

Ex: soit un tirant de section carrée  $0,20 \times 0,20 \text{ m}^2$   
solllicité par :

$$N_G = 100 \text{ KN (effort normal permanent centré)}$$

$$N_Q = 40 \text{ KN (effort normal d'exploitation centré)}$$

Calculer le ferrailage longitudinal du tirant lorsque :

- la fissuration est peu-préjudiciable

- " " " préjudiciable

- " " " très préjudiciable

Données :

$$f_{t28} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_e = 500 \text{ MPa-HA}$$

Rep:

1) Contraintes du béton et de l'acier

Béton

$$\text{ELU: } f_{bc} = \frac{0,85 \times f_{t28}}{1,5} = \frac{0,85 \times 25}{1,5} = 14,17 \text{ MPa}$$

$$\text{ELS: } \bar{\sigma}_{bc} = 0,6 \times f_{t28} = 0,6 \times 25 = 15 \text{ MPa}$$

Acier

$$\text{ELU: } \frac{f_e}{1,15} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$$

$$\text{ELS: } \left\{ \begin{array}{l} \text{Peu-préjudiciable} = 434,78 \\ \text{préjudiciable} = \min \left( \frac{2}{3} \times 500 ; 110 \sqrt{1,6 \times 2,1} \right) \\ \quad = 201,63 \text{ MPa} \\ \text{très préjudiciable} = \min \left( \frac{1}{2} \times 500 ; 90 \sqrt{1,0 \times 2,1} \right) \\ \quad = 164,97 \text{ MPa} \end{array} \right.$$

2) efforts de traction normal:

$$\begin{aligned} \text{ELU: } N_u &= 1,35 N_G + 1,5 N_Q \\ &= 1,35 \times 100 + 1,5 \times 40 = 195 \text{ kN} \\ &= 0,195 \text{ MN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ELS: } N_{ser} &= G + Q = 100 + 40 = 140 \text{ kN} \\ &= 0,14 \text{ MN} \end{aligned}$$

3) Armatures:

$$* A_{min} = \frac{b h^2 \epsilon_s}{f_e} = 20 \times 20 \left( \frac{2,1}{500} \right) = 1,68 \text{ cm}^2$$

$$* \text{ELU: } A_u = \frac{1,15 N_u}{f_e} = \left( \frac{1,15 \times 0,195}{500} \right) \cdot 10^4 = 4,48 \text{ cm}^2 \quad \begin{matrix} (3T14) \\ (4T12) \end{matrix}$$

$$* \text{ELS: } A_{ser} = \frac{N_{ser}}{\bar{\sigma}_a} \begin{cases} \text{peu prej} \cdot \left( \frac{0,14}{43,99} \right) \cdot 10^4 = 3,14 \text{ cm}^2 & (3T12) \\ \text{prej} \left( \frac{0,14}{20,63} \right) \cdot 10^4 = 6,34 \text{ cm}^2 & \begin{matrix} (7T12) \\ (5T14) \end{matrix} \\ \text{très prej} \left( \frac{0,14}{16,77} \right) \cdot 10^4 = 8,49 \text{ cm}^2 & \begin{matrix} (8T12) \\ (6T14) \end{matrix} \end{cases}$$

fissuration peu-prejudiciable  $\rightarrow$  4T12 ou 3T14

4 très prejudiciable  $\rightarrow$  8T12 ou 6T14

4 prejudiciable  $\rightarrow$  7T12 ou 5T14

Ex:

Soit un mur de soutènement de hauteur  $H = 6 \text{ m}$ .

La poussée active pondérée  $F_A = 950 \text{ kN}$  appliquée au  $\frac{1}{3}$  de  $H$  à partir de la base du mur.

1°) En supposant que le mur est parfaitement lisse.

