



INTRODUCTION

La conception d'un bâtiment ne résulte bien évidemment pas de la mise en équation et de leur résolution. Elle est le fruit d'une compréhension du comportement structurel des ouvrages. Cela revient à dimensionner la structure de façon à respecter les critères de résistance et de déformation.

Le projet étudié est un projet de construction d'un bâtiment ; type villa RDC ; C'est un projet de construction d'une villa pour officiers situé à Errachidia.

Le rez de chaussée est composé d'un salon, un hall, une cuisine, un séjour, deux salle de bain et trois chambres.

Caractéristique du bâtiment

I. Hypothèse de calculs :

1. Béton armé :

- Béton :
 - $f_c 28$: 25 MPa
- Acier HA :
 - Fissuration : Préjudiciable
 - Fondations : Préjudiciable
 - Poids du béton armé : 25 kN/m³
 - f_e : 400 MPa

2. Charges d'exploitation :

- Terrasse non accessible : 100 daN/m²

3. Les combinaisons d'actions :

Pour le calcul des planchers, poteaux et poutres :

- A l'ELU : 1,35 G + 1,5 Q
- A l'ELS : G + Q

4. Parti Constructif :

- Fondations :
 - Fondations superficielles.
- Infrastructure :
 - Béton armé,
 - Plancher bas de l'étage dalle à corps creux.

Conception

I. Prédimensionnement

1. Justification du choix du plancher :

Les planchers se composent de trois parties distinctes

la partie portante

le revêtement

le plafond

La partie portante doit résister aux charges transmises par le poids propre et aux surcharges prévues par les règlements en vigueur. Le poids propre comprend, outre le poids de l'élément porteur lui-même, le poids du revêtement et celui du plafond. Les surcharges à admettre, dans le calcul des planchers, sont fixées par NF P 06-001 et NF P 06-004 du règlement BAEL 91 Révisé 99.

Dans le cas sismique, le plancher travaille en diaphragme : un ouvrage plan rigide, assurant trois fonctions principales :

- Transmission des charges sismiques horizontales.
- Raidir le bâtiment.
- Coupler les éléments verticaux.

Pour remplir ces rôles, notre plancher doit satisfaire quelques exigences :

Ne pas être trop long et étroit pour éviter son flexibilité dans le plan horizontale.

Dans le cas où la rigidité du diaphragme est moins importante que celle des éléments de contreventement verticale (voile), se limiter à des portées modérée afin de limiter la flexibilité du plancher.

S'assurer de certaines dispositions constructives, à savoir :

es éléments constructifs du plancher doivent impérativement être solidarisés entre eux pour assurer la continuité mécanique

2. Les poutres :

Ce sont des éléments en béton armé coulés sur place dont le rôle est l'acheminement des charges et surcharges des planchers aux éléments verticaux (poteaux et voiles).

La hauteur h de la poutre dépend du chargement de la poutre en question :

Poutre chargée des deux cotés : $h \geq L/10$

Poutre chargée d'un seul coté : $h \geq L/12$

Poutre non chargée : $h \geq L/16$

L : portée de la poutre

On peut également augmenter la largeur si on en aura besoin.

3. les poteaux

Le calcul de la section du béton sera faite en compression centré, les règles CBA 93 préconisent de prendre une section réduite en laissant 1cm de chaque coté en tenant compte de la ségrégation du béton. D'après l'article B.8.4.1 du CBA 93 : l'effort normal ultime N_u agissant sur un poteau doit être au plus égal à la valeur suivante :

$$N_u \leq \alpha ((B_r \oplus f_{c28}/0.9 \gamma_b) + (A \oplus f_e/\gamma_s)).$$

4. Justification du plan de coffrage :

Dans cette partie, nous allons justifier pourquoi nous avons fait tel ou tel choix dans notre conception structurale.

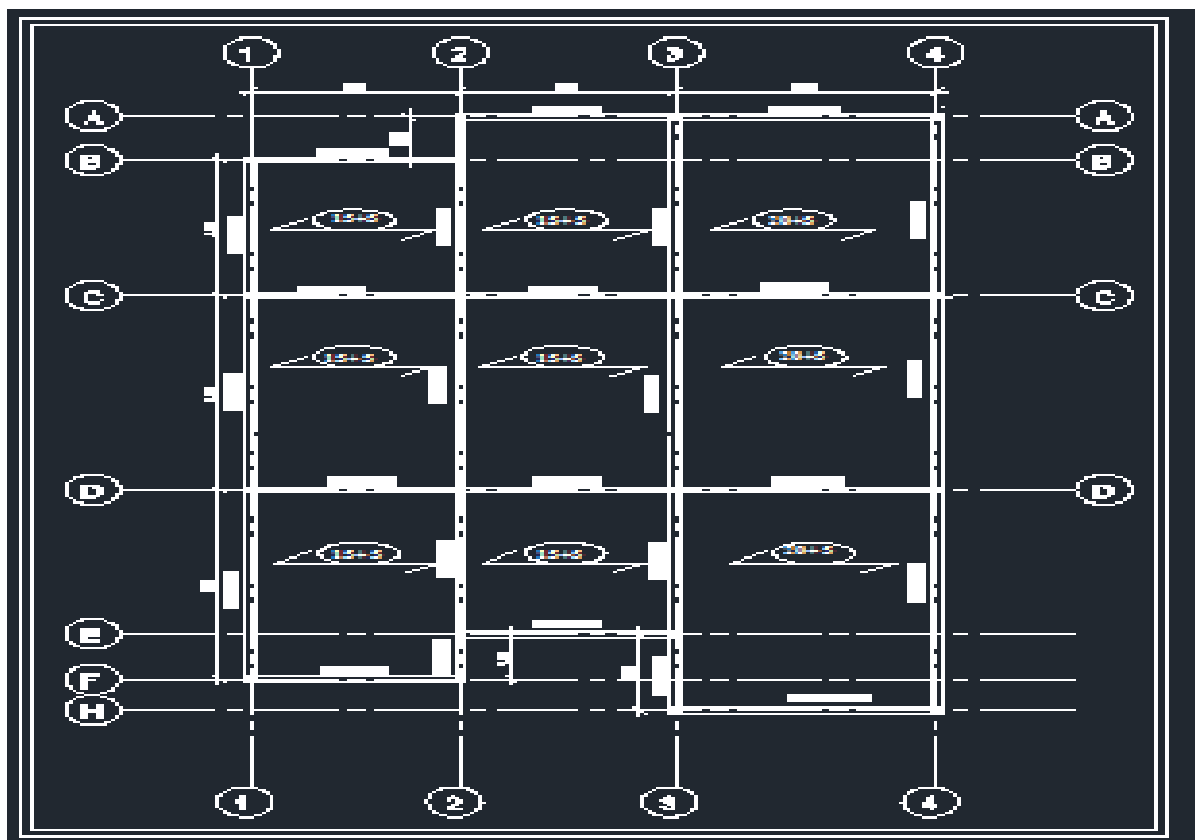
La structure porteuse est identique pour tous les niveaux, un pré dimensionnement des éléments donne les résultats suivant :

Voiles d'épaisseur $e=20\text{cm}$; On a pris 20cm pour éviter une grande variation de rigidité verticale entre les fondations et les niveaux supérieurs).

Poteaux de dimensions variables.

Poutres de largeur $b=20\text{cm}$ et de hauteur de 40cm à 55cm variable suivant la portée (L/10 BAEL 91).

Plancher à corps creux $20+5$ ou $15+5$ selon les conditions.



Calculs et Dimensionnement

I. Calculs et dimensionnement :

La conception, précédant le dimensionnement, a pour but de déterminer les dimensions et l'armature de l'ossature du bâtiment, de façon à répondre économiquement aux exigences de l'architecte et du Maître d'ouvrage tout en garantissant la capacité portante de l'ossature et son fonctionnement à long terme.

Il s'agit de placer nos poutres et poteaux qui transmettent les charges des planchers jusqu'aux fondations. Les résultats définitifs d'une étude de conception prennent la forme de plans et de devis dûment scellés et signés par l'ingénieur et émis aux fins de la construction.

La conception est un procédé plus complexe que la vérification, car le concepteur doit choisir la forme, les dimensions et l'armature parmi un éventail de possibilités de façon à réduire au minimum le coût de la réalisation tout en respectant les critères suivants:

- le respect des plans architecturaux,
- le respect des normes,
- La faisabilité technique.

La conception d'un système ou d'une ossature entière constitue donc le travail d'une équipe pluridisciplinaire maîtrisant à la fois les aspects théoriques de calcul et les contraintes pratiques d'exécution.

1. Descente de charge :

- [Plancher Terrasse accessible :](#)

❖ Charges permanentes :

PLANCHER 15+5 : 280daN/m²

PLANCHER 20+5 : 320daN/m²

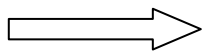
Enduit sous plafond (1.5cm) : 30daN/m²

Forme de pente : 185daN/m²

Etanchéité : 15daN/m²

Couche de sable : 51daN/m²

Dalle de protection : 88daN/m²



$$CP(15+5) = 649 \text{ daN/m}^2$$

$$CP(20+5) = 689 \text{ daN/m}^2$$

❖ Charge d'exploitations :

$$Q = 100 \text{ daN/m}^2$$

2. Calcul des poteaux :

- Poteau 1 :

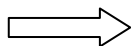
❖ Surface d'impact :

$$S = \left(\frac{4.6}{2} + 0.1\right) * \left(\frac{3.9}{2} + 0.1\right) = 4.92 \text{ m}^2$$

Plancher terrasse :

On a le cas extrême de la pente qui est de 17m:

$$\frac{17 * 1.5}{100} = 0.255 \text{ m}$$



$$e = \frac{0.32 + 0.04}{2} = 18 \text{ cm}$$

CP = 649 + 100 (poids poteau poutre)

$$CP = 749 \text{ daN/m}^2$$

$$CE = 100 \text{ daN/m}^2$$

$$G = 749 \times 4.92 = 3685.08 \text{ daN}$$

$$Q = 100 \times 4.92 = 492 \text{ daN}$$

Niveau	ELU		ELS	
	Charge	Charge cumulée	Charge	Charge cumulée
RDC	5712.86	5712.86	4177.08	4177.08
Fondation	1000	6712.86	1000	5177.08


Tableau 1 : Récapitulatif des charges du P1

a) Dimensionnement de la semelle :

$$S = \frac{N}{\sigma_{sol}} = \frac{5177.08}{20000} = 0.25 \text{ m}^2$$

On prend une semelle isolée

$$\sqrt{S} = 0.5 \quad \longrightarrow \quad A = B = 1\text{m}$$

 **Semelle (1*1)**

$$d_a, d_b \geq \frac{A-a}{4} = \frac{1-0.2}{4} = 0.2$$

$$h \geq 0.2 + 0.03 = 0.23 \text{ cm} \quad (\text{enrobage}=3\text{cm})$$

$$\longrightarrow \quad h = 25 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{Pu(A-a)}{8 \cdot d_a \cdot \sigma_a} = \frac{5177.08(1-0.2)}{8 \cdot 0.2 \cdot 20163} \times 10^{-5} \times 10^4 \quad / \quad \sigma_a = \min \left(\frac{2}{3} f_e ; 110 \sqrt{1.6 \cdot 2.1} \right) = 201.63 \text{ Mpa}$$

$$A_s = 1.16 \text{ cm}^2 \quad (4T8)$$

b) Dimensionnement du poteau:

On prédimensionne les poteaux à 100 bars

Descente de charge sur Poteau à l'ELU: **6712.86 daN**

$$S = \frac{6712.86}{100} = 67.13 \text{ cm}^2 \quad \sqrt{67.13} = 8.19 \text{ cm}$$

On retient un Poteau de **(20*20)** ce qui est le minimum selon le **BAEL 91 modifié 99**.

