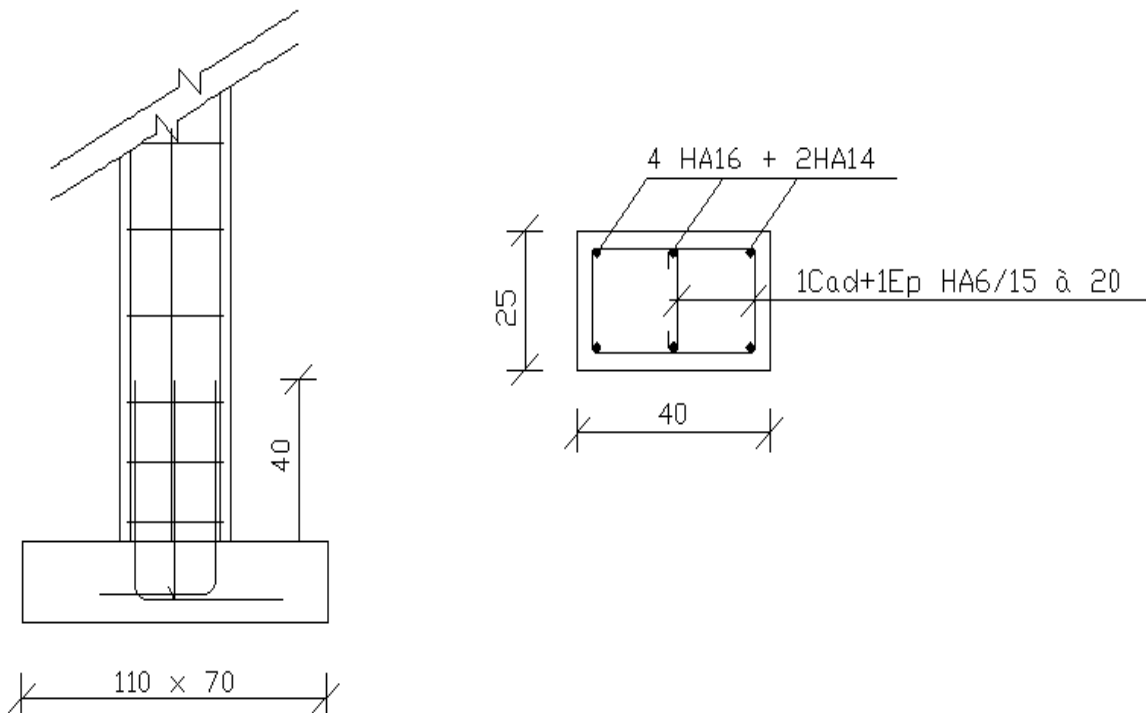
vérification de la contrainte du sol

poids de la semelle : $0.25 \times 0.70 \times 1.10 \times 25.00 = 4.813 \text{ KN}$

$N_{ser} = 124.65 \text{ KN}$, soit $\sigma_{sol} = 0.163 \text{ MPa} < 0.20 \text{ MPa}$

5. Plan de ferrailage

Voir page suivante.



Problème 2 :

A partir de la coupe et des différentes données on vous demande de :

1. Effectuer la descente de charges, niveau par niveau par calcul cumulé à partir du haut, du mur de façade (charges permanentes et charges d'exploitation). Remplir le tableau 1
2. Evaluer la contrainte exercée sur le sol de fondation avec et sans pondération des charges en Mpa.
3. En supposant que le total cumulé des charges est :
 - Permanentes $G=100\ 000\text{N}$
 - D'exploitation $Q=15\ 000\text{N}$
 - a) Calculer les armatures des deux nappes de semelle.
 - b) Illustrer vos calculs par des dessins de ferrailage de la semelle en respectant les dispositions constructives.

