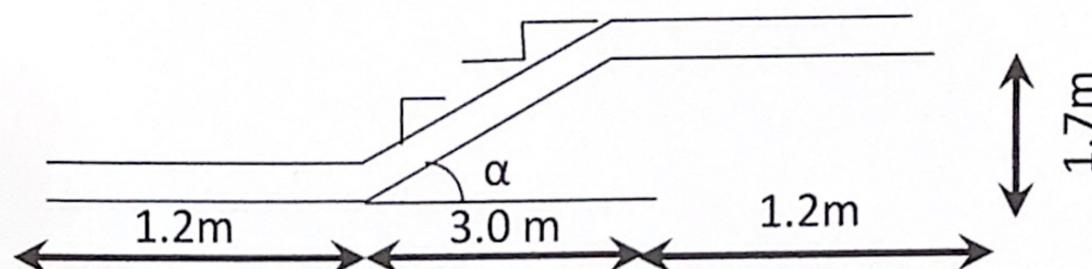


Examen final du 2^{ème} semestre (24/05/2025)

Exercice n°1 (08 pts)

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



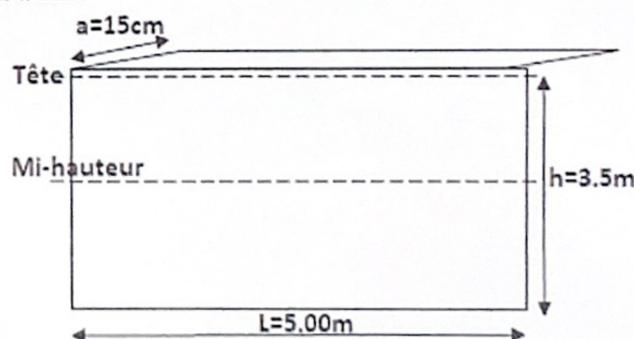
- 1- Pré dimensionner cet escalier en donnant le nombre de marches, la largeur du giron, l'épaisseur de la paillasse et du palier et l'angle de l'inclinaison α .
- 2- On néglige le poids du garde corps et on prend une charge d'exploitation égale à 350Kg/m^2 . Calculer à l'état limite ultime de résistance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

Exercice n°2 (06 pts)

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

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

$$N_{u\text{lim}} = \alpha \left[\frac{B_r \cdot f_{c28}}{0,9 \cdot \gamma_b} + A \cdot \frac{f_e}{\gamma_s} \right]$$

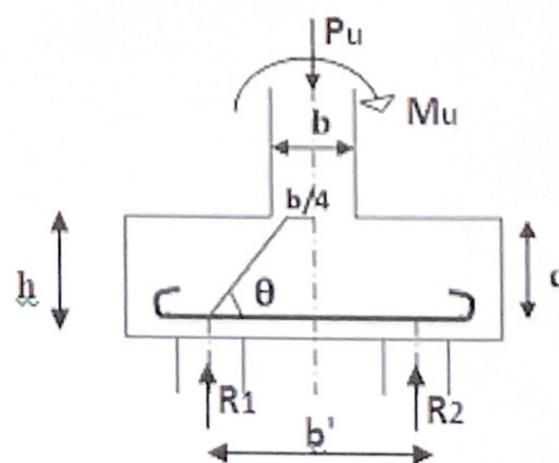


- Pour une bande de largeur $d=1\text{m}$, calculer et proposer une section d'acier A pour ce voile après vérification des contraintes en tête et à mi-hauteur. (vous prenez : $f_{c28}=25\text{MPa}$, $f_e=400\text{MPa}$, $\alpha=0.623$, $B_r=0.13\text{m}^2$, $\gamma_b=1.5$ et $\gamma_s=1.15$)

Exercice n°3 (06pts)

Soit un poteau de largeur $b=60\text{ cm}$ transmettant une charge centrée $P_u=3000\text{KN}$ et un moment $M_u=280\text{KNm}$ à une semelle repose 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 θ 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.



Bonne chance

Dr : BENADDI Hachemi

Conique type

Exercice n° 1

1 - Prédimensionnement:

On doit s'obéir à la formule de Blondel.

$$15g \leq 2h + g \leq 64 \quad (0,25)$$

Si le reculement vaut 3,00m

On prend un $g = 30$ cm.

et le nombre de marches N

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

On suppose $k = 17$ cm.