c) Les armatures:

$$B = 400 \text{ cm}^2$$

$$A_u = \max \left[\frac{\beta N u - B r * \left(\frac{f_{bc}}{0.9} \right)}{0.85 * \frac{f_e}{1.15}} ; A_{\min} \right]$$

$$\begin{aligned} A_{\min} &= \max \left(4u ; \frac{0.2 B}{100} \right) \\ &= \max \left(4 * (0.2 * 4) ; \frac{0.2 * 400}{100} \right) \\ &= \max (3.2 ; 0.8) \end{aligned}$$

$$A_{\min} = 3.2 \text{ cm}^2$$

$$I = \sqrt{\frac{I_{\min}}{B}} = \sqrt{\frac{b a * a * a}{12 * a * b}} = \sqrt{\frac{0.2 * 0.2 * 0.2 * 0.2}{12 * 0.2 * 0.2}} = 0.057 \text{ m}$$


$$L_f = 0.7 L_0 = 0.7 * 3 = 2.1 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{L_f}{i} = \frac{2.1}{0.057} = 36.84 \leq 50$$

$$B = (1 + 0.2) * \left(\frac{\lambda}{35} \right)^2 = 1.22$$

$$\begin{aligned} B_r &= (20 - 2) * (20 - 2) \\ &= 324 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_u' = \left(\frac{(1.22 * 67.13 * 10^{-3}) - (0.0324 * \frac{14.17}{0.9})}{0.85 * \frac{400}{1.15}} \right) \times 10^4 = -14.48 \text{ cm}^2$$

 $A_u = 3.2 \text{ cm}^2$ (4T12)

- Poteau 2 :

❖ Surface d'impact :

$$S = \left(\frac{4.6}{2} + \frac{1.5}{2} \right) * \left(\frac{4}{2} + 0.1 \right) + * \left(\frac{4.6}{2} + 0.1 \right) \left(\frac{3.9}{2} + 0.1 \right) = 11.325 \text{ m}^2$$

Plancher terrasse :

On a le cas extrême de la pente qui est de 17m:

$$\frac{17 * 1.5}{100} = 0.255 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad e = \frac{0.32 + 0.04}{2} = 18 \text{ cm}$$

CP = 649+100 (poids poteau poutre)

CP = 749 daN/m²

CE = 100 daN/m²

G = 749*11.325 = 8482.425 daN

Q = 100*11.325 = 1132.5 daN

Niveau	ELU		ELS	
	Charge	Charge cumulée	Charge	Charge cumulée
RDC	13150	13150	9414.9	9414.9
Fondation	1000	14150	1000	10414.9

Tableau 2 : Récapitulatif des charges du P2

a) Dimensionnement de la semelle :

$$S = \frac{N}{\sigma_{sol}} = \frac{10414.9}{20000} = 0.53 \text{ m}^2$$

On prend une semelle isolée

$$\sqrt{S} = 0.73 \quad \longrightarrow \quad A = B = 1\text{m}$$

 **Semelle (1*1)**

$$d_a, d_b \geq \frac{A-a}{4} = \frac{1-0.2}{4} = 0.2$$

$$h \geq 0.2 + 0.03 = 0.23 \text{ cm} \quad (\text{enrobage}=3\text{cm})$$

$$\longrightarrow \quad h = 25 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{Pu(A-a)}{8 \cdot da \cdot \sigma_a} = \frac{10414.9(1-0.2)}{8 \cdot 0.2 \cdot 20163} \times 10^{-5} \times 10^4 \quad / \quad \sigma_a = \min \left(\frac{2}{3} f_e ; 110 \sqrt{1.6} * 2.1 \right) = 201.63 \text{ Mpa}$$

$$A_s = 2.4 \text{ cm}^2 \quad (4T10)$$

b) Dimensionnement du poteau:

On prédimensionne les poteaux à 100 bars

Descente de charge sur Poteau à l'ELU: **14150 daN**

$$S = \frac{14150}{100} = 141.5 \text{ cm}^2 \quad \sqrt{141.5} = 11.9 \text{ cm}$$

On retient un Poteau de **(20*20)** ce qui est le minimum selon le **BAEL 91 modifié 99**.

c) Les armatures:

$$B = 400 \text{ cm}^2$$

$$A_u = \max \left[\frac{\beta Nu - Br * \left(\frac{f_{bc}}{0.9} \right)}{0.85 * \frac{f_e}{1.15}} ; A_{\min} \right]$$

$$\begin{aligned}A_{\min} &= \max \left(4u ; \frac{0.2 B}{100} \right) \\&= \max \left(4 * (0.2*4) ; \frac{0.2*400}{100} \right) \\&= \max (3.2 ; 0.8)\end{aligned}$$

$$A_{\min} = 3.2 \text{ cm}^2$$

$$l = \sqrt{\frac{I_{\min}}{B}} = \sqrt{\frac{ba*a*a}{12*a*b}} = \sqrt{\frac{0.2*0.2*0.2*0.2}{12*0.2*0.2}} = 0.057 \text{ m}$$


$$L_f = 0.7 L_0 = 0.7*3 = 2.1 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{L_f}{i} = \frac{2.1}{0.057} = 36.84 \leq 50$$

$$B = (1+0.2) * \left(\frac{\lambda}{35} \right)^2 = 1.22$$

$$\begin{aligned}B_r &= (20-2)*(20-2) \\&= 324 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$A_u' = \left(\frac{(1.22*141.5*10^{-3}) - (0.0324*\frac{14.17}{0.9})}{0.85*\frac{400}{1.15}} \right) \times 10^4 = -11.41 \text{ cm}^2$$

 $A_u = 3.2 \text{ cm}^2$ (4T12)

- Poteau 3 :

❖ Surface d'impact :

$$S = \left(\frac{4}{2} + 0.1 \right) * \left(\frac{1.5}{2} + 0.1 \right) = 1.785 \text{ m}^2$$

Plancher terrasse :

On a le cas extrême de la pente qui est de 17m:

$$\frac{17*1.5}{100} = 0.255 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad e = \frac{0.32+0.04}{2} = 18 \text{ cm}$$

Mini Projet Bâtiment

$$CP = 649 + 100 \text{ (poids poteau poutre)}$$

$$CP = 749 \text{ daN/m}^2$$

$$CE = 100 \text{ daN/m}^2$$

$$G = 749 * 1.785 = 1337 \text{ daN}$$

$$Q = 100 * 1.785 = 178.5 \text{ daN}$$

	ELU		ELS	
Niveau	Charge	Charge cumulée	Charge	Charge cumulée
RDC	2072.7	2072.7	1515.5	1515.5
Fondation	1000	3072.7	1000	2515.5

Tableau 3 : Récapitulatif des charges du P3

a) Dimensionnement de la semelle :

$$S = \frac{N}{\sigma_{sol}} = \frac{2515.5}{20000} = 0.125 \text{ m}^2$$

On prend une semelle isolée

$$\sqrt{S} = 0.35 \quad \longrightarrow \quad A = B = 1 \text{ m}$$



Semelle (1*1)

$$d_a, d_b \geq \frac{A-a}{4} = \frac{1-0.2}{4} = 0.2$$

$$h \geq 0.2 + 0.03 = 0.23 \text{ cm} \quad (\text{enrobage}=3\text{cm})$$

$$\longrightarrow \quad h = 25 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{Pu(A-a)}{8 * d_a * \sigma_a} = \frac{2515.5(1-0.2)}{8 * 0.2 * 20163} \times 10^{-5} \times 10^4 \quad / \quad \sigma_a = \min \left(\frac{2}{3} f_e ; 110 \sqrt{1.6 * 2.1} \right) = 201.63 \text{ Mpa}$$

$$A_s = 0.57 \text{ cm}^2 \quad (4T8)$$

b) Dimensionnement du poteau:

On prédimensionne les poteaux à 100 bars

Descente de charge sur Poteau à l'ELU: **3072.7 daN**

$$S = \frac{3072.7}{100} = 30.727 \text{ cm}^2 \quad \sqrt{30.727} = 5.5 \text{ cm}$$

On retient un Poteau de **(20*20)** ce qui est le minimum selon le **BAEL 91 modifié 99**.

c) Les armatures:

$$B = 400 \text{ cm}^2$$

$$A_u = \max \left[\frac{\beta Nu - Br * \left(\frac{fbc}{0.9} \right)}{0.85 * \frac{fe}{1.15}} ; A_{\min} \right]$$

$$A_{\min} = \max \left(4u ; \frac{0.2 B}{100} \right)$$

$$= \max \left(4 * (0.2 * 4) ; \frac{0.2 * 400}{100} \right)$$

$$= \max (3.2 ; 0.8)$$

$$A_{\min} = 3.2 \text{ cm}^2$$

$$l = \sqrt{\frac{l_{\min}}{B}} = \sqrt{\frac{ba * a * a}{12 * a * b}} = \sqrt{\frac{0.2 * 0.2 * 0.2 * 0.2}{12 * 0.2 * 0.2}} = 0.057 \text{ m}$$

$$L_f = 0.7 L_0 = 0.7 * 3 = 2.1 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{L_f}{i} = \frac{2.1}{0.057} = 36.84 \leq 50$$

$$B = (1 + 0.2) * \left(\frac{\lambda}{35} \right)^2 = 1.22$$

$$B_r = (20 - 2) * (20 - 2)$$

$$= 324 \text{ cm}^2$$

$$A_u' = \left(\frac{(1.22 * 30.727 * 10^{-3}) - (0.0324 * \frac{14.17}{0.9})}{0.85 * \frac{400}{1.15}} \right) \times 10^4 = -15.95 \text{ cm}^2$$



$$A_u = 3.2 \text{ cm}^2 \text{ (4T12)}$$

- Poteau 4 :

❖ Surface d'impact :

$$\text{Plancher (15+5)} : S = \left(\frac{4}{2} + 0.1\right) * \left(\frac{6.1}{2} + 0.1\right) = 6.615 \text{ m}^2$$

$$\text{Plancher (20+5)} : S = \left(\frac{4.85}{2} + 0.1\right) * \left(\frac{6.1}{2} + 0.1\right) = 7.95 \text{ m}^2$$

Plancher terrasse :

On a le cas extrême de la pente qui est de 17m:

$$\frac{17*1.5}{100} = 0.255 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad e = \frac{0.32+0.04}{2} = 18 \text{ cm}$$

Plancher (15+5) : CP = 649+100 (poids poteau poutre)

$$\text{CP} = 749 \text{ daN/m}^2$$

$$\text{CE} = 100 \text{ daN/m}^2$$

$$G = 749*6.615 = 4954.63 \text{ daN}$$

$$Q = 100*6.615 = 661.5 \text{ daN}$$

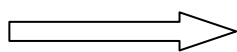
Plancher (20+5) : CP = 689+100 (poids poteau poutre)

$$\text{CP} = 789 \text{ daN/m}^2$$

$$\text{CE} = 100 \text{ daN/m}^2$$

$$G = 789*7.95 = 6272.55 \text{ daN}$$

$$Q = 100*7.95 = 759 \text{ daN}$$



$$G = 6272.55 + 4954.63 = 11227 \text{ daN}$$

$$Q = 759 + 661.5 = 1420.5 \text{ daN}$$

Niveau	ELU		ELS	
	Charge	Charge cumulée	Charge	Charge cumulée
RDC	16214.15	16214.15	11852.6	11852.6
Fondation	1000	17214.15	1000	12852.6

Tableau 4 : Récapitulatif des charges du P4

a) Dimensionnement de la semelle :

$$S = \frac{N}{\sigma_{sol}} = \frac{12852.6}{20000} = 0.64 \text{ m}^2$$

On prend une semelle isolée

$$\sqrt{S} = 0.8 \quad \Rightarrow \quad A = B = 1\text{m}$$



Semelle (1*1)

$$d_a, d_b \geq \frac{A-a}{4} = \frac{1-0.2}{4} = 0.2$$

$$h \geq 0.2 + 0.03 = 0.23 \text{ cm} \quad (\text{enrobage}=3\text{cm})$$

$$\Rightarrow \quad h = 25 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{Pu(A-a)}{8 \cdot da \cdot \sigma_a} = \frac{12852.6(1-0.2)}{8 \cdot 0.2 \cdot 20163} \times 10^{-5} \times 10^4 \quad / \quad \sigma_a = \min \left(\frac{2}{3} f_e ; 110 \sqrt{1.6} * 2.1 \right) = 201.63 \text{ Mpa}$$

$$A_s = 2.9 \text{ cm}^2 \quad (4T10)$$

b) Dimensionnement du poteau:

On prédimensionne les poteaux à 100 bars

Descente de charge sur Poteau à l'ELU: **17214.15 daN**

$$S = \frac{17214.15}{100} = 172.14 \text{ cm}^2 \quad \sqrt{172.14} = 13.12 \text{ cm}$$

On retient un poteau de **(20*20)** ce qui est le minimum selon le **BAEL 91 modifié 99**.