Calculer le ferrailage si le mur présente une rugosité de  $20^\circ$  des tirants d'ancrage

2) Que devient ce ferraillage si le mur présente une rugosité de  $20^\circ = \delta$

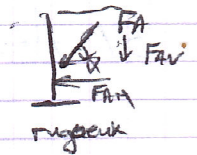
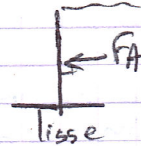
la poussée  $F_A$  est équilibrée de manière égale par le tirant d'ancrage de section circulaire, ancrés dans le ben. sol se trouvant à 4m derrière le remblai

Données :

$$f_e = 500 \text{ MPa} - H_A$$

$$f_{ct28} = 22 \text{ MPa}$$

fissuration préjudiciable



Rep :

1) Calculs dans le cas d'un mur lisse

\* ELU :

$$N_u = \frac{F_A}{2} = \frac{950}{2} = 475 \text{ KN} = 0,475 \text{ MN}$$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{f_e}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$$

$$A_u = \frac{1,15 N_u}{f_e} = \left( \frac{1,15 \times 0,475}{500} \right) \cdot 10^4$$

$$A_u = 10,92 \text{ cm}^2$$

\* ELS

?

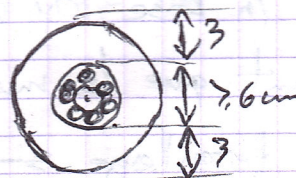
$$M_{ser} = \frac{950}{2 \times 1,35} = 351,85 \text{ KN} = 0,352 \text{ MN}$$

$$\bar{\sigma}_a = \min \left( \frac{2}{3} \times 500 ; 110 \sqrt{1,6 \times 1,92} \right) = 192,8 \text{ MPa}$$

$$f_{ct28} = 0,6 + 0,06 \times 22 = 1,92$$

$$A_{ser} = \left( \frac{0,352}{192,8} \right) 10^4 = 18,25 \text{ cm}^2$$

(6T20 ; 4T25)



2) Calculs dans le cas d'un mur rugueux

$$A_v = 10,92 \times \cos 20 = 10,26 \text{ cm}^2$$

$$A_{ser} = 18,25 \times \cos 20 = 17,14 \text{ cm}^2$$

Exercice :  $\triangle$

Déterminer la longueur de scellement droit d'un tirant sachant que la contrainte d'adhérence  $\bar{\tau}_s$  est donnée par l'expression :

$$\bar{\tau}_s = 0,6 \psi_s f_{e28}$$

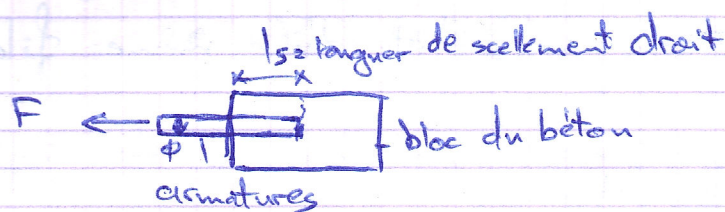
$$\psi_s = \begin{cases} 1; & \text{si aciers ronds lisses} \\ 1,6; & \text{si aciers H.A} \end{cases}$$

l'acier utilisé est de limite élastique  $f_e = 500 \text{ MPa}$

1) Faire les calculs pour les diamètres de barre usuels :

$$\phi = 10 - 12 - 16 - 20 \text{ mm}$$

2) Comparer les résultats obtenus en fonction des formules utilisées, c-à-d  $\lambda \cdot \phi$  ;  $\lambda$  étant un coefficient à déterminer.



$$f_{e28} = 25 \text{ MPa}$$

Rep :

$$F = f_e \frac{\pi \phi^2}{4}$$

$$S_e = \pi \phi \cdot l_s$$

$$\tau_s = \frac{F}{S_e} = \frac{f_e \cdot \pi \cdot \phi^2}{4 \pi \cdot \phi \cdot l_s} \leq \bar{\tau}_s = 0,6 \psi_s f_{e28}$$

$$l_s \geq \frac{f_e \phi}{2,4 \psi_s f_{e28}}$$

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

$$l_s \geq \left( \frac{500}{2,4 \psi_s \times 2,1} \right) \phi = \begin{cases} 99,20 \phi ; \text{ ronds lisse} \\ 38,75 \phi ; \text{ HA} \end{cases}$$