Alors $N = \frac{170}{17} = 10$ marches

$$N = 10 \text{ marches} \quad (0,25)$$

Alors

$$2h + g = 34 + 30 = 64$$

donc

$$15g \leq 2h + g \leq 64$$

Alors on aura:

$$\left. \begin{array}{l} g = 30 \text{ cm.} \\ h = 17 \text{ cm} \\ N = 10 \text{ marches} \end{array} \right\} \quad (0,25)$$

Épaisseur de la pailleasse et du palier:

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

avec: $e = \sqrt{(1,7)^2 + (3)^2} = 3,44 \text{ m} \quad (0,25)$

donc

$$0,11 \text{ m} \leq e \leq 0,17 \text{ m}$$

on adopte: $e = 15 \text{ cm} \quad (0,25)$

• L'angle de l'inclinaison α ,

$$\tan \alpha = \frac{17}{3} = 5,66 \quad (0,25)$$

$$\Rightarrow \alpha = 29,5^\circ \quad (0,25)$$

2 - Ferrailage:

• Evaluation des charges

• Palier: Pour 1 m de linéaire

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

$$g_1 = 1,35g + 1,5q$$

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

$$g_1 = 10312,5 \text{ N/ml} \quad (0,15)$$

• Pailleasse:

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

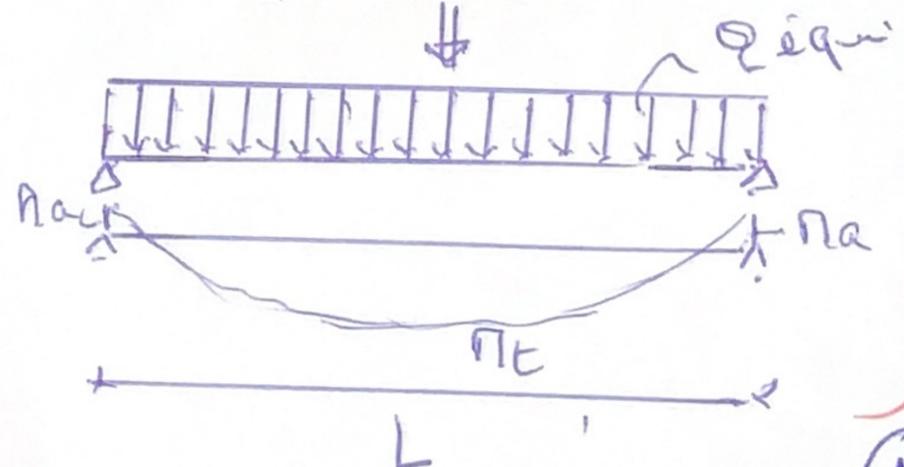
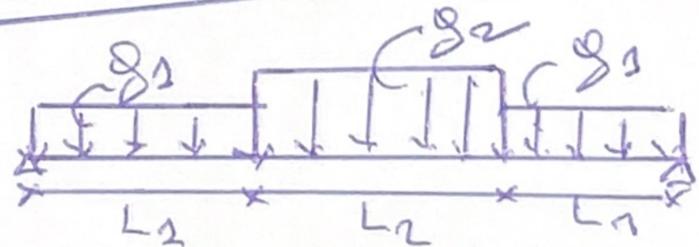
P. des marches = $\frac{h}{2} \times 1 \times 2500 = 225 \text{ kg/ml}$

$$g_2 = 1,35g + 1,5q$$

$$= 1,35(431,03 + 225) + 1,5 \times 350$$

$$g_2 = 14106,4 \text{ N/ml} \quad (0,15)$$

Calcul de la charge équivalente:



} (0,25)

1/4

$$Q_{\text{equiv}} = \frac{\sum Q_{ui} l_i}{\sum l_i} \quad (0,25)$$

$$= \frac{2 \times 10312,5 \times 12 + 3 \times 14106,4}{5,4}$$

$$Q_{\text{equiv}} = 11654,33 \text{ N/ml} \quad (0,15)$$

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

$$\Pi_0 = 42487,32 \text{ N.m}$$

$$\begin{cases} M_E = 0,8 \Pi_0 = 33989,85 \text{ N.m} \\ \Pi_a = 0,3 \Pi_0 = 12746,19 \text{ N.m} \end{cases} \quad (0,25)$$

Ferraillage à la flexion simple

Entravée:

$$\mu = \frac{M_E}{\sigma_s b d^2} = \frac{33989,85}{14,2 \times 100 \times (13)^2} = 0,141 \quad (0,25)$$

$\mu < \mu_l$

le tableau 5 $\Rightarrow \beta = 0,9235$ (0,25)

$$A_t = \frac{M}{\beta \cdot d \cdot \sigma_s}$$

$$A_t = \frac{33989,85}{0,9235 \times 13 \times 348} = 8,13 \text{ cm}^2 \quad (0,25)$$

$$A_t = 8,13 \text{ cm}^2$$

$$\text{Soit } 8 \phi 12 = 9,06 \text{ cm}^2 \quad (0,25)$$

C.N.F. : $A_{\text{min}} = 0,23 \mu_j \frac{b d}{f_e}$ (0,25)