c) Les armatures:

$$B = 400 \text{ cm}^2$$

$$A_u = \max \left[\frac{\beta N_u - Br * \left(\frac{f_{bc}}{0.9} \right)}{0.85 * \frac{f_e}{1.15}} ; A_{\min} \right]$$

$$\begin{aligned} A_{\min} &= \max \left(4u ; \frac{0.2 B}{100} \right) \\ &= \max \left(4 * (0.2 * 4) ; \frac{0.2 * 400}{100} \right) \\ &= \max (3.2 ; 0.8) \end{aligned}$$

$$A_{\min} = 3.2 \text{ cm}^2$$

$$l = \sqrt{\frac{l_{\min}}{B}} = \sqrt{\frac{ba * a * a}{12 * a * b}} = \sqrt{\frac{0.2 * 0.2 * 0.2 * 0.2}{12 * 0.2 * 0.2}} = 0.057 \text{ m}$$

$$L_f = 0.7 L_0 = 0.7 * 3 = 2.1 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{L_f}{i} = \frac{2.1}{0.057} = 36.84 \leq 50$$

$$B = (1 + 0.2) * \left(\frac{\lambda}{35} \right)^2 = 1.22$$

$$\begin{aligned} B_r &= (20 - 2) * (20 - 2) \\ &= 324 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_u' = \left(\frac{(1.22 * 172.14 * 10^{-3}) - (0.0324 * \frac{14.17}{0.9})}{0.85 * \frac{400}{1.15}} \right) \times 10^4 = -10.15 \text{ cm}^2$$



$$A_u = 3.2 \text{ cm}^2 \text{ (4T12)}$$

- Poteau 5 :

❖ Surface d'impact :

$$S = \left(\frac{4.85}{2} + 0.1\right) * \left(\frac{6.1}{2} + 0.1\right) = 7.95 \text{ m}^2$$

Plancher terrasse :

On a le cas extrême de la pente qui est de 17m:

$$\frac{17 * 1.5}{100} = 0.255 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad e = \frac{0.32 + 0.04}{2} = 18 \text{ cm}$$

CP = 649+100 (poids poteau poutre)

CP = 749 daN/m²

CE = 100 daN/m²

G = 749*7.95 = 6272.55 daN

Q = 100*7.95 = 759 daN

	ELU		ELS	
Niveau	Charge	Charge cumulée	Charge	Charge cumulée
RDC	8533.2	8533.2	6236.55	6236.55
Fondation	1000	9533.2	1000	7236.55

Tableau 5: Récapitulatif des charges du P5

a) Dimensionnement de la semelle :

$$S = \frac{N}{\sigma_{sol}} = \frac{7236.55}{20000} = 0.36 \text{ m}^2$$

On prend une semelle isolée

$$\sqrt{S} = 0.6 \quad \longrightarrow \quad A = B = 1\text{m}$$

 **Semelle (1*1)**

$$d_a, d_b \geq \frac{A-a}{4} = \frac{1-0.2}{4} = 0.2$$

$$h \geq 0.2 + 0.03 = 0.23 \text{ cm} \quad (\text{enrobage}=3\text{cm})$$

$$\longrightarrow \quad h = 25 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{Pu(A-a)}{8 \cdot da \cdot \sigma_a} = \frac{7236.55(1-0.2)}{8 \cdot 0.2 \cdot 20163} \times 10^{-5} \times 10^4 \quad / \quad \sigma_a = \min \left(\frac{2}{3} f_e ; 110 \sqrt{1.6 * 2.1} \right) = 201.63 \text{ Mpa}$$

$$A_s = 1.63 \text{ cm}^2 \quad (4T8)$$

b) Dimensionnement du poteau:

On prédimensionne les poteaux à 100 bars

Descente de charge sur Poteau à l'ELU: **9533.2 daN**

$$S = \frac{9533.2}{100} = 95.33 \text{ cm}^2 \quad \sqrt{95.33} = 9.8 \text{ cm}$$

On retient un Poteau de **(20*20)** ce qui est le minimum selon le **BAEL 91 modifié 99**.

c) Les armatures:

$$B = 400 \text{ cm}^2$$

$$A_u = \max \left[\frac{\beta Nu - Br * \left(\frac{f_{bc}}{0.9} \right)}{0.85 * \frac{f_e}{1.15}} ; A_{\min} \right]$$

$$A_{\min} = \max \left(4u ; \frac{0.2 B}{100} \right)$$

$$= \max \left(4 * (0.2 * 4) ; \frac{0.2 * 400}{100} \right)$$

$$= \max (3.2 ; 0.8)$$

$$A_{\min} = 3.2 \text{ cm}^2$$

$$l = \sqrt{\frac{I_{\min}}{B}} = \sqrt{\frac{ba^3a^3}{12ab}} = \sqrt{\frac{0.2 \cdot 0.2 \cdot 0.2 \cdot 0.2}{12 \cdot 0.2 \cdot 0.2}} = 0.057 \text{ m}$$

$$L_f = 0.7 L_0 = 0.7 \cdot 3 = 2.1 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{L_f}{i} = \frac{2.1}{0.057} = 36.84 \leq 50$$

$$B = (1+0.2) \cdot \left(\frac{\lambda}{35}\right)^2 = 1.22$$

$$B_r = (20-2) \cdot (20-2)$$

$$= 324 \text{ cm}^2$$

$$A_u' = \left(\frac{(1.22 \cdot 95.33 \cdot 10^{-3}) - (0.0324 \cdot \frac{14.17}{0.9})}{0.85 \cdot \frac{400}{1.15}} \right) \times 10^4 = -13.32 \text{ cm}^2$$



$$A_u = 3.2 \text{ cm}^2 \text{ (4T12)}$$

- Poteau 6 :

❖ Surface d'impact :

$$S = \left(\frac{4.6}{2} + \frac{6.6}{2}\right) \cdot \left(\frac{3.9}{2} + 0.1\right) = 11.48 \text{ m}^2$$

Plancher terrasse :

On a le cas extrême de la pente qui est de 17m:

$$\frac{17 \cdot 1.5}{100} = 0.255 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad e = \frac{0.32 + 0.04}{2} = 18 \text{ cm}$$

$$CP = 649 + 100 \text{ (poids poteau poutre)}$$

$$CP = 749 \text{ daN/m}^2$$

$$CE = 100 \text{ daN/m}^2$$

$$G = 749 * 11.48 = 6272.55 \text{ daN}$$

$$Q = 100 * 11.48 = 759 \text{ daN}$$

Niveau	ELU		ELS	
	Charge	Charge cumulée	Charge	Charge cumulée
RDC	13323	13323	9746.5	9746.5
Fondation	1000	14323	1000	10746.5

Tableau 6: Récapitulatif des charges du P6

a) Dimensionnement de la semelle :

$$S = \frac{N}{\sigma_{sol}} = \frac{10746.5}{20000} = 0.537 \text{ m}^2$$

On prend une semelle isolée

$$\sqrt{S} = 0.73 \quad \longrightarrow \quad A = B = 1\text{m}$$



Semelle (1*1)

$$d_a, d_b \geq \frac{A-a}{4} = \frac{1-0.2}{4} = 0.2$$

$$h \geq 0.2 + 0.03 = 0.23 \text{ cm} \quad (\text{enrobage}=3\text{cm})$$

$$\longrightarrow \quad h = 25 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{Pu(A-a)}{8 * d_a * \sigma_a} = \frac{10746.5(1-0.2)}{8 * 0.2 * 20163} \times 10^{-5} \times 10^4 \quad / \quad \sigma_a = \min \left(\frac{2}{3} f_e ; 110 \sqrt{1.6 * 2.1} \right) = 201.63 \text{ Mpa}$$

$$A_s = 2.42 \text{ cm}^2 \quad (4T10)$$

b) Dimensionnement du poteau:

On prédimensionne les poteaux à 100 bars

Descente de charge sur Poteau à l'ELU: **14323 daN**

$$S = \frac{14323}{100} = 143.23 \text{ cm}^2 \quad \sqrt{143.23} = 11.97 \text{ cm}$$

On retient un Poteau de **(20*20)** ce qui est le minimum selon le **BAEL 91 modifié 99**.

c) Les armatures:

$$B = 400 \text{ cm}^2$$

$$A_u = \max \left[\frac{\beta Nu - Br * \left(\frac{f_{bc}}{0.9} \right)}{0.85 * \frac{f_e}{1.15}} ; A_{\min} \right]$$

$$A_{\min} = \max \left(4u ; \frac{0.2 B}{100} \right)$$

$$= \max \left(4 * (0.2 * 4) ; \frac{0.2 * 400}{100} \right)$$

$$= \max (3.2 ; 0.8)$$

$$A_{\min} = 3.2 \text{ cm}^2$$

$$l = \sqrt{\frac{I_{\min}}{B}} = \sqrt{\frac{ba * a * a}{12 * a * b}} = \sqrt{\frac{0.2 * 0.2 * 0.2 * 0.2}{12 * 0.2 * 0.2}} = 0.057 \text{ m}$$

$$L_f = 0.7 L_0 = 0.7 * 3 = 2.1 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{L_f}{i} = \frac{2.1}{0.057} = 36.84 \leq 50$$

$$B = (1 + 0.2) * \left(\frac{\lambda}{35} \right)^2 = 1.22$$

$$B_r = (20 - 2) * (20 - 2)$$

$$= 324 \text{ cm}^2$$

$$A_u' = \left(\frac{(1.22 * 143.23 * 10^{-3}) - (0.0324 * \frac{14.17}{0.9})}{0.85 * \frac{400}{1.15}} \right) \times 10^4 = - 11.34 \text{ cm}^2$$



$$A_u = 3.2 \text{ cm}^2 \text{ (4T12)}$$

- Poteau 7 :

❖ Surface d'impact :

$$S = \left(\frac{4.6}{2} + \frac{6.6}{2}\right) * \left(\frac{3.9}{2} + \frac{4}{2}\right) = 22.12 \text{ m}^2$$

Plancher terrasse :

On a le cas extrême de la pente qui est de 17m:

$$\frac{17*1.5}{100} = 0.255 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad e = \frac{0.32+0.04}{2} = 18 \text{ cm}$$

CP = 649+100 (poids poteau poutre)

CP = 749 daN/m²

CE = 100 daN/m²

G = 749*22.12 = 16567.9 daN

Q = 100*22.12 = 2212 daN

	ELU		ELS	
Niveau	Charge	Charge cumulée	Charge	Charge cumulée
RDC	25684.6	25684.6	18779.9	18779.9
Fondation	1000	26684.6	1000	19779.9

Tableau 7: Récapitulatif des charges du P7

a) Dimensionnement de la semelle :

$$S = \frac{N}{\sigma_{sol}} = \frac{19779.9}{20000} = 0.98 \text{ m}^2$$

On prend une semelle isolée

$$\sqrt{S} = 0.99 \quad \longrightarrow \quad A = B = 1\text{m}$$



Semelle (1*1)

$$d_a, d_b \geq \frac{A-a}{4} = \frac{1-0.2}{4} = 0.2$$

$$h \geq 0.2 + 0.03 = 0.23 \text{ cm} \quad (\text{enrobage}=3\text{cm})$$

$$\longrightarrow \quad h = 25 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{Pu(A-a)}{8 \cdot da \cdot \sigma_a} = \frac{19779.9(1-0.2)}{8 \cdot 0.2 \cdot 20163} \times 10^{-5} \times 10^4 \quad / \quad \sigma_a = \min \left(\frac{2}{3} f_e ; 110 \sqrt{1.6 * 2.1} \right) = 201.63 \text{ Mpa}$$

$$A_s = 4.46 \text{ cm}^2 \quad (4T12)$$

b) Dimensionnement du poteau:

On prédimensionne les poteaux à 100 bars

Descente de charge sur Poteau à l'ELU: **26684.6 daN**

$$S = \frac{26684.6}{100} = 266.84 \text{ cm}^2 \quad \sqrt{266.84} = 16.33 \text{ cm}$$

On retient un Poteau de **(20*20)** ce qui est le minimum selon le **BAEL 91 modifié 99**.

