

1/ Ferrailage des poteaux :

Le calcul est fait à la flexion composé, car les poteaux sont sollicités par des moments fléchissement, des efforts normaux et efforts tranchants.

Remarque : Pour le ferrailage des poteaux, nous prendrons la poutre qui à un effort normal maximum et un moment fléchissant.

1/ L'E.L.U :

$$\mathbf{a/ Poteau B_2 : M_u = 20,42 \text{ KN.m}}$$

$$N_u = 479,44 \text{ KN}$$

Les données : **Matériaux :** Béton : $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$.

Acier : FeE400 type 1.

Coffrage : $b = 30 \text{ cm}$, $h = 40 \text{ cm}$, $d = 36 \text{ cm}$,

$C = C' = 2 \text{ cm}$.

Sollicitation : $M_u = 20,42 \text{ KN.m}$

$N_u = 479,44 \text{ KN}$ (compression)

Etapes de calcul :

*Calcul de l'excentricité :

$$e_1 = \frac{M}{N} = \frac{20,42}{479,44}$$

$$\text{AN : } e_1 = 0,04 \text{ m}$$

$$L_o = 4 \text{ m} \Rightarrow L_f = 0,7 L_o$$

$$\text{AN : } L_f = 2,8 \text{ m}$$

$$e_2 = \frac{3L_f^2(2 + \alpha\varphi)}{10^4 h} = \frac{3(2,8)^2 \times [2 + (0,85 \times 0,02)]}{10^4 \times 0,40}$$

$$\text{AN : } e_2 = 0,01 \text{ m}$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{0,85}{1 + 0,2 \left(\frac{\lambda}{35}\right)^2} = 0,85 ; \varphi = 2 \text{ cm}$$

$$e_3 = \text{Max} (2 \text{ cm} , \frac{L_o}{250}) = 2 \text{ cm}$$

$$\text{AN : } e_3 = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$$

$$N = N_G \Rightarrow N_G = 479,44 \text{ KN}$$

$$M_G = N(e_1 + e_2 + e_3) = 33,56 \text{ KN.m}$$

*Moment par rapport aux armatures inférieures :

$$M_i = M_G + N_G \left(\frac{h}{2} - C'\right) = 33,56 + 479,44 \left(\frac{0,40}{2} - 0,02\right)$$

$$\text{AN : } M_i = 119,86 \text{ KN.m}$$

*Moment par rapport aux armatures supérieures :

$$M_{\text{sup}} = M_G + N_G \left(\frac{h}{2} - C'\right) = 33,56 - 479,44 \left(\frac{0,40}{2} - 0,02\right)$$

$$\text{AN : } M_{\text{sup}} = -52,74 \text{ KN.m}$$

*Moment réduit :

$$\mu_i = \frac{M_i}{b \cdot h^2 \cdot \sigma_{bc}} = 0,176 \quad , \quad \mu_{\text{sup}} = \frac{M_{\text{sup}}}{b \cdot h^2 \cdot \sigma_{bc}} = -0,077$$

Pour les valeurs de μ_i , μ_{sup} nous lisons sur l'abaque dans le cas où les armatures sont symétriques : $\rho_1 = \rho_1' = 0$

*Ferrailage longitudinal :

$$A = A' = \frac{\rho_1 \cdot b \cdot h \cdot \sigma_{bc}}{\gamma_s} \Rightarrow A = A' = 0$$

Chapitre VI

$$A_{st_{min}} = \frac{0.7B}{100} = \frac{0.7 \times 1200}{100} = 8,4 \text{cm}^2 \quad \text{On adopte : } 6HA14 = 9,24 \text{cm}^2$$

*Ferrailage transversal :

Matériaux : Béton : $f_{c28} = 25 \text{MPa}$.

Acier Rond lisse : FeE240 $f_e = 235 \text{MPa}$.

Coffrage : $b = 30 \text{cm}$, $h = 40 \text{cm}$, $d = 36 \text{cm}$, $C = C' = 2 \text{cm}$.

1/Vérification :

***Vérification à l'effort tranchant :** D'après l'article A.5.1.1 de règles B.A.E.L-91

On doit avoir : $\tau_u = \frac{V_u}{bd} \leq \min(0.13f_{c28} ; 5 \text{MPa}) = 3.25 \text{MPa}$.

$$V_u = 14,79 \text{KN}$$

$$\tau_u = \frac{V_u}{bd} = \frac{12,62 \times 10^{-3}}{0.30 \times 0.36} = 0.12 \text{MPa} < 3.25 \text{MPa} \quad \text{Donc c'est vérifié.}$$

***Armatures transversales :** Disposition constructive

Diamètre : $\phi_t \leq \min\left(\frac{h}{35} ; \phi_L ; \frac{b}{10}\right) \Rightarrow \text{Article A.7.2.2 B.A.E.L-91}$

$$\phi_t \leq \min\left(\frac{400}{35} ; 12 ; \frac{300}{10}\right) \Rightarrow \phi_t \leq \min(11,43 ; 12 ; 30) \text{mm}$$

On adopte un cadre et un étrier $\phi_t = 6 \text{mm}$ pour la section des armatures transversales $A_t = 1.12 \text{cm}^2$.