Descriptif du sujet :

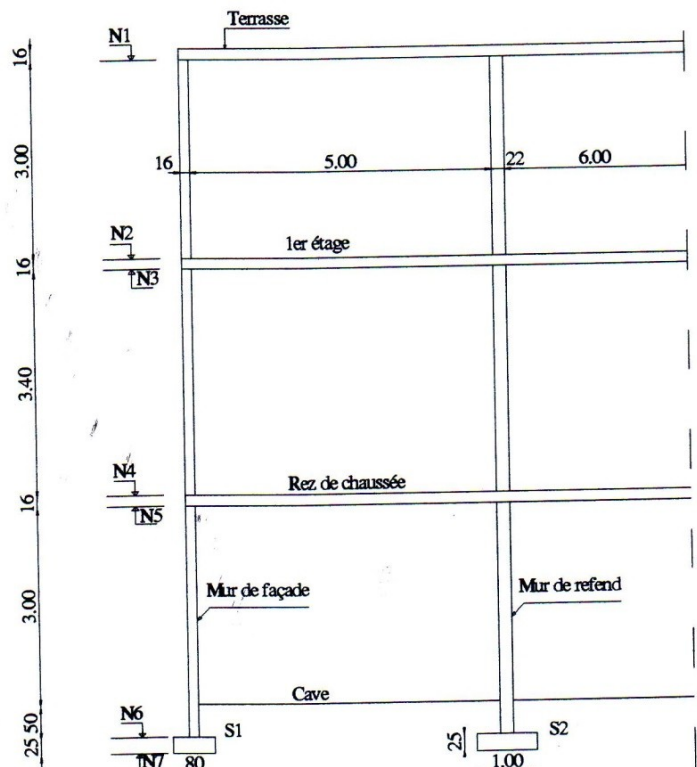
- Bâtiment d'habitation.
- Fondations par semelles continues en B.A.
- Etanchéité bicouche avec complexe isolant et protection de la surface par épaisseur de gravillons roulés : 500N/m^2 .
- Terrasse en B.A en dalle pleine de 16cm d'épaisseur : 4000N/m^2 .
- Voiles en B.A pour mur de façade épaisseur 16cm : 4000N/m^2 (y compris la couche d'imperméabilisation).
- Mur de refend en bloc creux de béton d'épaisseur 20cm : 2700N/m^2 .
- Enduit sur les 2 faces du mur de refend épaisseur 1cmx2 faces : 200N/m^2 .
- Plancher en dalle pleine B.A d'épaisseur 16cm : 4000N/m^2 .
- Dalle flottante sur plancher y compris l'isolant 1050N/m^2 .

Charges d'exploitation :

- Terrasse inaccessible : 1000 N/m^2
- Plancher d'habitation : 1500 N/m^2

Avec :

- Poids volumique du B.A $25\ 000\text{N/m}^3$.
- Caractéristiques des matériaux :
 - Béton $f_{c28}=25\text{MPa}$.
 - Acier FeE400.
- Fissuration préjudiciable.



Solution 2:

1-

Niv	Désignation	Charges permanentes G en N						Charges d'exploitation Q en N				
		L	I	H	Pds unité	Total	Total cumulé	L	I	Pds unité	Total	Total cumulé
N1	Etanchéité	2.66	1.00	-	500	1330	1330	2.66	1.00	1000	2660	2660
	Terrasse B.A	2.66	1.00	-	4000	10640	11970					
N2	Voile B.A	1.00	-	3.00	4000	12000	23970	2.50	1.00	1500	3750	6410
N3	Dalle flottante	2.50	1.00	-	1050	2625	26595					
	plancher	2.66	1.00	-	4000	10640	37235					
N4	Voile B.A	1.00	-	3.40	4000	13600	50835	2.50	1.00	1500	3750	10160
N5	Dalle flottante	Idem N3				2625	53460					
	plancher					10640	64100					
N6	Voile B.A	1.00	-	3.50	4000	14000	78100					10160
N7	Semelle	1.00	0.80	0.25	25000	5000	83100					

2-

Contrainte exercée sur le sol de fondation :

$$N_{ser} = G + Q = 93260 \text{ N}$$

$$N_u = 1.35G + 1.50Q = 127425 \text{ N}$$

Sans pondération :

$$\sigma_{ser} = (G+Q)/S = 93260.10^{-6} / 0.80 \times 1.00 = 0.116 \text{ Mpa}$$

Avec pondération :

$$\sigma_u = 127425.10^{-6} / 0.80 \times 1.00 = 0.159 \text{ Mpa}$$

3-

$$G = 100000 \text{ N} ; Q = 15000 \text{ N}$$

Calcul des armatures des deux nappes de la semelle :

Nappe inférieure : (sens transversal)

