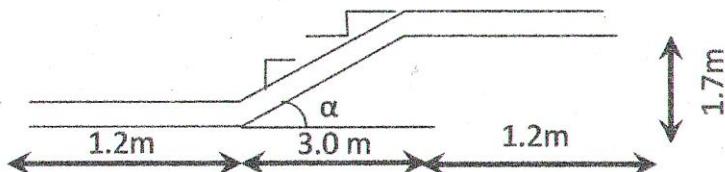


### Examen final du 2<sup>ème</sup> semestre (24/05/2025)

#### Exercice n°1 (08 pts)

Soit l'allure si dessous d'un escalier formé de deux paliers et une paillasse en béton armé :



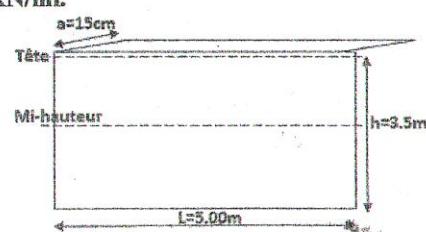
- 1- Pré dimensionner cet escalier en donnant le nombre de marches, la largeur du giron, l'épaisseur de la paillasse et du palier et l'angle de l'inclinaison  $\alpha$ .
- 2- On néglige le poids du garde corps et on prend une charge d'exploitation égale à 350Kg/m<sup>2</sup>. Calculer à l'état limite ultime de résistance le ferraillage de cet escalier en utilisant le FeE400.type1,  $\gamma_s=1.15$  et pour le béton on a  $f_{c28}=25MPa$ ,  $f_{t28}=2.1MPa$   $\sigma_{bc}=14.2MPa$ ,  $\gamma_b=1.15$ . (Vous prenez  $d=13cm$  et la masse volumique du béton 2500Kg/m<sup>3</sup>)
- 3- Faites un croquis représentatif du ferraillage.

#### Exercice n°2 (06 pts)

Soit un voile en béton armé représenté ci-joint, soumis à une charge linéaire répartie sous charges permanentes  $G= 500KN/ml$  et charges d'exploitation  $Q= 350KN/ml$ .

Si l'effort limite ultime est donné par la formule suivante :

$$N_{u\lim} = \alpha \left[ \frac{B_r \cdot f_{c28}}{0.9 \cdot \gamma_b} + A \cdot \frac{f_e}{\gamma_s} \right]$$

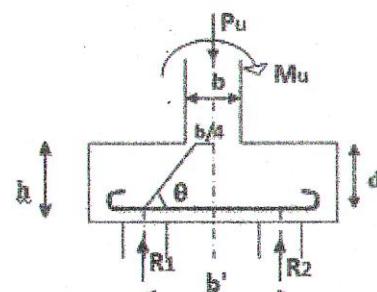


- Pour une bande de largeur  $d= 1m$ , calculer et proposer une section d'acier  $A$  pour ce voile après vérification des contraintes en tête et à mi-hauteur. (vous prenez :  $f_{c28}=25MPa$ ,  $f_e=400MPa$ ,  $\alpha=0.623$ ,  $B_r=0.13m^2$ ,  $\gamma_b=1.5$  et  $\gamma_s=1.15$ )

#### Exercice n°3 (06pts)

Soit un poteau de largeur  $b=60 cm$  transmettant une charge centrée  $P_u=3000KN$  et un moment  $M_u=280KNm$  à une semelle reposant sur deux pieux d'entre axes  $b'$  égales à 1.40m.

- 1- Calculer les dimensions ( $h$  et  $d$  de la semelle et l'angle d'inclinaison  $\theta$  des bielles). Prenez un enrobage égale 5cm
- 1- Calculer les réactions  $R_1$  et  $R_2$ .
- 2- Calculer la section des armatures inférieures et supérieures de cette semelle en utilisant le FeE400 type1.



Dr : BENADDI Hachemi

## Conig'hype

### Exercice n° 1

#### 1 - Prédimensionnement:

On doit s'obéir à la formule de Blondel.

$$159 \leq 2h + g \leq 64 \quad 0,25$$

Si le recouvrement vaut 3,00 m

On prend un  $g = 30 \text{ cm}$ .

et le nombre de marches  $N$

$$N = \frac{H}{h}$$

On suppose  $1/h = 1 \text{ f cm}$ .

$$\text{thus } N = \frac{1f_0}{1f} = 10 \text{ marches}$$

$$\boxed{N = 10 \text{ marches}}$$

$$\text{thus: } 2h + g = 34 + 30 = 64,$$

done

$$59 \leq 2h + g \leq 64$$

Alors on aura:

$$\left. \begin{array}{l} g = 30 \text{ cm.} \\ h = 1 \text{ f cm} \end{array} \right\} 0,25$$

$$\left. \begin{array}{l} N = 10 \text{ marches.} \end{array} \right\} 0,25$$

Epaisseur de la peielle et du palier.

$$\frac{l}{30} \leq l \leq \frac{l}{20}$$

$$\text{avec: } l = \sqrt{(1,1)^2 + (3)^2} \quad 0,25$$

$$= 3,44 \text{ m}$$

done.