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

$$A_{\text{req}} = \frac{A_t}{4} = \frac{9,06}{4} = 2,26 \text{ cm}^2$$

$$\text{Soit } 5 \phi 8 = 2,51 \text{ cm}^2 \quad (0,25)$$

*) Sur appuis

$$\mu = \frac{\Pi_a}{\sigma_s b d^2} = \frac{12746,19}{14,2 \times 100 \times (13)^2} =$$

$$\mu = 0,053 < \mu_l \quad (0,25)$$

le tableau 5 nous donne

$$\beta = 0,9725 \quad (0,25)$$

$$A_a = \frac{\Pi_a}{\beta \cdot d \cdot \sigma_s} = 2,89 \text{ cm}^2 \quad (0,25)$$

$$\text{Soit } 4 \phi 10 = 3,14 \text{ cm}^2$$

C.N.F. : $A_{\text{min}} = 1,56 \text{ cm}^2$ (0,25)

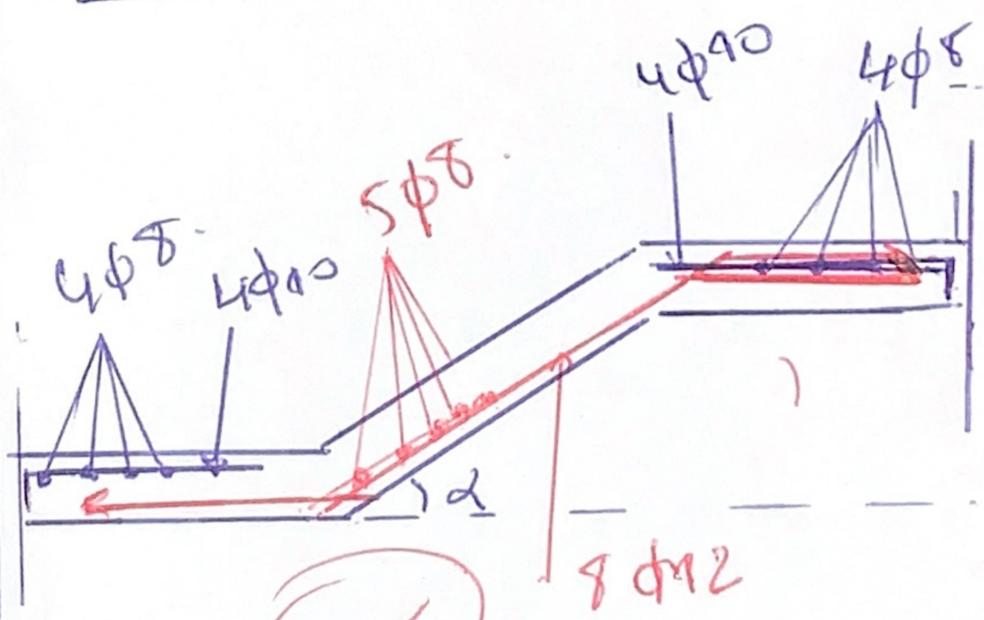
$$A_a > A_{\text{min}} \text{ (e.v.)}$$

$$A_{\text{req}} = \frac{A_a}{4} = \frac{3,14}{4} = 0,785 \text{ cm}^2$$

ou double:

$$4 \phi 8 = 2,01 \text{ cm}^2 \quad (0,25)$$

3. Croquis



(2/4)

Exercice n° 2

Données ; $G = 500 \text{ kN}$, $Q = 300 \text{ kN}$
 $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$; $f_e = 400 \text{ MPa}$; $\alpha = 0,623$
 $B_r = 0,13 \text{ m}^2$; $\delta_b = 1,5$ et $\delta_s = 1,15$

$$N_{ulim} = \alpha \left[\frac{B_r \cdot f_{c28}}{0,986} + A \cdot \frac{f_e}{\delta_s} \right]$$

$$\Rightarrow A = \frac{\delta_s}{f_e} \left[\frac{N_{ulim}}{\alpha} - \frac{B_r \cdot f_{c28}}{0,986} \right]$$

Verification au tite du voile

$$N_u = 1,35 G + 1,5 Q$$

$$N_u = 1250 \text{ kN}$$

On tite il faut vérifier que

$$\sigma_u \leq \sigma_{ulim}$$

si tite d'égalité, on trouve

$$\sigma_u = \frac{N_u}{\alpha}$$

$$\Rightarrow \sigma_{ulim} = \alpha \cdot \sigma_u$$

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

$$\Rightarrow N_{ulim} = \alpha N_u$$

On remplace dans la formule on trouve

$$A = \frac{\delta_s}{f_e} \left[\frac{\alpha N_u}{\alpha} - \frac{B_r \cdot f_{c28}}{0,986} \right]$$

(3/4)

$$\Rightarrow A = \frac{\delta_s}{f_e} \left[N_u - \frac{B_r \cdot f_{c28}}{0,986} \right]$$

$$\Rightarrow A = \frac{1,15}{400} \left[1250 - \frac{130 \times 25}{0,9 \times 1,5} \right]$$

$$\Rightarrow A = -3,38 \text{ cm}^2$$

C'est une section négative, ce qui veut dire qu'il n'y a pas besoin d'armatures (théorie inert), mais on pose en principe un T fondé sur chaque face du voile au seuil centre.

