

## Module/ calcul béton armé (BAEL)

### EXERCICE 1 ETUDE D'UNE POUTRE

On considère le plan de coffrage du plancher haut du RDC d'un bâtiment R+2 ci-joint. Le plancher est une dalle à hourdis d'épaisseur 15+5.

On vous demande de ferriller la poutre N6 de ce plancher .

#### Charges :

- Poids volumique du béton armé  $\rightarrow 25000\text{N/m}^3$
- Plancher  $\rightarrow 2850\text{ N/m}^2$
- Revêtement  $\rightarrow 800\text{N/m}^2$
- Cloison  $\rightarrow 600\text{ N/m}^2$
- Charge d'exploitation  $\rightarrow 1500\text{ N/m}^2$

#### Caractéristiques des matériaux :

Béton :  $f_{c28}=25\text{ MPa}$

Acier longitudinal : FeE400

Acier transversal : FeE 235

Fissuration préjudiciable **sans reprise de bétonnage**

Enrobages des aciers = 5cm

Etapes à suivre pour la détermination du ferrailage de la poutre N6 :

- 1 – Déterminer les charges appliquées sur la poutre par mètre linéaire à l'E.L.U et à l'E.L.S ?
- 2 – calculer les moments fléchissant maximaux à l'E.L.U et à l'E.L.S et l'effort tranchant max à l'E.L.U ?
- 3 – Déterminer la section des armatures longitudinales de la poutre N6 ?

En prenant :