***Espacement des armatures transversales :**

*Il doit être inférieur ou égal à la plus petite des trois valeurs suivantes :

$$S_t \leq \min(40 \text{cm} ; a + 10 ; 15 \phi_L) \Rightarrow S_t \leq \min(40 ; (30 + 10) ; (15 \times 1.2)) \text{cm} \Rightarrow S_t \leq 18 \text{cm}$$

\Rightarrow On adopte un espacement $S_t = 15 \text{cm}$

***Vérification complémentaire :**

1/ Espacement minimal :

$$7 \text{cm} \leq S_t \leq \min(0.9d ; 40 \text{cm}) \Rightarrow 7 \text{cm} \leq S_t \leq 32,4 \text{cm}$$

$$7 \text{cm} \leq 15 \text{cm} \leq 25.2 \text{cm} \dots \dots \dots \text{Donc c'est vérifié.}$$

*Selon l'article A.7.4.2.2 D'après (7) page 50

***En zone nodale :** $S_t \leq \min(10 \phi_L ; 15 \text{cm}) \Rightarrow S_t \leq \min(10 \times 1.2 ; 15 \text{cm})$

$$\Rightarrow S_t \leq \min(12 ; 15) \text{cm}$$

$$\Rightarrow S_t \leq 12 \text{cm} \Rightarrow S_t = 10 \text{cm}$$

***En zone courante :** $S_t \leq 15 \phi_L \Rightarrow S_t \leq 15 \times 1.2 \Rightarrow S_t \leq 18 \text{cm} \Rightarrow S_t = 15 \text{cm}$

2/ Section minimale d'armature :

$$\frac{A_t \cdot f_e}{b \cdot S_t} \leq \max\left(\frac{\tau_u}{2} ; 0.4 \text{MPa}\right) \Rightarrow \frac{A_t \cdot f_e}{b \cdot S_t} \leq \max(0.07 ; 0.4 \text{MPa})$$

$$\Rightarrow A_t \leq \frac{30 \times 18}{235 \times 0.4} \Rightarrow A_t = 5.74 \text{cm}^2$$

***Vérification de la contrainte du béton :**

Généralement si la fissuration est considérée peu préjudiciable, on ne vérifie que la contrainte du béton :

$$\overline{\sigma}_{bc} = 0.6 f_{c28} = 0.6 \times 25$$

$$\text{AN : } \overline{\sigma}_{bc} = 15 \text{MPa}$$

Chapitre VI

$$\sigma_{bc} = k \cdot y < \overline{\sigma}_{bc}$$

$$by^2 + 30(A_s + A_{s'})y - 30(d \cdot A_s + d' \cdot A_{s'}) = 0 \quad \Leftrightarrow A_{s'} = 0$$

$$by^2 + 30A_s - 30(d \cdot A_s) = 0$$

$$30y^2 + 30(9,24)y - 30(36 \times 9,24) = 0$$

$$30y^2 + 277,2y - 9979,2 = 0$$

$$\Delta = (277,2)^2 - 4(30)(-9979,2) = 1274343,84$$

$$\sqrt{\Delta} = 1128,87$$

$$y = \frac{-277,2 + 1128,87}{2 \times 30}$$

$$\text{AN : } y = 14,19 \text{ cm}$$

*Moment d'inertie :

$$I_o = \frac{by^3}{3} + 15(A_s(d-y)^2) = \frac{30 \times 14,19^3}{3} + 15(9,24 \times (36 - 14,19)^2) \quad \text{AN : } I_o = 94522,95 \text{ cm}^4$$

$$K = \frac{M_{ser}}{I_o} = \frac{14,79 \times 10^3}{94522,95} \quad \text{AN : } K = 0,16 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma_{bc} = k \cdot y = 0,16 \times 14,19 = 2,22 \text{ MPA} < \overline{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPA} \quad \Leftrightarrow \text{C'est vérifié}$$

*Méthode de Caquot :

Série de Caquot : (7-8-9-10-11-13-16-20-25-30-35-40)

$$m = \text{ent} \frac{L_s}{2} = \frac{4}{2} = 2$$

*Longueur de seulement

$$L_s = 40 \phi$$

$$\text{AN : } L_s = 56 \text{ cm}$$