c) Les armatures:

$$B = 400 \text{ cm}^2$$

$$A_u = \max \left[\frac{\beta Nu - Br * \left(\frac{f_{bc}}{0.9} \right)}{0.85 * \frac{f_e}{1.15}} ; A_{\min} \right]$$

$$A_{\min} = \max \left(4u ; \frac{0.2 B}{100} \right)$$

$$= \max \left(4 * (0.2 * 4) ; \frac{0.2 * 400}{100} \right)$$

$$= \max (3.2 ; 0.8)$$

$$A_{\min} = 3.2 \text{ cm}^2$$

$$l = \sqrt{\frac{I_{\min}}{B}} = \sqrt{\frac{ba^3a^3}{12ab}} = \sqrt{\frac{0.2 \cdot 0.2 \cdot 0.2 \cdot 0.2}{12 \cdot 0.2 \cdot 0.2}} = 0.057 \text{ m}$$

$$L_f = 0.7 L_0 = 0.7 \cdot 3 = 2.1 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{L_f}{i} = \frac{2.1}{0.057} = 36.84 \leq 50$$

$$B = (1 + 0.2) \cdot \left(\frac{\lambda}{35}\right)^2 = 1.22$$

$$B_r = (20 - 2) \cdot (20 - 2)$$

$$= 324 \text{ cm}^2$$

$$A_u' = \left(\frac{(1.22 \cdot 266.84 \cdot 10^{-3}) - (0.0324 \cdot \frac{14.17}{0.9})}{0.85 \cdot \frac{400}{1.15}} \right) \times 10^4 = -6.24 \text{ cm}^2$$



$$A_u = 3.2 \text{ cm}^2 \text{ (4T12)}$$

- Poteau 8 :

❖ Surface d'impact :

$$\text{Plancher (15+5)} : S = \left(\frac{4}{2} + 0.1\right) \cdot \left(\frac{6.1}{2} + \frac{6.6}{2}\right) = 13.335 \text{ m}^2$$

$$\text{Plancher (20+5)} : S = \left(\frac{4.85}{2} + 0.1\right) \cdot \left(\frac{6.1}{2} + \frac{6.6}{2}\right) = 16.034 \text{ m}^2$$

Plancher terrasse :

On a le cas extrême de la pente qui est de 17m:

$$\frac{17 \cdot 1.5}{100} = 0.255 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad e = \frac{0.32 + 0.04}{2} = 18 \text{ cm}$$

Plancher (15+5) : CP = 649 + 100 (poids poteau poutre)

$$CP = 749 \text{ daN/m}^2$$

$$CE = 100 \text{ daN/m}^2$$

$$G = 749 * 13.335 = 9987.9 \text{ daN}$$

$$Q = 100 * 13.335 = 1333.5 \text{ daN}$$

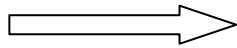
Plancher (20+5) : CP = 689+100 (poids poteau poutre)

$$CP = 789 \text{ daN/m}^2$$

$$CE = 100 \text{ daN/m}^2$$

$$G = 789 * 16.034 = 12650.8 \text{ daN}$$

$$Q = 100 * 16.034 = 1603.4 \text{ daN}$$



$$G = 12650.8 + 9987.9 = \mathbf{22638.7 \text{ daN}}$$

$$Q = 1603.4 + 1333.5 = \mathbf{2936.9 \text{ daN}}$$

Niveau	ELU		ELS	
	Charge	Charge cumulée	Charge	Charge cumulée
RDC	34967.6	34967.6	25575.6	25575.6
Fondation	1000	35967.6	1000	26575.6

Tableau 8 : Récapitulatif des charges du P8

a) Dimensionnement de la semelle :

$$S = \frac{N}{\sigma_{sol}} = \frac{26575.6}{20000} = \mathbf{1.328 \text{ m}^2}$$

On prend une semelle isolée

$$\sqrt{S} = 1.15 \quad \longrightarrow \quad A = B = 2\text{m}$$



Semelle (2*2)

$$d_a, d_b \geq \frac{A-a}{4} = \frac{2-0.2}{4} = 0.45$$

$$h \geq 0.45 + 0.03 = 0.48 \text{ cm} \quad (\text{enrobage}=3\text{cm})$$



$$h = 50 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{Pu(A-a)}{8 \cdot d_a \cdot \sigma_a} = \frac{26575.6(1-0.2)}{8 \cdot 0.47 \cdot 20163} \times 10^{-5} \times 10^4 \quad / \quad \sigma_a = \min \left(\frac{2}{3} f_e ; 110 \sqrt{1.6 * 2.1} \right) = 201.63 \text{ Mpa}$$

$$A_s = 6.31 \text{ cm}^2 \quad \mathbf{(6T12)}$$

b) Dimensionnement du poteau:

On prédimensionne les poteaux à 100 bars

Descente de charge sur Poteau à l'ELU: **35967.6 daN**

$$S = \frac{35967.6}{100} = 359.67 \text{ cm}^2 \quad \sqrt{359.67} = 18.96 \text{ cm}$$

On retient un Poteau de **(20*20)** ce qui est le minimum selon le **BAEL 91 modifié 99**.

c) Les armatures:

$$B = 400 \text{ cm}^2$$

$$A_u = \max \left[\frac{\beta Nu - Br * \left(\frac{fbc}{0.9} \right)}{0.85 * \frac{f_e}{1.15}} ; A_{\min} \right]$$

$$A_{\min} = \max \left(4u ; \frac{0.2 B}{100} \right)$$

$$= \max \left(4 * (0.2 * 4) ; \frac{0.2 * 400}{100} \right)$$

$$= \max (3.2 ; 0.8)$$

$$A_{\min} = 3.2 \text{ cm}^2$$

$$l = \sqrt{\frac{l_{\min}}{B}} = \sqrt{\frac{ba * a * a}{12 * a * b}} = \sqrt{\frac{0.2 * 0.2 * 0.2 * 0.2}{12 * 0.2 * 0.2}} = 0.057 \text{ m}$$

$$L_f = 0.7 L_0 = 0.7 * 3 = \mathbf{2.1m}$$

$$\lambda = \frac{L_f}{i} = \frac{2.1}{0.057} = 36.84 \leq 50$$

$$B = (1+0.2) * \left(\frac{\lambda}{35}\right)^2 = 1.22$$

$$B_r = (20-2) * (20-2)$$

$$= 324 \text{ cm}^2$$

$$A_u' = \left(\frac{(1.22 * 359.67 * 10^{-3}) - (0.0324 * \frac{14.17}{0.9})}{0.85 * \frac{400}{1.15}} \right) \times 10^4 = \mathbf{- 2.41 \text{ cm}^2}$$



$$A_u = \mathbf{3.2 \text{ cm}^2 (4T12)}$$

- Poteau 9 :

❖ Surface d'impact :

$$S = \left(\frac{6.1}{2} + \frac{6.6}{2}\right) * \left(\frac{4.85}{2} + 0.1\right) = \mathbf{16.03 \text{ m}^2}$$

Plancher terrasse :

On a le cas extrême de la pente qui est de 17m:

$$\frac{17 * 1.5}{100} = \mathbf{0.255 \text{ m}} \quad \Rightarrow \quad e = \frac{0.32 + 0.04}{2} = \mathbf{18 \text{ cm}}$$

$$CP = 649 + 100 \text{ (poids poteau poutre)}$$

$$CP = \mathbf{749 \text{ daN/m}^2}$$

$$CE = \mathbf{100 \text{ daN/m}^2}$$

$$G = 749 * 16.03 = 12647.67 \text{ daN}$$

$$Q = 100 * 16.03 = 1603 \text{ daN}$$

ELU			ELS	
Niveau	Charge	Charge cumulée	Charge	Charge cumulée
RDC	19478.8	19478.8	14250.67	14250.67
Fondation	1000	20478.8	1000	15250.67

Tableau 9: Récapitulatif des charges du P9

a) Dimensionnement de la semelle :

$$S = \frac{N}{\sigma_{sol}} = \frac{15250.6}{20000} = 0.76 \text{ m}^2$$

On prend une semelle isolée

$$\sqrt{S} = 0.87 \implies A = B = 1\text{m}$$



Semelle (1*1)

$$d_a, d_b \geq \frac{A-a}{4} = \frac{1-0.2}{4} = 0.2$$

$$h \geq 0.2 + 0.03 = 0.23 \text{ cm} \quad (\text{enrobage}=3\text{cm})$$

$$\implies h = 25 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{Pu(A-a)}{8 \cdot d_a \cdot \sigma_a} = \frac{15250.67(1-0.2)}{8 \cdot 0.2 \cdot 20163} \times 10^{-5} \times 10^4 \quad / \quad \sigma_a = \min \left(\frac{2}{3} f_e ; 110 \sqrt{1.6 \cdot 2.1} \right) = 201.63 \text{ Mpa}$$

$$A_s = 3.44 \text{ cm}^2 \quad (6T10)$$

b) Dimensionnement du poteau:

On prédimensionne les poteaux à 100 bars

Descente de charge sur Poteau à l'ELU: **20478.8 daN**

$$S = \frac{20478.8}{100} = 204.78 \text{ cm}^2 \quad \sqrt{204.78} = 14.31 \text{ cm}$$

On retient un Poteau de **(20*20)** ce qui est le minimum selon le **BAEL 91 modifié 99**.

c) Les armatures:

$$B = 400 \text{ cm}^2$$

$$A_u = \max \left[\frac{\beta N u - B r * \left(\frac{f_{bc}}{0.9} \right)}{0.85 * \frac{f_e}{1.15}} ; A_{\min} \right]$$

$$\begin{aligned} A_{\min} &= \max \left(4u ; \frac{0.2 B}{100} \right) \\ &= \max \left(4 * (0.2 * 4) ; \frac{0.2 * 400}{100} \right) \\ &= \max (3.2 ; 0.8) \end{aligned}$$

$$A_{\min} = 3.2 \text{ cm}^2$$

$$l = \sqrt{\frac{l_{\min}}{B}} = \sqrt{\frac{b a * a * a}{12 * a * b}} = \sqrt{\frac{0.2 * 0.2 * 0.2 * 0.2}{12 * 0.2 * 0.2}} = 0.057 \text{ m}$$

$$L_f = 0.7 L_0 = 0.7 * 3 = 2.1 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{L_f}{i} = \frac{2.1}{0.057} = 36.84 \leq 50$$

$$B = (1 + 0.2) * \left(\frac{\lambda}{35} \right)^2 = 1.22$$

$$B_r = (20 - 2) * (20 - 2)$$

$$= 324 \text{ cm}^2$$

$$A_u' = \left(\frac{(1.22 * 204.78 * 10^{-3}) - (0.0324 * \frac{14.17}{0.9})}{0.85 * \frac{400}{1.15}} \right) \times 10^4 = - 8.8 \text{ cm}^2$$



$$A_u = 3.2 \text{ cm}^2 \text{ (4T12)}$$

- Poteau 10 :

❖ Surface d'impact :

$$S = \left(\frac{6.6}{2} + \frac{6.45}{2}\right) * \left(\frac{3.9}{2} + 0.1\right) = 13.37 \text{ m}^2$$

Plancher terrasse :

On a le cas extrême de la pente qui est de 17m:

$$\frac{17*1.5}{100} = 0.255 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad e = \frac{0.32+0.04}{2} = 18 \text{ cm}$$

CP = 649+100 (poids poteau poutre)

CP = 749 daN/m²

CE = 100 daN/m²

G = 749*13.37 = 10014.13 daN

Q = 100*13.37 = 1337 daN

ELU			ELS	
Niveau	Charge	Charge cumulée	Charge	Charge cumulée
RDC	15524.57	15524.57	11351.13	11351.13
Fondation	1000	16524.57	1000	12351.13

Tableau 10: Récapitulatif des charges du P10

a) Dimensionnement de la semelle :

$$S = \frac{N}{\sigma_{sol}} = \frac{12351.13}{20000} = 0.61 \text{ m}^2$$

On prend une semelle isolée

$$\sqrt{S} = 0.78 \quad \Rightarrow \quad A = B = 1\text{m}$$



Semelle (1*1)

$$d_a, d_b \geq \frac{A-a}{4} = \frac{1-0.2}{4} = 0.2$$

$$h \geq 0.2 + 0.03 = 0.23 \text{ cm} \quad (\text{enrobage}=3\text{cm})$$



$$h = 25 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{Pu(A-a)}{8 \cdot d_a \cdot \sigma_a} = \frac{12351.13(1-0.2)}{8 \cdot 0.2 \cdot 20163} \times 10^{-5} \times 10^4 \quad / \quad \sigma_a = \min \left(\frac{2}{3} f_e ; 110 \sqrt{1.6 \cdot 2.1} \right) = 201.63 \text{ Mpa}$$

$$A_s = 2.78 \text{ cm}^2 \quad (4T10)$$

b) Dimensionnement du poteau:

On prédimensionne les poteaux à 100 bars

Descente de charge sur Poteau à l'ELU: **16524.57 daN**

$$S = \frac{16524.57}{100} = 165.24 \text{ cm}^2 \quad \sqrt{165.24} = 12.85 \text{ cm}$$

On retient un Poteau de **(20*20)** ce qui est le minimum selon le **BAEL 91 modifié 99**.

c) Les armatures:

$$B = 400 \text{ cm}^2$$

$$A_u = \max \left[\frac{\beta Nu - Br \cdot \left(\frac{f_{bc}}{0.9} \right)}{0.85 \cdot \frac{f_e}{1.15}} ; A_{\min} \right]$$

$$A_{\min} = \max \left(4u ; \frac{0.2 B}{100} \right)$$

$$= \max \left(4 \cdot (0.2 \cdot 4) ; \frac{0.2 \cdot 400}{100} \right)$$

$$= \max (3.2 ; 0.8)$$

$$A_{\min} = 3.2 \text{ cm}^2$$

$$l = \sqrt{\frac{I_{\min}}{B}} = \sqrt{\frac{ba \cdot a \cdot a}{12 \cdot a \cdot b}} = \sqrt{\frac{0.2 \cdot 0.2 \cdot 0.2 \cdot 0.2}{12 \cdot 0.2 \cdot 0.2}} = 0.057 \text{ m}$$

$$L_f = 0.7 L_0 = 0.7 * 3 = \mathbf{2.1m}$$

$$\lambda = \frac{L_f}{i} = \frac{2.1}{0.057} = 36.84 \leq 50$$

$$B = (1+0.2) * \left(\frac{\lambda}{35}\right)^2 = 1.22$$

$$B_r = (20-2) * (20-2)$$

$$= 324 \text{ cm}^2$$

$$A_u' = \left(\frac{(1.22 * 165.24 * 10^{-3}) - (0.0324 * \frac{14.17}{0.9})}{0.85 * \frac{400}{1.15}} \right) \times 10^4 = -10.34 \text{ cm}^2$$



$$A_u = \mathbf{3.2 \text{ cm}^2 (4T12)}$$

- Poteau 11 :

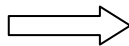
❖ Surface d'impact :

$$S = \left(\frac{6.6}{2} + \frac{4.9}{2}\right) * \left(\frac{4}{2} + \frac{3.9}{2}\right) = \mathbf{22.71 \text{ m}^2}$$

Plancher terrasse :

On a le cas extrême de la pente qui est de 17m:

$$\frac{17 * 1.5}{100} = \mathbf{0.255 \text{ m}}$$



$$e = \frac{0.32 + 0.04}{2} = \mathbf{18 \text{ cm}}$$

$$CP = 649 + 100 \text{ (poids poteau poutre)}$$

$$CP = \mathbf{749 \text{ daN/m}^2}$$

$$CE = \mathbf{100 \text{ daN/m}^2}$$

$$G = 749 * 22.71 = 17009.8 \text{ daN}$$

$$Q = 100 * 22.71 = 2271 \text{ daN}$$

Niveau	ELU		ELS	
	Charge	Charge cumulée	Charge	Charge cumulée
RDC	26369.7	26369.7	19280.8	19280.8
Fondation	1000	27369.7	1000	20280.8

Tableau 11: Récapitulatif des charges du P11

a) Dimensionnement de la semelle :

$$S = \frac{N}{\sigma_{sol}} = \frac{20280.8}{20000} = 1 \text{ m}^2$$

On prend une semelle isolée

$$\sqrt{S} = 1 \quad \Rightarrow \quad A = B = 1\text{m}$$

 **Semelle (1*1)**

$$d_a, d_b \geq \frac{A-a}{4} = \frac{1-0.2}{4} = 0.2$$

$$h \geq 0.2 + 0.03 = 0.23 \text{ cm} \quad (\text{enrobage}=3\text{cm})$$

$$\Rightarrow \quad h = 25 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{Pu(A-a)}{8 \cdot da \cdot \sigma_a} = \frac{20280.8(1-0.2)}{8 \cdot 0.2 \cdot 20163} \times 10^{-5} \times 10^4 \quad / \quad \sigma_a = \min \left(\frac{2}{3} f_e ; 110 \sqrt{1.6} \cdot 6 \cdot 2.1 \right) = 201.63 \text{ Mpa}$$

$$A_s = 4.57 \text{ cm}^2 \quad (6T10)$$

b) Dimensionnement du poteau:

On prédimensionne les poteaux à 100 bars

Descente de charge sur Poteau à l'ELU: **27369.7 daN**

$$S = \frac{27369.7}{100} = 273.7 \text{ cm}^2 \quad \sqrt{273.7} = 16.54 \text{ cm}$$

On retient un Poteau de **(20*20)** ce qui est le minimum selon le **BAEL 91 modifié 99**.

c) Les armatures:

$$B = 400 \text{ cm}^2$$

$$A_u = \max \left[\frac{\beta N_u - Br * \left(\frac{f_{bc}}{0.9} \right)}{0.85 * \frac{f_e}{1.15}} ; A_{\min} \right]$$

$$\begin{aligned} A_{\min} &= \max \left(4u ; \frac{0.2 B}{100} \right) \\ &= \max \left(4 * (0.2 * 4) ; \frac{0.2 * 400}{100} \right) \\ &= \max (3.2 ; 0.8) \end{aligned}$$

$$A_{\min} = 3.2 \text{ cm}^2$$

$$l = \sqrt{\frac{l_{\min}}{B}} = \sqrt{\frac{ba * a * a}{12 * a * b}} = \sqrt{\frac{0.2 * 0.2 * 0.2 * 0.2}{12 * 0.2 * 0.2}} = 0.057 \text{ m}$$

$$L_f = 0.7 L_0 = 0.7 * 3 = 2.1 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{L_f}{i} = \frac{2.1}{0.057} = 36.84 \leq 50$$

$$B = (1 + 0.2) * \left(\frac{\lambda}{35} \right)^2 = 1.22$$

$$\begin{aligned} B_r &= (20 - 2) * (20 - 2) \\ &= 324 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_u' = \left(\frac{(1.22 * 273.7 * 10^{-3}) - (0.0324 * \frac{14.17}{0.9})}{0.85 * \frac{400}{1.15}} \right) \times 10^4 = - 17.25 \text{ cm}^2$$



$$A_u = 3.2 \text{ cm}^2 \text{ (4T12)}$$

- Poteau 12 :

❖ Surface d'impact :

$$\text{Plancher (15+5)} : S = \left(\frac{4}{2} + 0.1\right) * \left(\frac{6.6}{2} + \frac{4.9}{2}\right) = 12.075 \text{ m}^2$$

$$\text{Plancher (20+5)} : S = \left(\frac{4.85}{2} + 0.1\right) * \left(\frac{4.9}{2} + \frac{6.6}{2}\right) = 14.52 \text{ m}^2$$

Plancher terrasse :

On a le cas extrême de la pente qui est de 17m:

$$\frac{17 * 1.5}{100} = 0.255 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad e = \frac{0.32 + 0.04}{2} = 18 \text{ cm}$$

Plancher (15+5) : CP = 649+100 (poids poteau poutre)

$$\text{CP} = 749 \text{ daN/m}^2$$

$$\text{CE} = 100 \text{ daN/m}^2$$

$$\text{G} = 749 * 12.075 = 9044.2 \text{ daN}$$

$$\text{Q} = 100 * 12.075 = 1207.5 \text{ daN}$$

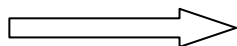
Plancher (20+5) : CP = 689+100 (poids poteau poutre)

$$\text{CP} = 789 \text{ daN/m}^2$$

$$\text{CE} = 100 \text{ daN/m}^2$$

$$\text{G} = 789 * 14.52 = 11456.3 \text{ daN}$$

$$\text{Q} = 100 * 14.52 = 1452 \text{ daN}$$



$$\text{G} = 9044.2 + 11456.3 = 20500.5 \text{ daN}$$

$$\text{Q} = 1207.5 + 1452 = 2659.5 \text{ daN}$$

ELU			ELS	
Niveau	Charge	Charge cumulée	Charge	Charge cumulée
RDC	3166.5	3166.5	23160	23160
Fondation	1000	4166.5	1000	24160

Tableau 12 : Récapitulatif des charges du P12

a) Dimensionnement de la semelle :

$$S = \frac{N}{\sigma_{sol}} = \frac{24160}{20000} = 1.208 \text{ m}^2$$

On prend une semelle isolée

$$\sqrt{S} = 1.15 \quad \Rightarrow \quad A = B = 2\text{m}$$



Semelle (2*2)

$$d_a, d_b \geq \frac{A-a}{4} = \frac{2-0.2}{4} = 0.45$$

$$h \geq 0.45 + 0.03 = 0.48 \text{ cm} \quad (\text{enrobage}=3\text{cm})$$

$$\Rightarrow h = 50 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{Pu(A-a)}{8 \cdot d_a \cdot \sigma_a} = \frac{24160(1-0.2)}{8 \cdot 0.47 \cdot 20163} \times 10^{-5} \times 10^4 \quad / \quad \sigma_a = \min \left(\frac{2}{3} f_e ; 110 \sqrt{1.6} * 2.1 \right) = 201.63 \text{ Mpa}$$

$$A_s = 5.73 \text{ cm}^2 \quad \mathbf{(8T10)}$$

b) Dimensionnement du poteau:

On prédimensionne les poteaux à 100 bars

Descente de charge sur Poteau à l'ELU: **32665 daN**

$$S = \frac{32665}{100} = 326.65 \text{ cm}^2 \quad \sqrt{326.65} = 18.07 \text{ cm}$$

On retient un Poteau de **(20*20)** ce qui est le minimum selon le **BAEL 91 modifié 99**.

c) Les armatures:

$$B = 400 \text{ cm}^2$$

$$A_u = \max \left[\frac{\beta Nu - Br * \left(\frac{fbc}{0.9} \right)}{0.85 * \frac{fe}{1.15}} ; A_{\min} \right]$$

$$\begin{aligned} A_{\min} &= \max \left(4u ; \frac{0.2 B}{100} \right) \\ &= \max \left(4 * (0.2 * 4) ; \frac{0.2 * 400}{100} \right) \\ &= \max (3.2 ; 0.8) \end{aligned}$$

$$A_{\min} = 3.2 \text{ cm}^2$$

$$l = \sqrt{\frac{l_{\min}}{B}} = \sqrt{\frac{ba * a * a}{12 * a * b}} = \sqrt{\frac{0.2 * 0.2 * 0.2 * 0.2}{12 * 0.2 * 0.2}} = 0.057 \text{ m}$$

$$L_f = 0.7 L_0 = 0.7 * 3 = 2.1 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{L_f}{i} = \frac{2.1}{0.057} = 36.84 \leq 50$$

$$B = (1 + 0.2) * \left(\frac{\lambda}{35} \right)^2 = 1.22$$

$$\begin{aligned} B_r &= (20 - 2) * (20 - 2) \\ &= 324 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_u' = \left(\frac{(1.22 * 326.65 * 10^{-3}) - (0.0324 * \frac{14.17}{0.9})}{0.85 * \frac{400}{1.15}} \right) \times 10^4 = - 3.77 \text{ cm}^2$$



$$A_u = 3.2 \text{ cm}^2 \text{ (4T12)}$$

- Poteau 13 :

❖ Surface d'impact :

$$S = \left(\frac{6.6}{2} + \frac{6.45}{2} \right) * \left(\frac{4.85}{2} + 0.1 \right) = 16.5 \text{ m}^2$$

Plancher terrasse :

On a le cas extrême de la pente qui est de 17m:

$$\frac{17 * 1.5}{100} = 0.255 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad e = \frac{0.32 + 0.04}{2} = 18 \text{ cm}$$

CP = 689+100 (poids poteau poutre)

CP = 789 daN/m²

CE = 100 daN/m²

G = 789*16.5 = 13018.5 daN

Q = 100*16.5 = 1650 daN

ELU			ELS	
Niveau	Charge	Charge cumulée	Charge	Charge cumulée
RDC	20045	20045	14668	14668
Fondation	1000	21045	1000	15668