- E.L.U :

$$A_{sx} \geq \frac{N_u(A-a)}{8df_{su}} \text{ avec } N_u = 157500 \text{ N soit } 157500 \cdot 10^{-6} \text{ MN}$$

$$f_{su} = 400/1.15$$

$$A_{sx} = \frac{0.1575(0.80 - 0.16)}{8 \times 0.20 \times 400 / 1.15} = 1.81 \text{ cm}^2$$

- ELS :

$$\bar{\sigma}_{st} = \inf \left(\frac{2}{3} f_e ; 110 \sqrt{1.6 \times 2.1} \right) = \inf(266.66 ; 201.63) = \mathbf{201.63 \text{ MPa}}$$

$$A_{sx} = \frac{0.1575(0.80 - 0.16)}{8 \times 0.20 \times 201.63} = 2.28 \text{ cm}^2$$

Nappe supérieure : (sens longitudinal)

$$A_{sy} \approx A_{sx} / 4 = 2.28 / 4 = 0.57 \text{ cm}^2$$

Le minimum d'acier imposé par le règlement BAEL est de 2cm²

Choix des aciers :

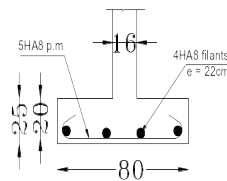
$A_{sx} \geq 2.28 \text{ cm}^2$ on choisit 5HA8 (2.51cm²) /ml

Dans le sens longitudinal on choisit 4HA8 (2cm²)

Calcul des espacements :

4HA8 filants :

$$e = (80 - 2 \times 5 - 4 \times 0.8) / 3 = 22.26 \text{ cm} \approx 22 \text{ cm}$$



Problème 3 :

1. On veut ferrailer le poteau intérieur P_5 et sa semelle S_5 d'un local à rez- de- chaussée avec terrasse accessible (voir plan de coffrage ci-joint)

Types de charges	Désignations	Valeurs
Permanent	1. Poids spécifique des éléments B.A.	25 KN/m ³
	2. Plancher type dalle pleine reposant sur poutres et poteaux. Epaisseur de la dalle	10cm
	3. Revêtement du plancher	1750N/m ²
Variables	• Charges d'exploitation : ○ Terrasse accessible	1500N/m ²

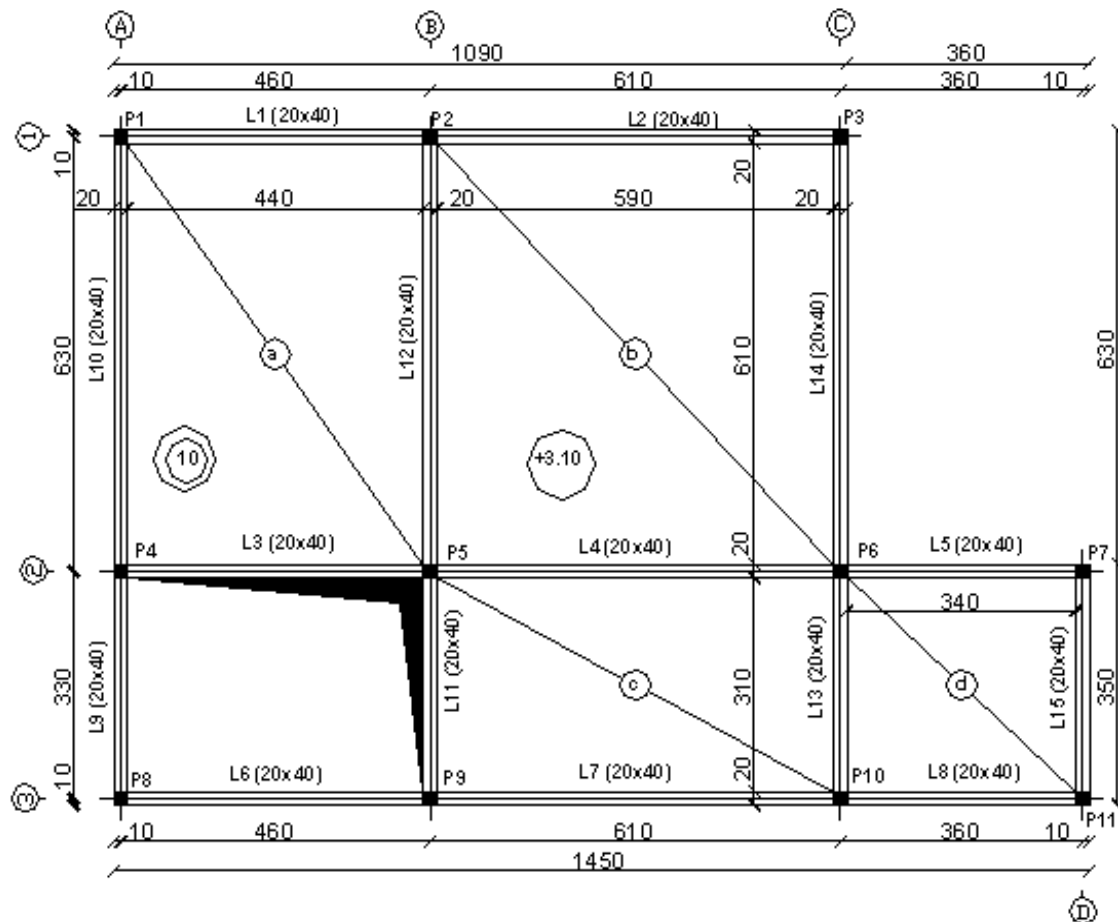
NB : on ne tient pas compte du revêtement sur les poutres L_3 et L_{11}