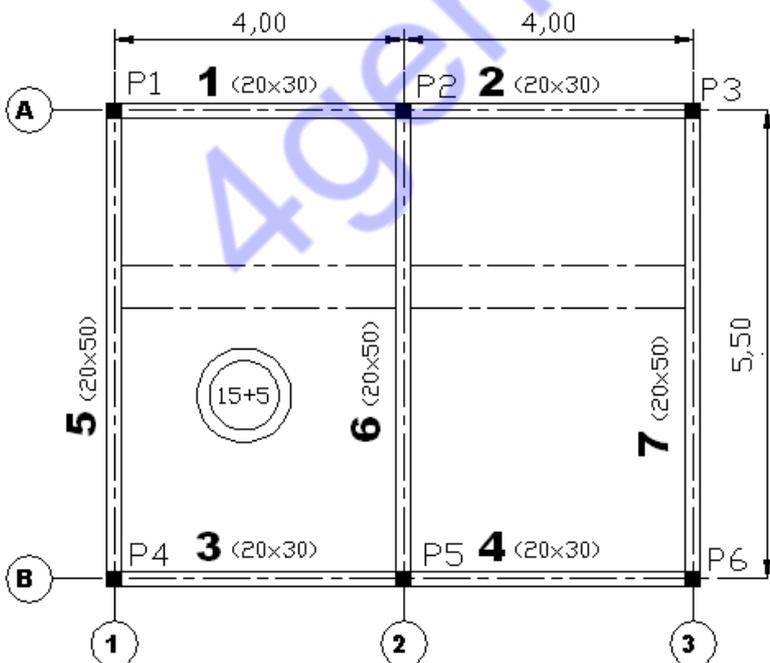
$$M_u = 0.121\text{ MN.m}$$

$$M_{ser} = 0.088\text{ MN.m}$$

$$V_u = 0.092\text{ MN.}$$

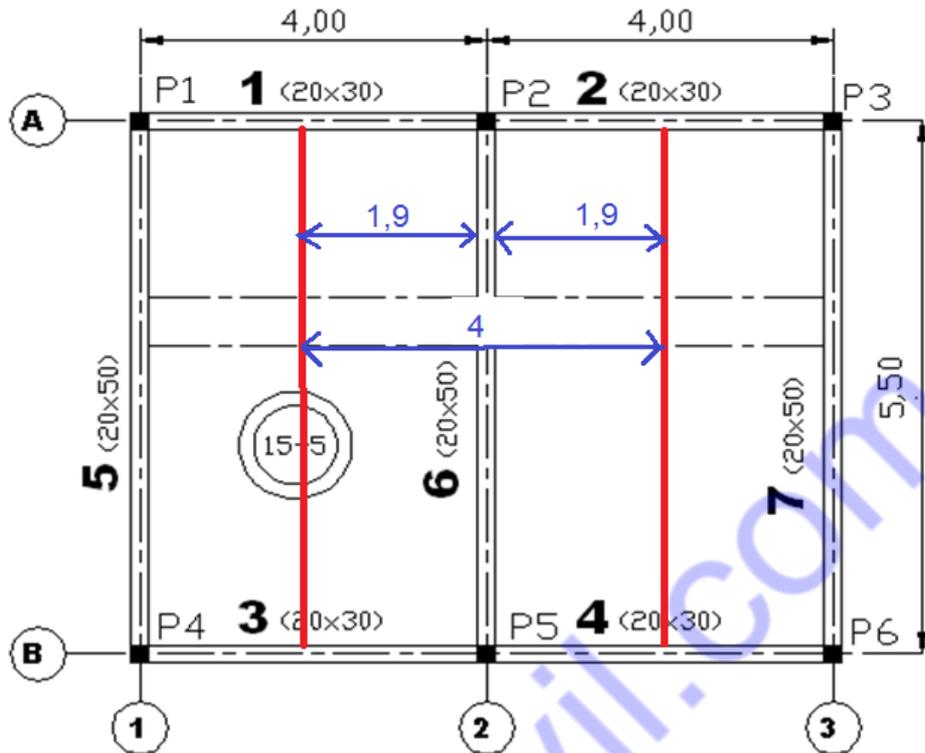
- 4 – Déterminer les armatures transversales de la poutre N6 ?

5 – Représenter la demi portée de la poutre (armature longitudinale, armatures transversales) et sa coupe transversale.



## CORRIGE

1) Déterminer les charges appliquées sur la poutre par mètre linéaire à l'E.L.U et à l'E.L.S ?



| Charge permanente G (N/m)     |                                   |                  |
|-------------------------------|-----------------------------------|------------------|
| Poids propre de la poutre N6  | 25000 x 0,2 x 0,5                 | 2500             |
| Plancher                      | 2850 x (1,9 + 1,9) = 2850 x 3,8   | 10830            |
| Revêtement                    | 800 x (1,9 + 1,9 + 0,2) = 800 x 4 | 3200             |
| Cloison                       | 600 x (1,9 + 1,9 + 0,2) = 600 x 4 | 2400             |
|                               | <b>G =</b>                        | <b>18930 N/m</b> |
| Charge d'exploitation Q (N/m) |                                   |                  |
|                               | <b>Q =</b> 1500 x 4               | <b>6000 N/m</b>  |

**ELU :**  $q_u = 1,35G + 1,5Q = 34\ 555,5 \text{ N/m}$

**ELS :**  $q_{ser} = G + Q = 24\ 930 \text{ N/m}$

2 – calculer les moments fléchissant maximaux à l'E.L.U et à l'E.L.S et l'effort tranchant max à l'E.L.U ?

$$M_u = 34\ 555,5 \times \frac{5,3^2}{8} = 121\ 333 \text{ N.m} \approx 0,121 \text{ MN.m}$$

$$M_{ser} = 24\ 930 \times \frac{5,3^2}{8} = 87\ 535 \text{ N.m} \approx 0,088 \text{ MN.m}$$

$$V_u = 34\ 555,5 \times \frac{5,3}{2} = 91\ 572 \text{ N.m} \approx 0,092 \text{ MN}$$