Tableau 13: Récapitulatif des charges du P13

a) Dimensionnement de la semelle :

$$S = \frac{N}{\sigma_{sol}} = \frac{15668}{20000} = 0.78 \text{ m}^2$$

On prend une semelle isolée

$$\sqrt{S} = 0.88 \quad \longrightarrow \quad A = B = 1\text{m}$$



Semelle (1*1)

$$d_a, d_b \geq \frac{A-a}{4} = \frac{1-0.2}{4} = 0.2$$

$$h \geq 0.2 + 0.03 = 0.23 \text{ cm} \quad (\text{enrobage}=3\text{cm})$$

$$\longrightarrow \quad h = 25 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{Pu(A-a)}{8 \cdot d_a \cdot \sigma_a} = \frac{15668(1-0.2)}{8 \cdot 0.2 \cdot 20163} \times 10^{-5} \times 10^4 \quad / \quad \sigma_a = \min \left(\frac{2}{3} f_e ; 110 \sqrt{1.6 \cdot 2.1} \right) = 201.63 \text{ Mpa}$$

$$A_s = 3.53 \text{ cm}^2 \quad (6T10)$$

b) Dimensionnement du poteau:

On prédimensionne les poteaux à 100 bars

Descente de charge sur Poteau à l'ELU: **21045 daN**

$$S = \frac{21045}{100} = 210.45 \text{ cm}^2 \quad \sqrt{210.45} = 14.5 \text{ cm}$$

On retient un Poteau de **(20*20)** ce qui est le minimum selon le **BAEL 91 modifié 99**.

c) Les armatures:

$$B = 400 \text{ cm}^2$$

$$A_u = \max \left[\frac{\beta Nu - Br * \left(\frac{f_{bc}}{0.9} \right)}{0.85 * \frac{f_e}{1.15}} ; A_{\min} \right]$$

$$A_{\min} = \max \left(4u ; \frac{0.2 B}{100} \right)$$

$$= \max \left(4 * (0.2 * 4) ; \frac{0.2 * 400}{100} \right)$$

$$= \max (3.2 ; 0.8)$$

$$A_{\min} = 3.2 \text{ cm}^2$$

$$l = \sqrt{\frac{l_{min}}{B}} = \sqrt{\frac{ba \cdot a \cdot a}{12 \cdot a \cdot b}} = \sqrt{\frac{0.2 \cdot 0.2 \cdot 0.2 \cdot 0.2}{12 \cdot 0.2 \cdot 0.2}} = 0.057 \text{ m}$$


$$L_f = 0.7 L_0 = 0.7 \cdot 3 = 2.1 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{L_f}{i} = \frac{2.1}{0.057} = 36.84 \leq 50$$

$$B = (1 + 0.2) \cdot \left(\frac{\lambda}{35}\right)^2 = 1.22$$

$$B_r = (20 - 2) \cdot (20 - 2) \\ = 324 \text{ cm}^2$$

$$A_u' = \left(\frac{(1.22 \cdot 210.45 \cdot 10^{-3}) - (0.0324 \cdot \frac{14.17}{0.9})}{0.85 \cdot \frac{400}{1.15}} \right) \times 10^4 = -8.57 \text{ cm}^2$$

 $A_u = 3.2 \text{ cm}^2$ (4T12)

- Poteau 14 :

❖ Surface d'impact :

$$S = \left(\frac{4.9}{2} + \frac{1.55}{2}\right) \cdot \left(\frac{3.9}{2} + 0.1\right) + \left(\frac{4.9}{2} + 0.1\right) \cdot \left(\frac{4}{2} + 0.1\right) = 11.96 \text{ m}^2$$

Plancher terrasse :

On a le cas extrême de la pente qui est de 17m:

$$\frac{17 \cdot 1.5}{100} = 0.255 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad e = \frac{0.32 + 0.04}{2} = 18 \text{ cm}$$

$$CP = 649 + 100 \text{ (poids poteau poutre)}$$

$$CP = 749 \text{ daN/m}^2$$

$$CE = 100 \text{ daN/m}^2$$

$$G = 749 \cdot 11.96 = 8962.7 \text{ daN}$$

$$Q = 100 \cdot 11.96 = 1196 \text{ daN}$$

ELU			ELS	
Niveau	Charge	Charge cumulée	Charge	Charge cumulée
RDC	13893.6	13893.6	10158.7	10158.7
Fondation	1000	14893.6	1000	11158.7

**Tableau 14 : Récapitulatif des charges
du P14**

a) Dimensionnement de la semelle :

$$S = \frac{N}{\sigma_{sol}} = \frac{11158.7}{20000} = 0.55 \text{ m}^2$$

On prend une semelle isolée

$$\sqrt{S} = 0.74 \quad \Rightarrow \quad A = B = 1\text{m}$$

 **Semelle (1*1)**

$$d_a, d_b \geq \frac{A-a}{4} = \frac{1-0.2}{4} = 0.2$$

$$h \geq 0.2 + 0.03 = 0.23 \text{ cm} \quad (\text{enrobage}=3\text{cm})$$

$$\Rightarrow \quad h = 25 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{Pu(A-a)}{8 \cdot d_a \cdot \sigma_a} = \frac{11158.7(1-0.2)}{8 \cdot 0.2 \cdot 20163} \times 10^{-5} \times 10^4 \quad / \quad \sigma_a = \min \left(\frac{2}{3} f_e ; 110 \sqrt{1.6 * 2.1} \right) = 201.63 \text{ Mpa}$$

$$A_s = 2.51 \text{ cm}^2 \quad (4T10)$$

b) Dimensionnement du poteau:

On prédimensionne les poteaux à 100 bars

Descente de charge sur Poteau à l'ELU: **14893.6 daN**

$$S = \frac{14893.6}{100} = 148.94 \text{ cm}^2 \quad \sqrt{148.94} = 12.2 \text{ cm}$$

On retient un Poteau de **(20*20)** ce qui est le minimum selon le **BAEL 91 modifié 99**.

c) Les armatures:

$$B = 400 \text{ cm}^2$$

$$A_u = \max \left[\frac{\beta N u - B r * \left(\frac{f_{bc}}{0.9} \right)}{0.85 * \frac{f_e}{1.15}} ; A_{\min} \right]$$

$$\begin{aligned} A_{\min} &= \max \left(4u ; \frac{0.2 B}{100} \right) \\ &= \max \left(4 * (0.2 * 4) ; \frac{0.2 * 400}{100} \right) \\ &= \max (3.2 ; 0.8) \end{aligned}$$

$$A_{\min} = 3.2 \text{ cm}^2$$

$$l = \sqrt{\frac{l_{\min}}{B}} = \sqrt{\frac{b a * a * a}{12 * a * b}} = \sqrt{\frac{0.2 * 0.2 * 0.2 * 0.2}{12 * 0.2 * 0.2}} = 0.057 \text{ m}$$

$$L_f = 0.7 L_0 = 0.7 * 3 = 2.1 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{L_f}{i} = \frac{2.1}{0.057} = 36.84 \leq 50$$

$$B = (1 + 0.2) * \left(\frac{\lambda}{35} \right)^2 = 1.22$$

$$\begin{aligned} B_r &= (20 - 2) * (20 - 2) \\ &= 324 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_u' = \left(\frac{(1.22 * 148.94 * 10^{-3}) - (0.0324 * \frac{14.17}{0.9})}{0.85 * \frac{400}{1.15}} \right) \times 10^4 = - 11.11 \text{ cm}^2$$



$$A_u = 3.2 \text{ cm}^2 \text{ (4T12)}$$

- Poteau 15 :

❖ Surface d'impact :

$$\text{Plancher (15+5)} : S = \left(\frac{4}{2} + 0.1\right) * \left(\frac{4.9}{2} + 0.1\right) = 5.355 \text{ m}^2$$

$$\text{Plancher (20+5)} : S = \left(\frac{4.85}{2} + 0.1\right) * \left(\frac{4.9}{2} + \frac{1.55}{2}\right) = 8.14 \text{ m}^2$$

Plancher terrasse :

On a le cas extrême de la pente qui est de 17m:

$$\frac{17*1.5}{100} = 0.255 \text{ m} \quad \longrightarrow \quad e = \frac{0.32+0.04}{2} = 18 \text{ cm}$$

Plancher (15+5) : CP = 649+100 (poids poteau poutre)

$$\text{CP} = 749 \text{ daN/m}^2$$

$$\text{CE} = 100 \text{ daN/m}^2$$

$$\text{G} = 749*5.355 = 4010.9 \text{ daN}$$

$$\text{Q} = 100*5.355 = 535.5 \text{ daN}$$

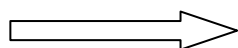
Plancher (20+5) : CP = 689+100 (poids poteau poutre)

$$\text{CP} = 789 \text{ daN/m}^2$$

$$\text{CE} = 100 \text{ daN/m}^2$$

$$\text{G} = 789*8.14 = 6442.46 \text{ daN}$$

$$\text{Q} = 100*8.14 = 814 \text{ daN}$$



$$\text{G} = 4010.9 + 6442.46 = 10453.36 \text{ daN}$$

$$\text{Q} = 535.5 + 814 = 1349.5 \text{ daN}$$

Niveau	ELU		ELS	
	Charge	Charge cumulée	Charge	Charge cumulée
RDC	16109.28	16109.28	11782.86	11782.86
Fondation	1000	17109.28	1000	12782.86

Tableau 15 : Récapitulatif des charges du P15

a) Dimensionnement de la semelle :

$$S = \frac{N}{\sigma_{sol}} = \frac{12782.86}{20000} = 0.64 \text{ m}^2$$

On prend une semelle isolée

$$\sqrt{S} = 0.8 \quad \Rightarrow \quad A = B = 1\text{m}$$



Semelle (1*1)

$$d_a, d_b \geq \frac{A-a}{4} = \frac{1-0.2}{4} = 0.2$$

$$h \geq 0.2 + 0.03 = 0.23 \text{ cm} \quad (\text{enrobage}=3\text{cm})$$

$$\Rightarrow \quad h = 25 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{Pu(A-a)}{8 \cdot d_a \cdot \sigma_a} = \frac{12782.86(1-0.2)}{8 \cdot 0.22 \cdot 20163} \times 10^{-5} \times 10^4 \quad / \quad \sigma_a = \min \left(\frac{2}{3} f_e ; 110 \sqrt{1.6 \cdot 2.1} \right) = 201.63 \text{ Mpa}$$

$$A_s = 2.88 \text{ cm}^2 \quad (4T10)$$

b) Dimensionnement du poteau:

On prédimensionne les poteaux à 100 bars

Descente de charge sur Poteau à l'ELU: **17109.28 daN**

$$S = \frac{17109.28}{100} = 171.09 \text{ cm}^2 \quad \sqrt{171.09} = 13.08 \text{ cm}$$

On retient un Poteau de **(20*20)** ce qui est le minimum selon le **BAEL 91 modifié 99**.

c) Les armatures:

$$B = 400 \text{ cm}^2$$

$$A_u = \max \left[\frac{\beta N u - B r * \left(\frac{f_{bc}}{0.9} \right)}{0.85 * \frac{f_e}{1.15}} ; A_{\min} \right]$$

$$\begin{aligned} A_{\min} &= \max \left(4u ; \frac{0.2 B}{100} \right) \\ &= \max \left(4 * (0.2 * 4) ; \frac{0.2 * 400}{100} \right) \\ &= \max (3.2 ; 0.8) \end{aligned}$$

$$A_{\min} = 3.2 \text{ cm}^2$$

$$l = \sqrt{\frac{l_{\min}}{B}} = \sqrt{\frac{b a * a * a}{12 * a * b}} = \sqrt{\frac{0.2 * 0.2 * 0.2 * 0.2}{12 * 0.2 * 0.2}} = 0.057 \text{ m}$$

$$L_f = 0.7 L_0 = 0.7 * 3 = 2.1 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{L_f}{i} = \frac{2.1}{0.057} = 36.84 \leq 50$$

$$B = (1 + 0.2) * \left(\frac{\lambda}{35} \right)^2 = 1.22$$

$$\begin{aligned} B_r &= (20 - 2) * (20 - 2) \\ &= 324 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_u' = \left(\frac{(1.22 * 171.09 * 10^{-3}) - (0.0324 * \frac{14.17}{0.9})}{0.85 * \frac{400}{1.15}} \right) \times 10^4 = - 10.2 \text{ cm}^2$$



$$A_u = 3.2 \text{ cm}^2 \text{ (4T12)}$$

- Poteau 16 :

❖ Surface d'impact :

$$S = \left(0.1 + \frac{6.45}{2}\right) * \left(\frac{3.9}{2} + 0.1\right) = 5.375 \text{ m}^2$$

Plancher terrasse :