L'angle de l'inclinaison  $\alpha$ .

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1,1}{3} = 0,366 \quad 0,25$$

$$\Rightarrow \alpha = 28,5^\circ \quad 0,25$$

#### 2 - Ferrailage:

Evaluation des charges

- Palier: Pour 1 m de linéaire

$$\text{Poids propre: } 1 \times 0,15 \times 2500 = 375 \text{ kg/ml}$$

$$g_1 = 1,35g + 1,5\varphi$$

$$g_1 = 1,35 \times 375 + 1,5 \times 350$$

$$\boxed{g_1 = 10312,5 \text{ N/ml}} \quad 0,25$$

#### 3 - Peielle:

$$\text{P. propre: } \frac{l}{COS \alpha} \times 1 \times 2500 = 431,03 \text{ kg/ml}$$

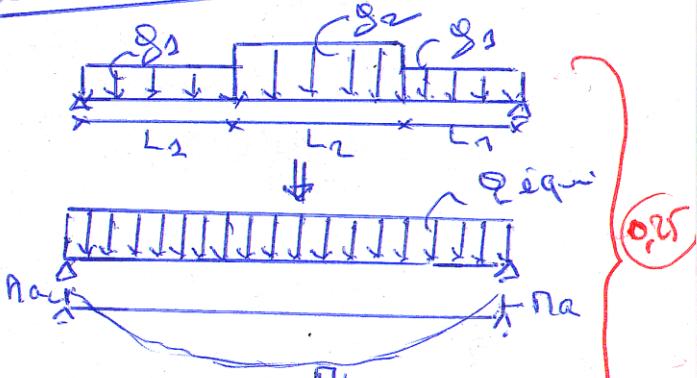
$$\text{P. des marches: } \frac{h}{2} \times 1 \times 2500 = 212,5 \text{ kg/ml}$$

$$g_2 = 1,35g + 1,5\varphi$$

$$= 1,35(431,03 + 212,5) + 1,5 \times 350$$

$$\boxed{g_2 = 13937,6 \text{ N/ml}} \quad 0,25$$

Calcul de la charge équivalente



$$Q_{\text{équt}} = \frac{\sum Q_i \cdot l_i}{\sum l_i} \quad (0,25)$$

$$\sum Q_i \cdot l_i = (2 \times 10312,5 \times 12 + 3 \times 13957,6) \text{ N.m}$$

$$Q_{\text{équt}} = 18326,44 \text{ N/m} \quad (0,15)$$

$$\Pi_0 = \frac{Q_{\text{équt}} \times L^2}{8} \quad (0,25)$$

$$\Pi_0 = 44929,88 \text{ N.m} \quad (0,25)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} M_E = 0,8 \Pi_0 = 35943,91 \text{ N.m} \\ \Pi_a = 0,3 \Pi_0 = 13478,96 \text{ N.m} \end{array} \right. \quad (0,25)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} M_E = 0,8 \Pi_0 = 35943,91 \text{ N.m} \\ \Pi_a = 0,3 \Pi_0 = 13478,96 \text{ N.m} \end{array} \right. \quad (0,25)$$

Ferrailage à la flexion simple

Entravée:

$$\mu = \frac{\Pi_E}{\sigma_b b d^2} = \frac{35943,91}{14,2 \times 100 \times (13)^2} = 0,949. \quad \mu < \mu_c \quad (0,25)$$

$$\text{Le tableau 5} \Rightarrow \beta = 0,9185. \quad (0,25)$$

$$\text{Et } A_t = \frac{H}{p.d.55} \quad (0,25)$$

$$A_t = \frac{35943,91}{0,9185 \times 13 \times 348} = 8,65 \text{ cm}^2 \quad (0,25)$$