On donne :

- Béton $f_{c28} = 22$ MPa
- Acier longitudinal FeE400
- La majorité des charges est appliquée avant 90 jours.
- Enrobage des aciers 2cm pour poteau
- Niveau du dallage..... : ± 0.00 m
- Niveau supérieur des semelles isolées.....: - 0.80 m
- Contrainte admise sur le sol $\overline{\sigma}_{sol} = 0.2$ MPa
- Fissuration préjudiciable.

On vous demande de :

1. Déterminer les charges qui sollicitent le poteau P_5 à l'E.L.U et à l'E.L.S.
2. Calculer le ferrailage complet du poteau en prenant $N_u = 230$ KN
3. Faites un schéma de ferrailage de la section du poteau.
4. Déterminer les dimensions de la semelle S_5 sachant que $N_u = 230$ KN et $N_{ser} = 166$ KN
(A : largeur, B:longueur, h:hauteur totale, d:hauteur utile)
5. Calculer les armatures des deux nappes de la semelle à l'E.L.U et à l'E.L.S.
6. Faites un schéma représentatif du ferrailage de la semelle en respectant les dispositions constructives.



PLAN DE COFFRAGE

Solution 3 :

1) Actions permanentes

- Poids de la dalle : $25 \times 0.1 [(3.05 \times 5.15) + (1.55 \times 2.95)] = 50.7 \text{ K N}$
- Poids propre des poutres : $25 \times 0.2 \times 0.4 (3.05 + 2.95 + 2.2 + 1.55) = 19.5 \text{ K N}$
- Poids du revêtement : $1.75 \times [(4.8 \times 2.95) + (2.4 \times 3.05)] = 37.59 \text{ K N}$
- Poids du poteau : $(0.2)^2 \times 3.9 \times 25 = 3.9 \text{ K N}$

$$G = 111.69 \text{ K N}$$

* Action variable

- Terrasse inaccessible :
- $Q = 1.5 \times [(4.8 \times 2.95) + (2.4 \times 3.05)] = 32.22 \text{ K N}$

$$Q = 32.22 \text{ K N}$$

* Effort de compression

$$N_u = 1.15(1.35 G + 1.5 Q) = 1.15[1.35(111.69) + 1.5(32.22)] = 1.15 \times 199.11 = 228.978 \text{ K N}$$

$$N_u = 0.23 \text{ MN}$$

$$N_{ser} = 1.15 (G + Q) = 1.15 (111.69 + 32.22) = 1.15 \times 143.91 = 165.496 \text{ KN}$$

$$N_{ser} = 0.166 \text{ MN}$$

2) Ferraillage du poteau

- Armatures longitudinales

$$N_u = 0.23 \text{ MN}$$

$$l_f = 0.7 \times 3.9 = 2.73 \text{ m}$$

$$\lambda = 47.28$$

$$a = \frac{0.85}{1 + 0.2 \left(\frac{\lambda}{35} \right)^2} 1.1 = 0.566$$

$$B_r = (0.18)^2 = 0.0324 \text{ m}^2$$

$$A_{th} \geq \left[\frac{0.23}{0.566} - \frac{0.0324 \times 22}{1.35} \right] \frac{1.15}{400} = - 3.4910^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{min} = \max (4u, 0.2B/100) = \max (3.2 ; 0.8)$$

$$A_{min} = 3.2 \text{ cm}^2 \quad \text{d'où} \quad A_{sc} = 3.2 \text{ cm}^2 \quad \text{soit} \quad 4 \text{ HA } 12 \quad (4.52 \text{ cm}^2)$$