On a le cas extrême de la pente qui est de 17m:

$$\frac{17 * 1.5}{100} = 0.255 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad e = \frac{0.32 + 0.04}{2} = 18 \text{ cm}$$

CP = 649+100 (poids poteau poutre)

CP = 749 daN/m²

CE = 100 daN/m²

G = 749*5.37 = 4025.87 daN

Q = 100*5.37 = 537 daN

	ELU		ELS	
Niveau	Charge	Charge cumulée	Charge	Charge cumulée
RDC	6241.17	6241.17	4563.37	4563.37
Fondation	1000	6341.17	1000	4663.37

Tableau 16: Récapitulatif des charges du P16

a) Dimensionnement de la semelle :

$$S = \frac{N}{\sigma_{sol}} = \frac{4663.37}{20000} = 0.22 \text{ m}^2$$

On prend une semelle isolée

$$\sqrt{S} = 0.48 \quad \Rightarrow \quad A = B = 1\text{m}$$



Semelle (1*1)

$$d_a, d_b \geq \frac{A-a}{4} = \frac{1-0.2}{4} = 0.2$$

$$h \geq 0.2 + 0.03 = 0.23 \text{ cm} \quad (\text{enrobage}=3\text{cm})$$



$$h = 25 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{Pu(A-a)}{8 \cdot d_a \cdot \sigma_a} = \frac{4663.37(1-0.2)}{8 \cdot 0.2 \cdot 20163} \times 10^{-5} \times 10^4 \quad / \quad \sigma_a = \min \left(\frac{2}{3} f_e ; 110 \sqrt{1.6 * 2.1} \right) = 201.63 \text{ Mpa}$$

$$A_s = 1.05 \text{ cm}^2 \quad \mathbf{(4T8)}$$

b) Dimensionnement du poteau:

On prédimensionne les poteaux à 100 bars

Descente de charge sur Poteau à l'ELU: **6341.17 daN**

$$S = \frac{6341.17}{100} = 63.41 \text{ cm}^2 \quad \sqrt{63.41} = 7.96 \text{ cm}$$

On retient un Poteau de **(20*20)** ce qui est le minimum selon le **BAEL 91 modifié 99**.

c) Les armatures:

$$B = 400 \text{ cm}^2$$

$$A_u = \max \left[\frac{\beta Nu - Br * \left(\frac{f_{bc}}{0.9} \right)}{0.85 * \frac{f_e}{1.15}} ; A_{\min} \right]$$

$$A_{\min} = \max \left(4u ; \frac{0.2 B}{100} \right)$$

$$= \max \left(4 * (0.2 * 4) ; \frac{0.2 * 400}{100} \right)$$

$$= \max (3.2 ; 0.8)$$

$$A_{\min} = 3.2 \text{ cm}^2$$

$$l = \sqrt{\frac{l_{\min}}{B}} = \sqrt{\frac{ba * a * a}{12 * a * b}} = \sqrt{\frac{0.2 * 0.2 * 0.2 * 0.2}{12 * 0.2 * 0.2}} = 0.057 \text{ m}$$

$$L_f = 0.7 L_0 = 0.7 * 3 = 2.1 \text{ m}$$


$$\lambda = \frac{L_f}{i} = \frac{2.1}{0.057} = 36.84 \leq 50$$

$$B = (1+0.2) * \left(\frac{\lambda}{35}\right)^2 = 1.22$$

$$B_r = (20-2) * (20-2)$$

$$= 324 \text{ cm}^2$$

$$A_u' = \left(\frac{(1.22 * 63.41 * 10^{-3}) - (0.0324 * \frac{14.17}{0.9})}{0.85 * \frac{400}{1.15}} \right) \times 10^4 = -14.63 \text{ cm}^2$$


$$A_u = 3.2 \text{ cm}^2 \text{ (4T12)}$$

- Poteau 17 :

❖ Surface d'impact :

$$S = \left(0.1 + \frac{1.55}{2}\right) * \left(\frac{3.9}{2} + 0.1\right) = 2.925 \text{ m}^2$$

Plancher terrasse :

On a le cas extrême de la pente qui est de 17m:

$$\frac{17 * 1.5}{100} = 0.255 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad e = \frac{0.32 + 0.04}{2} = 18 \text{ cm}$$

CP = 649 + 100 (poids poteau poutre)

$$CP = 749 \text{ daN/m}^2$$

$$CE = 100 \text{ daN/m}^2$$

$$G = 749 * 2.925 = 2190.8 \text{ daN}$$

$$Q = 100 * 2.925 = 292.5 \text{ daN}$$

Niveau	ELU		ELS	
	Charge	Charge cumulée	Charge	Charge cumulée
RDC	3396.33	3396.33	2483.3	2483.3
Fondation	1000	4396.33	1000	3483.3

Tableau 17: Récapitulatif des charges du P17

a) Dimensionnement de la semelle :

$$S = \frac{N}{\sigma_{sol}} = \frac{3483.3}{20000} = 0.17 \text{ m}^2$$

On prend une semelle isolée

$$\sqrt{S} = 0.42 \implies A = B = 1\text{m}$$



Semelle (1*1)

$$d_a, d_b \geq \frac{A-a}{4} = \frac{1-0.2}{4} = 0.2$$

$$h \geq 0.2 + 0.03 = 0.23 \text{ cm} \quad (\text{enrobage}=3\text{cm})$$

$$\implies h = 25 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{Pu(A-a)}{8 \cdot d_a \cdot \sigma_a} = \frac{3483.3(1-0.2)}{8 \cdot 0.2 \cdot 20163} \times 10^{-5} \times 10^4 \quad / \quad \sigma_a = \min \left(\frac{2}{3} f_e ; 110 \sqrt{1.6 \cdot 2.1} \right) = 201.63 \text{ Mpa}$$

$$A_s = 078 \text{ cm}^2 \quad (4T8)$$

b) Dimensionnement du poteau:

On prédimensionne les poteaux à 100 bars

Descente de charge sur Poteau à l'ELU: **4396.33 daN**

$$S = \frac{4396.33}{100} = 43.96 \text{ cm}^2 \quad \sqrt{43.96} = 6.63 \text{ cm}$$

On retient un Poteau de **(20*20)** ce qui est le minimum selon le **BAEL 91 modifié 99**.

c) Les armatures:

$$B = 400 \text{ cm}^2$$

$$A_u = \max \left[\frac{\beta N u - B r * \left(\frac{f_{bc}}{0.9} \right)}{0.85 * \frac{f_e}{1.15}} ; A_{\min} \right]$$

$$\begin{aligned} A_{\min} &= \max \left(4u ; \frac{0.2 B}{100} \right) \\ &= \max \left(4 * (0.2 * 4) ; \frac{0.2 * 400}{100} \right) \\ &= \max (3.2 ; 0.8) \end{aligned}$$

$$A_{\min} = 3.2 \text{ cm}^2$$

$$l = \sqrt{\frac{l_{\min}}{B}} = \sqrt{\frac{b a * a * a}{12 * a * b}} = \sqrt{\frac{0.2 * 0.2 * 0.2 * 0.2}{12 * 0.2 * 0.2}} = 0.057 \text{ m}$$

$$L_f = 0.7 L_0 = 0.7 * 3 = 2.1 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{L_f}{i} = \frac{2.1}{0.057} = 36.84 \leq 50$$

$$B = (1 + 0.2) * \left(\frac{\lambda}{35} \right)^2 = 1.22$$

$$B_r = (20 - 2) * (20 - 2)$$

$$= 324 \text{ cm}^2$$

$$A_u' = \left(\frac{(1.22 * 43.96 * 10^{-3}) - (0.0324 * \frac{14.17}{0.9})}{0.85 * \frac{400}{1.15}} \right) \times 10^4 = -15.44 \text{ cm}^2$$



$$A_u = 3.2 \text{ cm}^2 \text{ (4T12)}$$

- Poteau 18:

❖ Surface d'impact :

$$s = \left(0.1 + \frac{4.85}{2} \right) * \left(\frac{1.55}{2} + 0.1 \right) = 2.22 \text{ m}^2$$

Plancher terrasse :

On a le cas extrême de la pente qui est de 17m:

$$\frac{17 \times 1.5}{100} = 0.255 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad e = \frac{0.32 + 0.04}{2} = 18 \text{ cm}$$

$$CP = 689 + 100 \text{ (poids poteau poutre)}$$

$$CP = 789 \text{ daN/m}^2$$

$$CE = 100 \text{ daN/m}^2$$

$$G = 789 \times 2.22 = 1743.7 \text{ daN}$$

$$Q = 100 \times 2.22 = 222 \text{ daN}$$

Niveau	ELU		ELS	
	Charge	Charge cumulée	Charge	Charge cumulée
RDC	2685.48	2685.48	1964.7	1964.7
Fondation	1000	3685.48	1000	2964.7

Tableau 18: Récapitulatif des charges du P18

a) Dimensionnement de la semelle :

$$S = \frac{N}{\sigma_{sol}} = \frac{2964.7}{20000} = 0.14 \text{ m}^2$$

On prend une semelle isolée

$$\sqrt{S} = 0.38 \quad \Rightarrow \quad A = B = 1 \text{ m}$$



Semelle (1*1)

$$d_a, d_b \geq \frac{A-a}{4} = \frac{1-0.2}{4} = 0.2$$

$$h \geq 0.2 + 0.03 = 0.23 \text{ cm} \quad (\text{enrobage}=3\text{cm})$$

$$\longrightarrow h = 25 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{Pu(A-a)}{8 \cdot da \cdot \sigma_a} = \frac{2964.7(1-0.2)}{8 \cdot 0.2 \cdot 20163} \times 10^{-5} \times 10^4 \quad / \quad \sigma_a = \min \left(\frac{2}{3} f_e ; 110 \sqrt{1.6 \cdot 2.1} \right) = 201.63 \text{ Mpa}$$

$$A_s = 0.66 \text{ cm}^2 \quad (4T8)$$

b) Dimensionnement du poteau:

On prédimensionne les poteaux à 100 bars

Descente de charge sur Poteau à l'ELU: **3685.48 daN**

$$S = \frac{3685.48}{100} = 36.85 \text{ cm}^2 \quad \sqrt{36.85} = 6.07 \text{ cm}$$

On retient un Poteau de **(20*20)** ce qui est le minimum selon le **BAEL 91 modifié 99**.

c) Les armatures:

$$B = 400 \text{ cm}^2$$

$$A_u = \max \left[\frac{\beta Nu - Br \cdot \left(\frac{f_{bc}}{0.9} \right)}{0.85 \cdot \frac{f_e}{1.15}} ; A_{\min} \right]$$

$$A_{\min} = \max \left(4u ; \frac{0.2 B}{100} \right)$$

$$= \max \left(4 \cdot (0.2 \cdot 4) ; \frac{0.2 \cdot 400}{100} \right)$$

$$= \max (3.2 ; 0.8)$$

$$A_{\min} = 3.2 \text{ cm}^2$$

$$l = \sqrt{\frac{l_{\min}}{B}} = \sqrt{\frac{ba \cdot a \cdot a}{12 \cdot a \cdot b}} = \sqrt{\frac{0.2 \cdot 0.2 \cdot 0.2 \cdot 0.2}{12 \cdot 0.2 \cdot 0.2}} = 0.057 \text{ m}$$

$$L_f = 0.7 L_0 = 0.7 \cdot 3 = 2.1 \text{ m}$$


$$\lambda = \frac{L_f}{i} = \frac{2.1}{0.057} = 36.84 \leq 50$$

$$B = (1 + 0.2) \cdot \left(\frac{\lambda}{35} \right)^2 = 1.22$$

$$B_r = (20-2)*(20-2)$$

$$= 324 \text{ cm}^2$$

$$A_u' = \left(\frac{(1.22*36.85*10^{-3}) - (0.0324*\frac{14.17}{0.9})}{0.85*\frac{400}{1.15}} \right) \times 10^4 = -15.73 \text{ cm}^2$$

 $A_u = 3.2 \text{ cm}^2$ (4T12)

- Poteau 19 :

❖ Surface d'impact :

$$s = \left(0.1 + \frac{6.45}{2} \right) * \left(\frac{4.85}{2} + 0.1 \right) = 8.4 \text{ m}^2$$

Plancher terrasse :