$$(S)at 8\phi 12 = 9,06 \text{ m}^2. \quad (0,25)$$

$$\text{C.N.F : } A_{\min} = 0,23 f_L \frac{bd}{f_e} \quad (0,25)$$

$$= 1,56 \text{ m}^2$$

$$\therefore \Sigma A_t = 9,06 - 2,26 = 6,8 \text{ m}^2$$

1) Sur appuis

$$\mu = \frac{\Pi_a}{\sigma_b b d^2} = \frac{13478,96}{14,2 \times 100 \times 13^2} = 0,056 \quad (0,25)$$

$$\mu = 0,056 < \mu_c.$$

La tablaur nous donne

$$\beta = 0,971 \quad (0,25)$$

$$\text{Et } A_a = \frac{\Pi_a}{p.d.55} = 3,06 \text{ cm}^2 \quad (0,25)$$

$$\sum \text{at } \mu \phi \Pi_0 = 3,14 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma N.F, \quad A_{\min} = 1,56 \text{ m}^2 \quad (0,25)$$

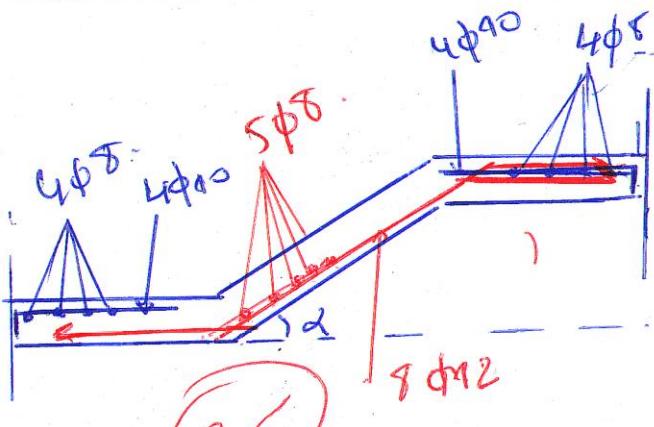
$A_a > A_{\min}$  (e.v.)

$$A_{\text{reg}} = \frac{A_a}{\mu} = \frac{3,14}{4} = 0,785 \text{ m}^2 \quad (0,25)$$

On adopte,

$$\mu \phi \delta = 2,01 \text{ m}^2$$

3) Croquis



(0,10)

### Exercice n° 2

Données :  $G = 500 \text{ kN}$ ,  $\varrho = 350 \text{ kg/m}^3$   
 $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$ ;  $f_e = 400 \text{ MPa}$ ;  $\alpha = 0,628$   
 $Bx = 0,13 \text{ m}^2$ ;  $\gamma_b = 1,5$  et  $\gamma_s = 1,15$

$$N_{ulim} = \alpha \left[ \frac{Bx f_{c28}}{0,9 \gamma_b} + A \cdot \frac{f_e}{\gamma_s} \right]$$

$$\Rightarrow A = \frac{\gamma_s}{f_e} \left[ \frac{N_{ulim}}{\alpha} - \frac{Bx f_{c28}}{0,9 \gamma_b} \right] \quad (0,15)$$

### Vérification du filet de voile

$$N_u = 1,35 G + 1,5 \varrho$$

$$N = 1200 \text{ kN} \quad (0,15)$$

Ensuite il faut vérifier que

$$\sqrt{\rho_w} \leq \sqrt{\rho_{ulim}} \quad (0,15)$$

à l'aide de l'égalité, on trouve

$$\rho_u = \frac{\rho_{ulim}}{\alpha}$$

$$\Rightarrow \rho_{ulim} = \alpha \cdot \rho_w$$

$$\frac{\rho_{ulim}}{\alpha \cdot d} = \alpha \cdot \frac{N_u}{\alpha \cdot d}$$

$$\Rightarrow N_{ulim} = \alpha \cdot N_u \quad (0,15)$$

On remplace dans la formule

on trouve

$$A = \frac{\gamma_s}{f_e} \left[ \alpha \frac{N_u}{\alpha} - \frac{Bx f_{c28}}{0,9 \gamma_b} \right]$$

$$\Rightarrow A = \frac{\gamma_s}{f_e} \left[ N_u - \frac{Bx f_{c28}}{0,9 \gamma_b} \right]$$

$$\Rightarrow A = \frac{1,15}{400} \left[ 1200 - \frac{130 \times 28}{0,9 \times 1,5} \right]$$

$$\Rightarrow A = -3,38 \text{ cm}^2 \quad (0,15)$$

C'est une section négative, ce qui veut dire que il n'y a pas besoin d'armatures (l'hélice n'est), mais on place en plus un T sonde plus épais face au centre. (0,15)