- Armatures transversales

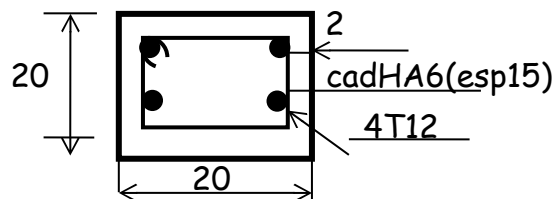
$$\phi_t = \phi_{lmax} / 3 = 12/3 = 4 \text{ mm on prend } \phi_t = 6 \text{ mm}$$

$$t < \min \{ 0.4 ; a+0.1 ; 15 \phi_{lmin} \}$$

$$t < \min \{ 40 \text{ cm} ; 30 ; 18 \} \rightarrow t < 18 \text{ cm}$$

$$\text{on prend } t = 15 \text{ cm}$$

3)



4) Calcul des dimensions de la semelle

$$A = \sqrt{\frac{N_{ser} \cdot a}{\sigma_{sol} \cdot b}} \Rightarrow A = \sqrt{\frac{0.166 \times 0.2}{0.25 \times 0.2}} = 0.91 \text{ m}$$

$$\Rightarrow A = 0.91 \text{ m on prend}$$

$$A = 95 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow A = B = 0.95 \text{ m (Semelle carrée)}$$

$$d > \frac{95 - 20}{4}$$

$$d > 18.75 \text{ cm}$$

on prend $d = 20 \text{ cm}$ et $h = 25 \text{ cm}$

$$\sigma_{\text{sol}} = \frac{N_{\text{ser}} + p \cdot \text{semelle}}{\text{surface}}$$

$$p \cdot \text{semelle} = 0.025 \times 0.95 \times 0.95 \times 0.25 = 0.00564 \text{ MN}$$

$$\sigma_{\text{sol}} = \frac{0.166 + 0.00564}{0.95^2} = 0.19 \text{ MPa} < \sigma_{\text{sol}} = 0.2 \text{ MPa}$$

5) Calcul des sections d'acier

* ELU

• Nappe inférieure:

$$A_{//B} = N_u (B-b) / 8d f_{su} = 0.23(0.95 - 0.2) / 8 \times 0.20 \times 347.8 = 3.1 \text{ cm}^2$$

• Nappe supérieure:

$$A_{//A} = A_{//B} = 3.1 \text{ cm}^2 \text{ (Semelle carrée)}$$

* ELS

$$\sigma_{\text{st}} = \inf(2/3 f_e ; 110 \sqrt{\eta \cdot f_{t28}}) = \inf(266.67; 192.8) = 192.8 \text{ MPa}$$

• Nappe inférieure:

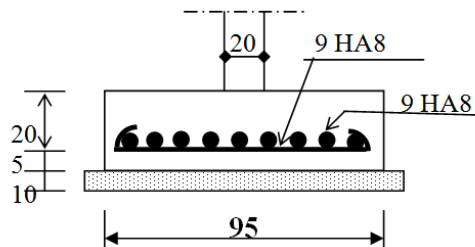
$$A_{//B} = N_{\text{ser}} (B-b) / 8d \sigma_{\text{st}} = 0.166(0.95 - 0.2) / 8 \times 0.2 \times 192.8 = 4.036 \text{ cm}^2$$

Soit 9HA8 ou 6HA10

• Nappe supérieure:

$$A_{//A} = A_{//B} = 4.036 \text{ cm}^2 \text{ (Semelle carrée)}$$

6)



Problème 4 :

Soit donné le **plan de coffrage** du niveau +4,80 du projet de la terrasse non accessible au public d'un bâtiment administratif.