### 3 – Déterminer la section des armatures longitudinales de la poutre N6 ?

#### ELU :

$$f_{bc} = \frac{0,85 \times 25}{1 \times 1,5} = 14,17 \text{ MPa}$$

$$\mu_u = \frac{0,121}{0,2 \times 0,45^2 \times 14,17} = 0,211 > 0,186$$

Donc on doit comparer  $\mu_u$  et  $\mu_l$

Pour l'acier FeE400 on a  $\mu_l = 0,391$

Donc on a  $\mu_u < \mu_l$

Donc 2<sup>er</sup> cas calcul de  $A_{st}$  seulement :

$$f_{su} = \frac{400}{1,15} = 347,8 \text{ MPa}$$

$$\alpha_u = 1,25 \times (1 - \sqrt{(1 - 2 \times 0,211)}) = 0,299$$

$$Z = 0,45 \times (1 - 0,4 \times 0,299) = 0,396 \text{ m}$$

$$A_{st} = \frac{0,121}{0,396 \times 347,8} = 8,78 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 8,78 \text{ cm}^2$$

#### ELS :

$$\bar{\sigma}_{bc} = 0,6 \times 25 = 15 \text{ MPa}$$

Fissuration préjudiciable :

$$\bar{\sigma}_{st} = \inf\left(\frac{2}{3} \times 400 ; 110 \times \sqrt{1,6 \times 2,1}\right)$$

$$\bar{\sigma}_{st} = \inf(266,7 \text{ MPa} ; 201,6 \text{ MPa}) = 201,6 \text{ MPa}$$

$$\bar{\alpha} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 201,6} = 0,53$$

$$y_l = 0,53 \times 0,45 = 0,24 \text{ m}$$

$$Z = 0,45 \times \left(1 - \frac{0,53}{3}\right) = 0,37 \text{ m}$$

$$M_{rsb} = \frac{1}{2} \times 0,2 \times 0,24 \times 0,37 \times 15 = 0,133 \text{ MNm}$$

On a :  $M_{ser} < M_{rsb}$

$$A_{st} = \frac{0,088}{0,37 \times 201,6} = 1,18 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 11,8 \text{ cm}^2$$

Donc finalement :  $A_{st} = 11,8 \text{ cm}^2$

Vérification :

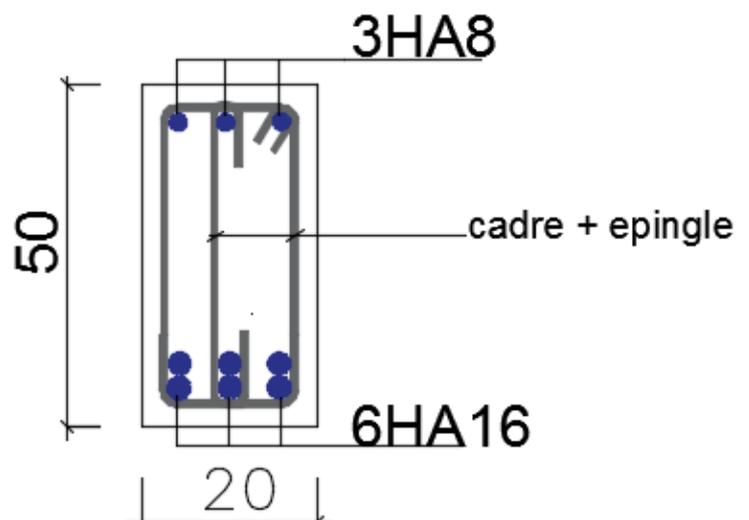
$$f_{t28} = 0,6 + 0,06 \times 25 = 2,1 \text{ MPa}$$

$$A_{smin} = 0,23 \times \frac{2,1}{400} \times 20 \times 45 = 1,08 \text{ cm}^2$$

On a donc :  $A_{st} > A_{smin}$

Finalement on prend :  $A_{st} = 11,8 \text{ cm}^2$

Choix : **6HA16**



#### 4-Déterminer les armatures transversales de la poutre N6 ?

- **Vérification de la Contrainte de cisaillement :**

$$\tau_u = \frac{0,092}{0,2 \times 0,45} = 1,02 \text{ MPa}$$

Fissuration préjudiciable et Armatures droites donc :

$$\bar{\tau}_u = \min\left(\frac{0,15 \times 25}{1,5} = 2,5 \text{ MPa} ; 4 \text{ MPa}\right) = 2,5 \text{ MPa}$$