Verification à mi-hauteur

Le poids du voile vaut;

$$2,5 \times 0,15 \times 5 = 18750 \text{ N/ml}$$

à mi-hauteur le poids sera ;
 $\frac{18750 \times 3,5}{2} = 32812,5 \text{ N}$

Donc

$$N_u = 1,35 [500 + 32812,5] + 1,5 \times 300$$

$$N_u = 1244,30 \text{ kN}$$

à mi-hauteur il faut vérifier que ;

$$\sigma_u \leq \sigma_{ulim}$$

c'est à dire ;

$$\frac{N_u}{\alpha \cdot d} \leq \frac{N_{ulim}}{\alpha \cdot d}$$

on suppose que $N_u = N_{ulim}$

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

$$A = \frac{\delta s}{f_e} \left[\frac{N_u}{\alpha} - Br \frac{f_{crs}}{0,985} \right]$$

$$A = \frac{1,15}{400} \left[\frac{1244,30}{0,630} - \frac{130 \times 20}{0,9 \times 1,5} \right]$$

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

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 perpendiculaire sur chaque face au centre de la velle.

Exercice n° 3

$$b = 60 \text{ cm}, P_u = 3000 \text{ kN}, N_u = 280 \text{ kN.m}$$

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

1 - calcul de dimensions.

$$0,5(b' - \frac{b}{2}) \leq d \leq 0,7(b' - \frac{b}{2})$$

$$0,5(1,40 - 0,3) \leq d \leq 0,7(1,40 - 0,3)$$

$$55 \text{ cm} \leq d \leq 77 \text{ cm}$$

On adopte, $d = 60 \text{ cm}$

$$h = d + 5 \text{ cm}$$

$$h = 65 \text{ cm}$$

b) L'angle d'inclinaison θ .

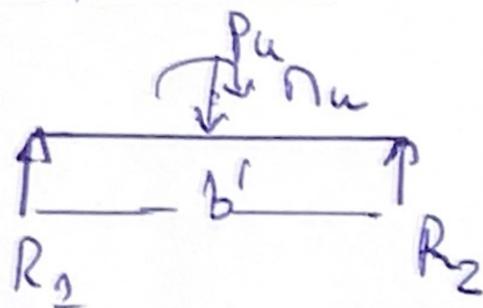
$$\text{tg } \theta = \frac{d}{\frac{b'}{2} - \frac{b}{4}}$$

$$\text{tg } \theta = \frac{60}{\frac{1,40}{2} - \frac{60}{4}}$$

$$\Rightarrow \text{tg } \theta = 1,2$$

$$\Rightarrow \theta = 50,1944^\circ$$

2. Calcul de réactions



$$R_1 = \frac{P_u}{2} + \frac{N_u}{b'}$$

App.N

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

$$R_1 = 1700 \text{ kN}$$

$$R_2 = \frac{P_u}{2} - \frac{N_u}{b'}$$

App.N

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

$$R_2 = 1300 \text{ kN}$$

3 - Calcul de armatures

$$M_u = e_u P_u \Rightarrow e_u = \frac{N_u}{P_u} = \frac{280}{3000}$$

$$e = 9,3 \text{ cm}$$

$$\frac{b}{10} = \frac{60}{6} = 10 \text{ cm}$$

$e_u < \frac{b}{10} \Rightarrow$ on applique la méthode des treillis.

a) Armatures inférieures

$$\text{On pose } P_u = 2 R_1$$

$$A_{inf} = \frac{1,10 R_1 (b' - \frac{b}{2})}{2,05 d}$$

$$A_{inf} = \frac{1,10 \times 1700 (1,40 - 0,3)}{2,05 \times 60}$$

$$A_{inf} = 49,25 \text{ cm}^2 \text{ soit } 11 \phi 25 = 54 \text{ cm}^2$$

b) Armatures supérieures

$$A_{sup} = \frac{A_{inf}}{10} = 5,4 \text{ cm}^2$$

$$\text{soit } 1 \phi 10 = 8 \text{ cm}^2$$

(4/4)