On a le cas extrême de la pente qui est de 17m:

$$\frac{17*1.5}{100} = 0.255 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad e = \frac{0.32+0.04}{2} = 18 \text{ cm}$$

$$CP = 649+100 \text{ (poids poteau poutre)}$$

$$CP = 789 \text{ daN/m}^2$$

$$CE = 100 \text{ daN/m}^2$$

$$G = 789*8.4 = 6627.6 \text{ daN}$$

$$Q = 100*8.4 = 840 \text{ daN}$$

	ELU		ELS	
Niveau	Charge	Charge cumulée	Charge	Charge cumulée
RDC	10207.26	10207.26	7464.6	7464.6
Fondation	1000	11207.26	1000	8464.6

Tableau 19: Récapitulatif des charges du P19

a) Dimensionnement de la semelle :

$$S = \frac{N}{\sigma_{sol}} = \frac{8464.6}{20000} = 0.42 \text{ m}^2$$

On prend une semelle isolée

$$\sqrt{S} = 0.65 \quad \longrightarrow \quad A = B = 1\text{m}$$



Semelle (1*1)

$$d_a, d_b \geq \frac{A-a}{4} = \frac{1-0.2}{4} = 0.2$$

$$h \geq 0.2 + 0.03 = 0.23 \text{ cm} \quad (\text{enrobage}=3\text{cm})$$

$$\longrightarrow \quad h = 25 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{Pu(A-a)}{8 \cdot d_a \cdot \sigma_a} = \frac{8464.6(1-0.2)}{8 \cdot 0.2 \cdot 20163} \times 10^{-5} \times 10^4 \quad / \quad \sigma_a = \min \left(\frac{2}{3} f_e ; 110 \sqrt{1.6 \cdot 2.1} \right) = 201.63 \text{ Mpa}$$

$$A_s = 1.9 \text{ cm}^2 \quad \mathbf{(4T8)}$$

b) Dimensionnement du poteau:

On prédimensionne les poteaux à 100 bars

Descente de charge sur Poteau à l'ELU: **11207.26 daN**

$$S = \frac{11207.26}{100} = 112.07 \text{ cm}^2 \quad \sqrt{112.07} = 10.58 \text{ cm}$$

On retient un Poteau de **(20*20)** ce qui est le minimum selon le **BAEL 91 modifié 99**.

c) Les armatures:

$$B = 400 \text{ cm}^2$$

$$A_u = \max \left[\frac{\beta N u - Br * \left(\frac{f_{bc}}{0.9} \right)}{0.85 * \frac{f_e}{1.15}} ; A_{\min} \right]$$

$$A_{\min} = \max \left(4u ; \frac{0.2 B}{100} \right)$$

$$= \max (4 * (0.2*4) ; \frac{0.2*400}{100})$$

$$= \max (3.2 ; 0.8)$$

$$A_{\min} = 3.2 \text{ cm}^2$$

$$l = \sqrt{\frac{l_{\min}}{B}} = \sqrt{\frac{ba*a*a}{12*a*b}} = \sqrt{\frac{0.2*0.2*0.2*0.2}{12*0.2*0.2}} = 0.057 \text{ m}$$

$$L_f = 0.7 L_0 = 0.7*3 = 2.1 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{L_f}{i} = \frac{2.1}{0.057} = 36.84 \leq 50$$

$$B = (1+0.2) * \left(\frac{\lambda}{35}\right)^2 = 1.22$$

$$B_r = (20-2)*(20-2)$$

$$= 324 \text{ cm}^2$$

$$A_u' = \left(\frac{(1.22*112.07*10^{-3}) - (0.0324*\frac{14.17}{0.9})}{0.85*\frac{400}{1.15}} \right) \times 10^4 = -12.63 \text{ cm}^2$$



$$A_u = 3.2 \text{ cm}^2 \text{ (4T12)}$$

3. Calcul des poutres:

• Poutre P1 :

Les dimensions de la poutre: **20*55**

Travée 1 $l_1 = 6.45$

$$M_1(x) = \mu(x) + M_0(1-x/l_1) + M_1(x/l_1) \quad \text{avec } M_0(1-x/l_1) = 0$$

$$\Rightarrow M_1(x) = \mu(x) + M_1(x/l_1)$$

$$\text{Et } \mu(x) = \frac{Pu \cdot 5.6x}{2} - \frac{Pu \cdot x^2}{2}$$

$$\text{D'où } M_1(x) = \frac{Pt \cdot 5.6x}{2} - \frac{Pt \cdot x^2}{2} - \frac{660.46x}{2.87}$$

$$M_1(x) = -33.25x^2 + 68.26x$$

Position du Moment Maximal :

$$M_1'(x) = -66.5x + 68.26 = 0 \Rightarrow x = 01.03$$

• $M_1(0.5) = 35.03 \text{KN.m}$

Travée 2 $l_2 = 6.6 \text{M}$

$$M_2(x) = \mu(x) + M_1(1-x/l_2) + M_2(x/l_2) \quad \text{avec } M_2(x/l_2) = 0$$

Calcul de $\mu(x)$

➔ Calcul des réactions :

$$\sum F = 0 \Rightarrow R_A + R_B = F_1 + F_2 + Ql$$

$$\sum M_A = 0 \Rightarrow -2.05F_1 - 3.45F_2 + R_B \cdot l - Ql^2/2$$

$$\text{Alors } R_B = \frac{2.05F_1 + 3.45F_2}{1} + \frac{Ql}{2}$$

• $R_B = R_A = 1031.33 \text{KN}$

Donc $\mu(x)=$

- $0 \leq x \leq 2.05$ $R_A \cdot x - \frac{Pu \cdot x^2}{2}$
- $2.05 \leq x \leq 3.45$ $R_A \cdot x - \frac{Pu \cdot x^2}{2} - F_1(x-2.05)$
- $3.45 \leq x \leq 5.51$ $R_A \cdot x - \frac{Pu \cdot x^2}{2} - F_1(x-2.05) - F_2(x-3.45)$

D'où $M_2(x)$:

- $0 \leq x \leq 2.05$:

$$1031.33x - \frac{66.5x^2}{2} - 660(1-x/5.5) - 660(x/5.5) = -33.25x^2 + 1031.33x - 660$$

- $2.05 \leq x \leq 3.45$

$$1031.33x - \frac{66.5x^2}{2} - 848.13(x-2.05) - 660(1-x/5.5) - 660(x/5.5) = -33.25$$

$$x^2 + 183.2x + 1078.67$$

- $3.45 \leq x \leq 5.51$

$$R_A \cdot x - \frac{Pu \cdot x^2}{2} - 848.13(x-2.05) - 848.13(x-3.45) - 660(1-x/5.5) - 660(x/5.5) = -33.25$$

$$x^2 - 664.93x + 4004.67$$

L'emplacement du moment maximal est :

- $0 \leq x \leq 2.05$ $x = 15m$
- $2.05 \leq x \leq 3.45$ $x = 2.75m$
- $3.45 \leq x \leq 5.51$ $x = 10m$

D'où

- $M_2 = M(2.75) = 1331 \text{KN.m}$

Travée 3

- $M_3 = M_1 = 35.03 \text{ KN.m}$

Vérification du critère de la Résistance :

b. $d^2 \geq 250 (0.8 M_u)$

$\Rightarrow 40 * 59^2 \geq 250 * 0.8 * 1331 \Rightarrow 139240 < 266200$ * NE VERIFIE PAS *

Alors on a $h = 65$ est le maximum ; on cherche b tel que

$b \geq 250 \frac{(0.8 M_u)}{d^2} = 76.5$

Donc , on prendra la section de la poutre = $80 * 65 \text{ T}$ pour la travée central et $40 * 65 \text{ T}$ pour les travées de rives .

Calcul de ferrailage :

- **Travées**

Travée 1 et travée 3 !

$\mu = 0.018$ alors $A_s = 1.39 \text{ cm}^2 \Rightarrow A_s = A_{\text{min}} \quad 4\text{HA}8$

Travée 2 :

$\mu = 0.343$ alors $A_s = 67.09 \text{ cm}^2 \quad 14\text{HA}25 \text{ ou } 22\text{HA}20$

- **Appuis**

Appuis 1 et 2

$\mu = 0.34$ alors $A_s = 33.19 \text{ cm}^2 \quad 7\text{HA}25 \text{ ou } 11\text{HA}20$

a) Plancher terrasse :

$G = 826 \text{ daN/m}^2 \quad Q = 150 \text{ daN/m}^2$

❖ Longueur d'impact: **3.97 m**

$G = (826 * 3.97) + 100 = 3379.22 \text{ daN/m}$

$Q = 150 * 3.97 = 595.5 \text{ daN/m}$

$$P_u = (1.35 * G) + (1.5 * Q) = 5455.197 \text{ daN/m}$$

$$M_{u\max} = \frac{P_u * l * l}{8} = 5455.197 * \frac{3.97 * 3.97}{8} = 10747.35 \text{ daN.m}$$

$$\mu = \frac{M}{b * d^2 * f_{bc}} = \frac{10747.35 * 10^{-5}}{0.2 * 0.37 * 0.37 * 14.17} = 0.277$$

$$\alpha = 1.25 * \left(1 - \left(\sqrt{1 - 2\mu}\right)\right) = (1.25 * \left(1 - \left(\sqrt{1 - 2 * 0.237}\right)\right)) = 0.415$$

⇒ **Pivot B**

$$\varepsilon = \frac{3.5}{1000} * \frac{1 - \alpha}{\alpha} = \frac{3.5}{1000} * \frac{1 - 0.415}{0.415} = 4.93 * 10^{-3}$$

$$\varepsilon_{ae} = \frac{f_e}{1.15 E_a} = 1.74 * 10^{-3}$$

$$\varepsilon \geq \varepsilon_{ae}$$

⇒ $\sigma_a = \frac{f_e}{1.15} = 347.83 \text{ MPa}$

$$A_u = \frac{10747.35 * 10^{-5} * 10^4}{0.37 * (1 - (0.4 * 0.415)) * 347.83} = 10.01 \text{ cm}^2 \quad (5T16)$$

- Poutre 2:

Les dimensions de la poutre : **20*40**

a. Plancher terrasse:

Surcharge de la poutre 20*40

$$2500 * 0.2 * 0.4 * \frac{3.75}{2} = 375 \text{ daN}$$

$$G = 826 \text{ daN/m}^2 \quad Q = 150 \text{ daN/m}^2$$

❖ Longueur d'impact: **3.66m**

$$G = (826 * 3.66) + 100 = 3123.16 \text{ daN/m}$$

$$Q = 150 * 3.66 = 549 \text{ daN/m}$$

$$Pu = (1.35 * 3123.16) + (1.5 * 549) = 5072.7 \text{ daN/m}$$

$$\varepsilon_{Fext} = 0$$

$$R_A + R_B = (P_U * 3.66) + (375 * 1.35) = 18951.8 \text{ daN}$$

$$\varepsilon_{Mext} = 0$$

$$3.66R_B = Pu * \frac{(3.66)^2}{2} + (375 * 1.35 * 2.21)$$

$$R_B = 9528.45 \text{ daN}$$

$$R_A = 9423.35 \text{ daN}$$

$$M_{u\max} = R_A x - P_U \frac{x^2}{2} - 375(3.66 - x)$$

$$M' = R_A - P_U x + 375 \quad \Rightarrow \quad x = (R_A + 375) / P_U = 1.93 \text{ m}$$

$$M_{u\max} = 8090.66 \text{ daN.m}$$

$$\mu = \frac{Mu}{b * d^2 * f_{bc}} = \frac{80.90 * 10^{-3}}{0.2 * 0.37^2 * 14.17} = 0.208$$

$$\alpha = 1.25 * \left(1 - \left(\sqrt{1 - 2\mu}\right)\right) = (1.25 * \left(1 - \left(\sqrt{1 - 2 * 0.21}\right)\right)) = 0.296$$

\Rightarrow **Pivot B**

$$\varepsilon = \frac{3.5}{1000} * \frac{1 - \alpha}{\alpha} = \frac{3.5}{1000} * \frac{1 - 0.296}{0.296} = 8.3 * 10^{-3}$$

$$\varepsilon_{ae} = \frac{f_e}{1.15 E a} = 1.74 * 10^{-3}$$

$$\varepsilon \geq \varepsilon_{ae}$$

$$\Rightarrow \quad \sigma_a = \frac{f_e}{1.15} = 347.83 \text{ MPa}$$

$$A_u = \frac{8090.66 * 10^{-5} * 10^4}{0.37 * (1 - (0.4 * 0.296)) * 347.83} = 7.13 \text{ cm}^2 \quad (5T14)$$