Vérification : on a  $\tau_u < \bar{\tau}_u$

- **Diamètre :**

$$\phi_t \leq \min\left(\frac{50}{35} \text{ cm} ; 8 \text{ mm} ; \frac{20}{10} \text{ cm}\right)$$

$$\phi_t \leq \min(1,43 \text{ cm} ; 8 \text{ mm} ; 2 \text{ cm}) = 8 \text{ mm} \quad \text{donc On prend : } \phi_t = \mathbf{6 \text{ mm}}$$

- **Espacement  $S_t$  :**

$$A_t = 3\phi_6 = 0,85 \text{ cm}^2 = 0,85 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \quad (\text{cadre + epingle} = 3 \text{ branches} = 3 \text{ barres } \phi_6)$$

Bétonnage sans reprise :  $K = 1$

$$S_t \leq \frac{0,9 \times 0,85 \times 10^{-4} \times 235}{1,15 \times 0,2 \times (1,02 - 0,3 \times 2,1 \times 1)} = 0,20 \text{ m} = 20 \text{ cm}$$

On prend :  $S_t = \mathbf{20 \text{ cm}}$

- **Espacement  $S_{tmax}$  :**

$$S_{tmax} \leq \min\left(0,9 \times 0,45 \text{ m} ; 0,40 \text{ m} ; \frac{0,85 \times 10^{-4} \times 235}{0,4 \times 0,2}\right)$$

$$S_{tmax} \leq \min(0,405 \text{ m} ; 0,40 \text{ m} ; 0,25 \text{ m}) = 0,25 \text{ m} = 25 \text{ cm}$$

On prend :  $S_{tmax} = \mathbf{25 \text{ cm}}$

- **Répartition :**

On a :  $S_t \leq S_{tmax}$

$$1^{\text{er}} \text{ espacement : } \frac{S_t}{2} = \frac{20}{2} = 10 \text{ cm}$$

$$\text{Demi-portée : } \frac{L}{2} = \frac{5,3}{2} = 2,65 \text{ m} = 265 \text{ cm}$$

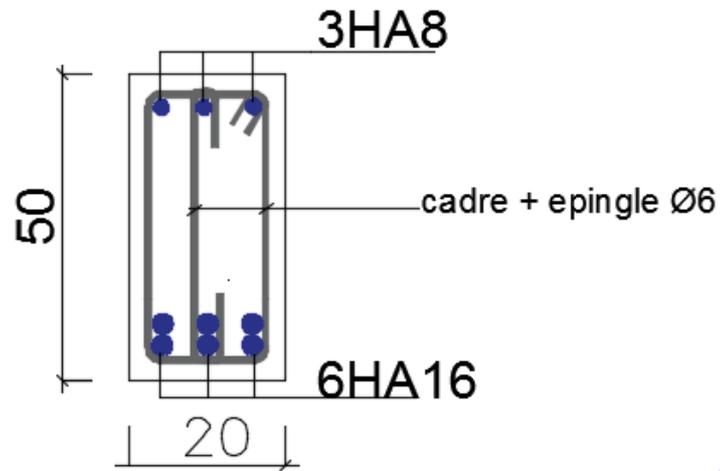
Nombre de mètres dans la demi-portée :  $n = 3$  ( car  $2,5 \text{ m} < 2,65 \text{ m} < 3,5 \text{ m}$ )

$$R = \frac{L}{2} = \frac{S_t}{2} + (n \times S_t) + (n \times \text{espacement de Caquot qui suit } S_t) + \dots$$

$$R = 265 \text{ cm} = 10 + (3 \times 20) + (3 \times 25) + (3 \times 30) + 30$$

5- Représenter la demi-portée de la poutre (armature longitudinale, armatures transversales) et sa coupe transversale.

Coupe transversale :



Coupe longitudinale :