$$l_s \geq \begin{cases} 99,2 - 119,04 - 138,89 - 158,72 - 198,4 \\ 38,75 - \underbrace{46,5}_{12} - \underbrace{54,25}_{14} - 62 - 77,5 \end{cases}$$



$$l_s \geq 50 \phi$$

Ex:

une structure en béton armé est composée d'une planche comportant une dalle d'épaisseur 40 cm reposant sur 2 files de poteaux (I) et (II) de section-carrée.

la file (I) de poteaux ont une hauteur de 4m et encastrés aux 2 extrémités. la file (II) est constituée de poteaux bi-articulés et hauteur 5m.

la distance entre 2 poteaux consécutifs d'une même file est de 4 m.

1) Calculer le coffrage des poteaux.

2) Calculer le ferrailage des poteaux.

Données: surcharge = 20 kN/m<sup>2</sup>

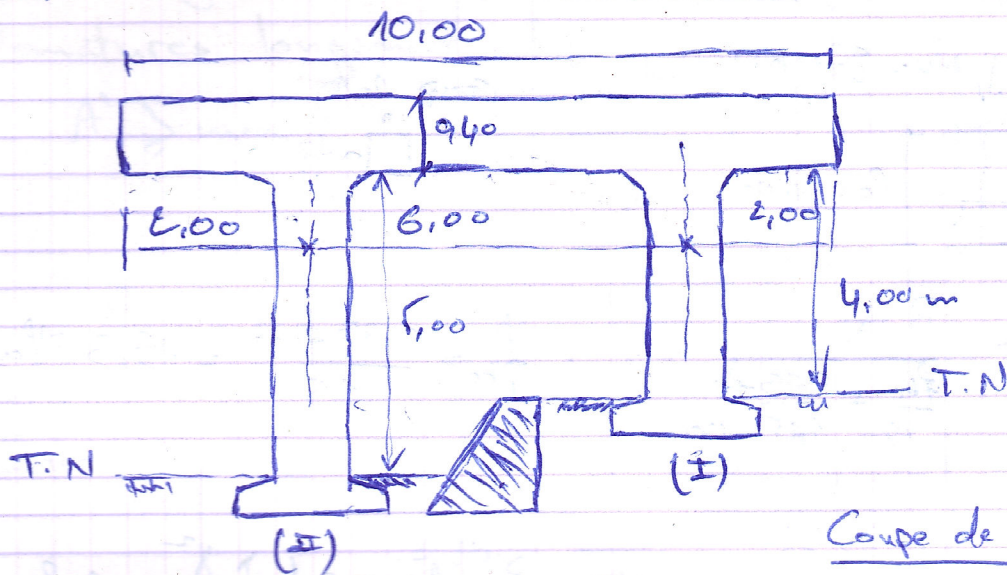
$$f_{c28} = 27 \text{ MPa}$$

$$f_e = 500 \text{ MPa} - \text{HA}$$

fissuration peu-préjudiciable

$$\gamma_{\text{béton}} = 25 \text{ kN/m}^3$$

# Coupe



charge appliquées à la dalle.

charge permanente:

$$G = 25 \times 0,4 = 10 \text{ KN/m}^2$$

charge d'exploitation:

$$Q = 20 \text{ KN/m}^2$$

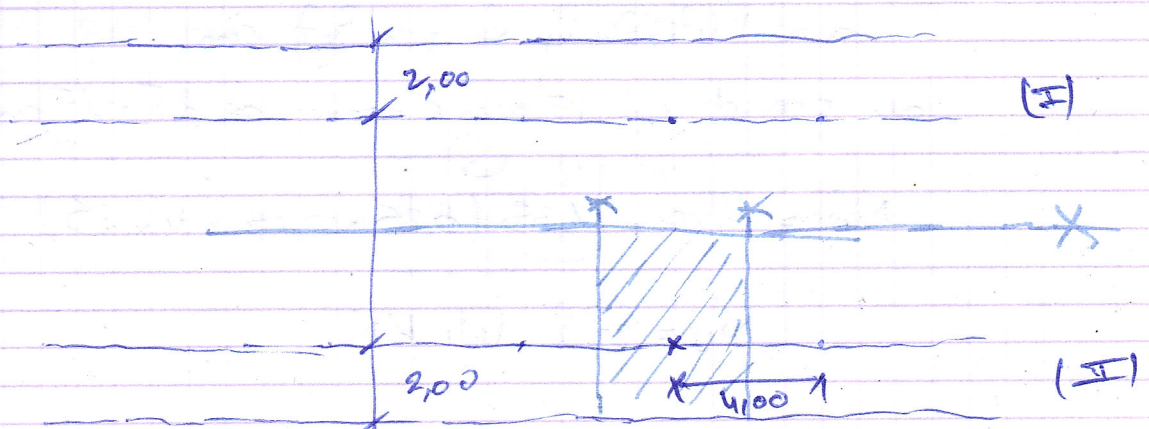
charge de calcul à l'ELU

$$P_u = 1,35 \times G + 1,5 \times Q = 43,5 \text{ KN/m}^2$$

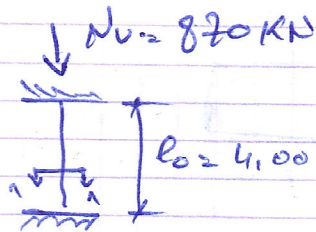
Effort de compression repris par un poteau:

$$N_u = (4 \times 5) \times 43,5 = 870 \text{ KN}$$

Vue en plan:



# Coffrage de la file de poteaux (I)



Coup 1-1



$$\beta_r \geq \frac{\beta N_u}{\frac{f_{bc}}{0.9} + \frac{0.85 f_c}{1.15 \times 100}} \quad ; \quad f_{bc} = \frac{0.85 f_{c28}}{1.5} = 15.3 \text{ MPa}$$

$$\text{on fixe } \left. \begin{array}{l} \lambda = 35 \\ \lambda \leq \lambda_0 \end{array} \right\} \rightarrow \beta = 1 + 0.2 \left( \frac{\lambda}{35} \right)^2 = 1.2$$

$$\beta_r \geq \left( \frac{1.2 \times 0.870}{\frac{15.3}{0.9} + \frac{0.85 \times 100}{1.15}} \right) 10^4 = 504.45 \text{ cm}^2$$

$$(a - l)^2 = 504.45 \Rightarrow a = \sqrt{504.45} + l = 24.45 \text{ cm}$$

on prend  $a = 25 \text{ cm}$

$$i = \sqrt{\frac{a^4}{12 \cdot a^2}} = \frac{a}{2\sqrt{3}}$$

$$\lambda = \frac{lf}{i} = \frac{0.5 \times 4 \times 2\sqrt{3}}{0.25} = 27.71$$

$$\beta = 1 + 0.2 \left( \frac{27.71}{35} \right)^2 = 1.12$$

$$\beta_r \geq \frac{504.12}{1.12} \times 1.12 = 470.82 \text{ cm}^2$$

$$a = \sqrt{470.82} + l = 23.7 \text{ cm}$$

on prend un poteau carré de  $25 \times 25 \text{ cm}^2$

$$N'_u = 870 + (1.35)(0.25 \times 0.25 \times 4 \times 25)$$

$$N'_u = 878.44 \text{ kN}$$

# Ferraillage de la fille de poteaux (I)

Armatures longitudinales

$$A' \geq \max \left[ \frac{\beta N - \frac{B_r f_{bc}}{1,9}}{0,85 \cdot \frac{f_c}{1,15}} ; A'_{\min} \right], \quad \beta = 1,12$$

$$A'_{\min} = \max \left[ 4(u) ; \frac{0,2 B}{100} \right]; \quad u \text{ en m}$$