### Vérification à mi-hauteur

Le poids du filet va :

$$2,5 \times 0,15 \times 5 = 18750 \text{ N/m} \quad (0,15)$$

par mètre de hauteur (0,15)

$$\text{à mi-hauteur le poids sera : } 18750 \times 3,15 = 32812,5 \text{ N} \quad (0,15)$$

Donc

$$N_u = 1,35 [500 + 32,81] + 1,5 \times 35$$

$$N_u = 1244,30 \text{ kN} \quad (0,15)$$

à mi-hauteur il faut vérifier

que :  $\rho_u \leq \rho_{ulim}$

c'est à dire :  $N_u \leq N_{ulim}$

Et il faut trouver (A) donc  
la formule (1). on aura donc,

$$A = \frac{85}{f_e} \left[ \frac{\Pi_u}{\alpha} - B \cdot \frac{f_{cr}}{0,985} \right]$$

$$A = \frac{1,15}{400} \left[ \frac{12u_{4,30}}{0,530} - \frac{130 \times 26}{29 \times 1,5} \right]$$

$$A = -1,14 \text{ cm}^2 \quad 0,15$$

c'est une section négative aussi, ce qui  
veut dire qu'il n'y a pas besoin  
d'armature théoriquement, mais on  
place en général un treillis pendu  
sur chaque face au centre de vrille. 0,15

### Exercice n° 3

$$b = 60 \text{ cm}, P_u = 3000 \text{ KN} \quad \Pi_u = 280 \text{ KN.m}$$

$$b' = 1,40 \text{ cm} \text{ et l'enrobage} = 5 \text{ cm}$$

#### 1- Calcul des dimensions.

$$\Rightarrow 0,6 \left( \frac{b'-b}{2} \right) \leq d \leq 0,7 \left( \frac{b'-b}{2} \right) \quad 0,15$$

$$0,6(1,4 - 0,3) \leq d \leq 0,7(1,4 - 0,3)$$

$$0,5 \leq d \leq 0,7 \text{ cm} \quad 0,15$$

On mettra

$$d = 60 \text{ cm} \quad 0,15$$

$$\begin{cases} h = d + 5 \text{ cm} \\ h = 65 \text{ cm} \end{cases} \quad 0,15$$

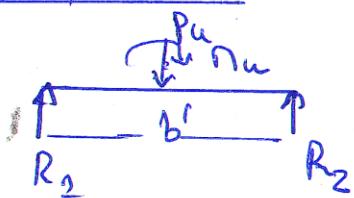
#### b) L'angle d'inclinaison $\theta$ .

$$\tan \theta = \frac{d}{\frac{b'}{2} - \frac{b}{4}} \quad 0,15$$

$$\tan \theta = \frac{60}{\frac{1,40}{2} - \frac{60}{4}} \quad ?$$

$$\Rightarrow \theta = \underline{47,46^\circ} \quad 0,15$$

#### 2- Calcul des réactions



$$R_1 = \frac{P_u}{2} + \frac{\Pi_u}{b'} \quad 0,15$$

App.N

$$R_1 = \frac{280}{1,4} + \frac{3000}{2}$$

$$R_1 = 1700 \text{ KN} \quad 0,15$$

$$R_2 = \frac{P_u}{2} - \frac{\Pi_u}{b'} \quad 0,15$$

App.N

$$R_2 = \frac{3000}{2} - \frac{280}{1,4}$$

$$R_2 = 1300 \text{ KN} \quad 0,15$$

#### 3- Calcul des armatures

$$\Pi_u = \epsilon_u P_u \Rightarrow \epsilon_u = \frac{\Pi_u}{P_u} = \frac{280}{3000}$$

$$l_2 = 93 \text{ cm} \quad 0,25$$

$$\frac{b}{a_0} = \frac{60}{6} = 10 \text{ cm} \quad 0,25$$

$\epsilon_u < \frac{b}{a_0} \rightarrow$  on applique la méthode à 3 barres. 0,15

#### c) Armature inférieure

$$\text{On P.S.E. } P_u = 2R_1$$

$$A_{inf} = \frac{1,10 R_1 (b' - \frac{b}{2})}{2 \sqrt{d}} \quad 0,15$$

$$A_{inf} = 1,10 \times 1700 (1,4 - 0,3)$$

$$A_{inf} = 49,85 \text{ m}^2 \quad ? \text{ soit } 11 \phi 25 = 54 \text{ m}^2 \quad 0,15$$