Poids des éléments constitutifs :

- **du plancher** sont comme suit :

revêtement : 1 kN/m^2 ;

béton de granulats légers pour isolation avec épaisseur moyenne de 12 cm : 8 kN/m^3 ;

plancher dalle pleine en béton armé de 16 cm d'épaisseur (2500 daN/m^3)

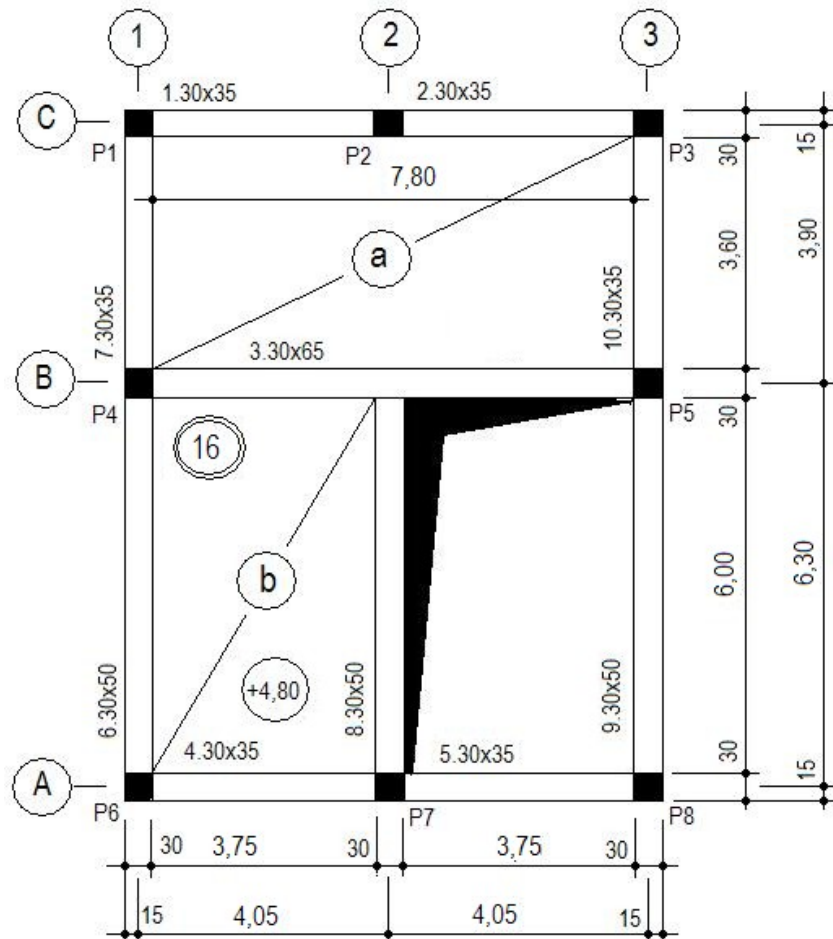
plafond suspendu et au-dessous des poutres : $0,700 \text{ kN/m}^2$;

- **des poutres et poteaux** en béton armé :

Charge d'exploitation pour terrasse non accessible au public : 4500 N/m^2 .

$f_e = 400 \text{ MPa}$; $f_{c28} = 28 \text{ MPa}$; enrobage 2 cm ; Hauteur des poteaux 4,80 m.

La majorité des charges seront appliquées après 90 jours.



Travail demandé :

1. **Exécuter la descente** des charges sur le poteau P4 et faire la combinaison à l'ELU.
2. Faire le dimensionnement du poteau P4 si $N_u = 0,300 \text{ MN}$.

Solution4 :

Charges sollicitant P4

1- Descente des charges :

1. Charges permanentes :

dalle pleine	0,16 x25	= 4,00 kN/m ²
béton de pente	0,12x8	= 0,96 kN/m ²
plafond		= 0,70 kN/m ²
revêtement		= 1,00 kN/m ²
		6,66 kN/m²

Poutre 3:

p.p.	0,30x0,65x25	= 4,875 kN/m
plafond suspendu :	0,30x0,70	= 0,21 kN/m
béton léger :	0,30x0,12x8	= 0,288 kN/m
revêtement :	0,30x1	= 0,30 kN/m
		5,673 kN/m

Poutre 7:

p.p.	0,30x0,35x25	= 2,625 kN/m
plafond suspendu :	0,30x0,70	= 0,21 kN/m
béton léger :	0,30x0,12x8	= 0,288 kN/m
revêtement :	0,30x1	= 0,30 kN/m
		3,423 kN/m