Périmètre de la section en mètre

$$\left( \frac{1,12 \times 878,4 \times 10^{-3} - \frac{(0,23)^2 \times 15,3}{0,9}}{0,85 \times \frac{500}{1,15}} \right) 10^4 = 2,45 \text{ cm}^2$$

$$B_r = (0,23)^2$$

$$A'_{\min} = \max \left[ 4 \times 1 ; \frac{0,2 (25)^2}{100} \right]$$

$$= 4 \text{ cm}^2$$

$$[A' \geq 4 \text{ cm}^2]$$

$$[4 T12 (4,52 \text{ cm}^2)]$$

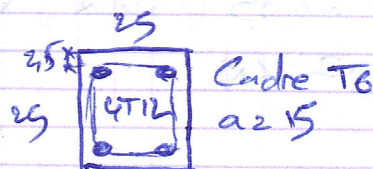
Armatures transversales:  $\phi_t, S_t$

$$\left. \begin{array}{l} \phi_t \geq \frac{3}{10} \phi_{\min} = \frac{3}{10} \times 18 = 3,6 \\ 6 \text{ mm} \end{array} \right\}$$

Cadre  $[\phi_t = 6 \text{ mm}]$

$$S_t \leq \min \left( \frac{15 \times 1,2}{18} ; 25 \times 10 ; 40 \right) = 18$$

par exemple  $S_t = 15 \text{ cm}$





# Coffrage de la file du poteaux (II)

$$N_u = 870 \text{ KN} \\ \text{poteaux carrés} \quad \left| \quad \begin{array}{c} \text{---} \\ | \\ l_0 = 5 \text{ m} \\ | \\ \text{---} \end{array} \right.$$

$$\lambda_0 = 35 \rightarrow \beta = 1,2$$

$$B_r \geq \frac{\beta N_u}{\frac{f_{bc}}{0,9} + \frac{0,85 f_c}{1,15 \times 100}} = \left( \frac{1,2 \times 0,870}{\frac{15,73}{0,9} + \frac{0,85 \times 500}{1,15}} \right) 10^4$$

$$B_r = 504,45 \text{ cm}^2$$

$$(a - 2)^2 = 504,45 \Leftrightarrow a \geq 24,45 \text{ cm}$$

$$[a = 25 \text{ cm}]$$

verification :

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{1 \times 5 \times \sqrt{3}}{0,25}$$

$$\lambda = 69,28$$

$$\beta = \frac{0,85 \times \lambda^2}{1500} = 2,72$$

$$B_r \geq \left( \frac{2,72 \times 0,870}{\frac{15,73}{0,9} + \frac{0,85 \times 100}{1,15}} \right) \cdot 10^4$$

$$B_r = 1143,42 \text{ cm}^2$$

$$a \geq 35,81 \text{ cm}$$

on prend un poteaux carrée  $40 \times 40 \text{ cm}^2$

$$N'_u = 870 + 1,35 (0,4^2 \times 5 \times 25)$$

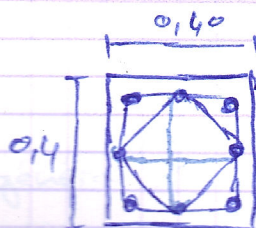
$$N'_u = 897 \text{ KN}$$

# ferrailage de file de poteau (II)

$$A' \geq \max \left[ \frac{\beta N_u - B_r f_{bc}}{0,85 \cdot \frac{f_e}{1,15}} ; A_{\min} \right]$$

$$A'_{\text{calcul}} = \left( \frac{2,92 - 0,8997 - \frac{(0,38)^2 \times 15,3}{0,9}}{\frac{0,85 \times 500}{1,15}} \right) \cdot 10^4 < 0$$

$$A'_{\min} = \max \left[ \frac{4 \times 1,6}{6,4} ; \frac{0,2 \times (40)^2}{100} \right] = 6,4 \text{ cm}^2$$



$$4T12 = 4,52$$

$$4T10 = \frac{3,14}{7,66}$$

4T12 + 4T10  
2 cadres TC e=15

Exercice :