Poutre 6:

p.p.	0,30x0,50x25	= 3,75 kN/m
plafond suspendu :	0,30x0,70	= 0,21 kN/m
béton léger :	0,30x0,12x8	= 0,288 kN/m
revêtement :	0,30x1	= 0,30 kN/m
		4,548 kN/m

Poutre 8:

p.p.	0,30x0,50x25	= 3,75 kN/m
plafond suspendu :	0,30x0,70	= 0,21 kN/m
béton léger :	0,30x0,12x8	= 0,288 kN/m
revêtement :	0,30x1	= 0,30 kN/m
		4,548 kN/m

Charges permanentes sur P4 :

De poutre 7 : $3,423 \times 3,60/2 = 6,161 \text{ kN}$

$$\begin{aligned}
\text{poutre 6 :} & \quad 4,548 \times 3,00 = 13,644 \text{ kN} \\
\text{poutre 6 :} & \quad 4,548 \times 6/4 = 6,822 \text{ kN} \\
\text{de a :} & \quad 6,66 \times 3,6 \times 7,8/4 = 46,753 \text{ kN} \\
\text{de b sur poutre 6 :} & \quad 6,66 \times 3,75 \times 6,0/4 = 37,462 \text{ kN} \\
\text{de b sur poutre 8 :} & \quad 6,66 \times 3,75 \times 6,0/8 = \underline{18,731 \text{ kN}} \\
& \quad \mathbf{129,574 \text{ kN}}
\end{aligned}$$

Charges d'exploitation :

$$\begin{aligned}
\text{Poutre 3 + a :} & \quad 4,5 \times (1,8 + 0,30) \times 7,80/2 = 36,855 \text{ kN} \\
\text{Poutre 7 :} & \quad 4,5 \times 0,30 \times 3,60/2 = 2,43 \text{ kN} \\
\text{Poutre 6 + b :} & \quad 4,5 \times (3,75/2 + 0,30) \times 6,00/2 = 29,362 \text{ kN} \\
\text{Poutre 8 + b :} & \quad 4,5 \times (3,75/2 + 0,30) \times 6,00/4 = \underline{14,681 \text{ kN}} \\
& \quad \mathbf{83,329 \text{ kN}}
\end{aligned}$$

Combinaison :

$$N_u = 129,574 \times 1,35 + 83,329 \times 1,5 = 299,920 \text{ kN}$$

$N_u = 0.300 \text{ MN}$

2- Ferrailage du poteau

1. Armatures longitudinales

$$N_u = 0,300 \text{ MN}$$

$$L_f = 0.7 \times 4,80 = 3,36 \text{ m}$$

$$\lambda = 2 \sqrt{3} \times l_f / a = 2 \sqrt{3} \times 3,36 / 0,30 = 38,8 < 50$$

$$a = \frac{0.85}{1 + 0.2 \left(\frac{\lambda}{35} \right)^2} = \mathbf{0.681}$$

$$B_r = (0.28)^2 = \mathbf{0.0784 \text{ m}^2}$$

$$A_{th} \geq \left[\frac{0,300}{0,681} - \frac{0.0784 \times 28}{0,9 \times 1,5} \right] \frac{1.15}{400} = \mathbf{-0,0034 \text{ m}^2}$$

$$A_{min} = \max(4u, 0.2B/100)$$

$$4u = 4 \times 4 \times (0.30) = 4,8 \text{ cm}^2$$

$$0.2B/100 = 0.2(30)^2/100 = 1,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{min} = 4,8 \text{ cm}^2 \text{ d'ou } A_{sc} = 4,8 \text{ cm}^2 \text{ soit } 4 \text{ HA } 14 \text{ (} 6,16 \text{ cm}^2 \text{)}$$

2. Armatures transversales

$$\varnothing_t = \varnothing_{lmax} / 3 = 14/3 = 4,7 \text{ mm on prend } \varnothing_t = 6 \text{ mm}$$

$$t = \min \{ 0.4 ; a + 0.1 ; 15 \varnothing_{lmin} \}$$

$$t = \min \{ 40 \text{ cm} ; 40 ; 21 \} \text{ on prend } t = 15 \text{ (20) cm}$$