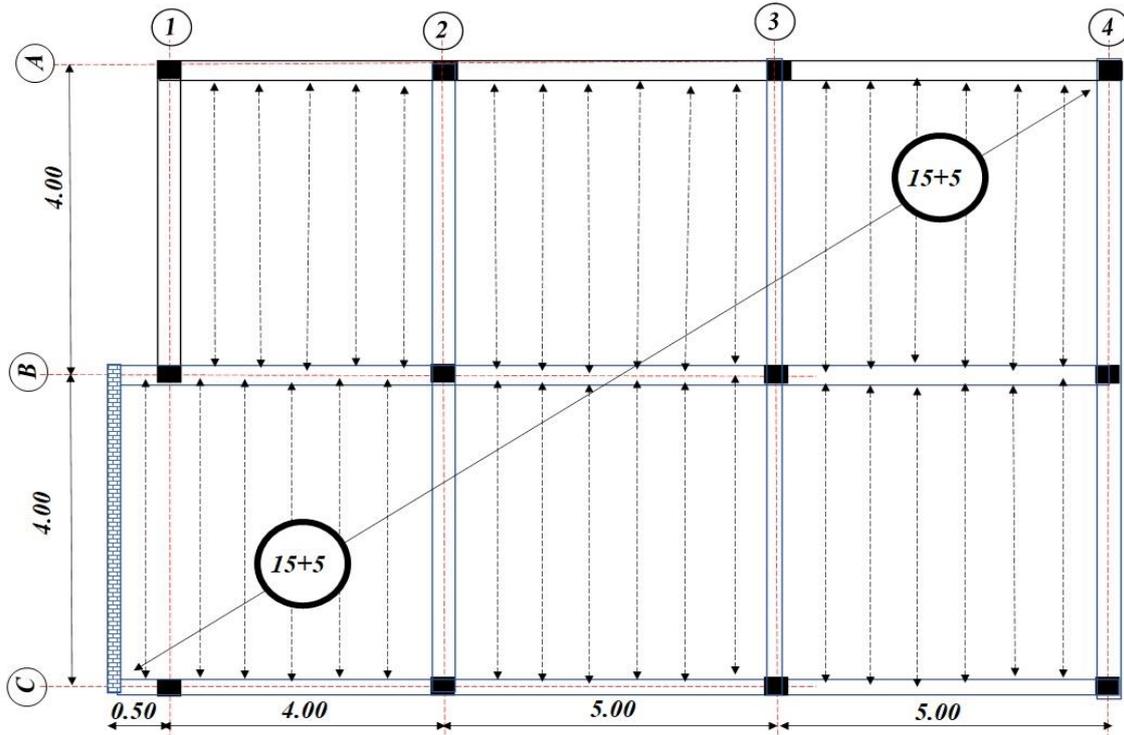


CORRECTION COMPLÈTE DE L'EXAMEN UNIFIÉ
BÂTIMENTS - ANNÉE 2020/2021-SUJET : ISTP AGADIR

Plancher



Données :

a) Matériaux : Béton : $f_{c28} = 25.0 \text{ MPa}$; $\gamma_b = 1.50$; Acier : $f_{se} = \text{Acier HA } 500 \text{ MPa}$ (Type 2)

b) Combinaisons :

$$Mu = 1.35MG + 1.50MQ \quad ; \quad M_{ELS} = MG + MQ$$

$$Nu = 1.35NG + 1.50NQ \quad ; \quad N_{ELS} = NG + NQ$$

c) Les charges élémentaires du plancher sont :

Dalle à poutrelles et corps creux (15+5) = 2.85 KN/m^2

Revêtement y compris carreaux et chape de pose/..... = 1.55 KN/m^2

Enduit au ciment..... = 0.30 KN/m^2

Cloisons réparties..... = 1.00 KN/m^2

d) Mur extérieur périphérique en :

- Parpaings creux épaisseur de 20 cm et de masse volumique de 13.50 KN/m^3
- Enduit au ciment sur les 2 faces
- Hauteur du mur : $h = 2.80 \text{ m}$

➤ **e) Surcharges d'exploitation : $Q = 1.50 \text{ KN/m}^2$**



SOLUTION PARTIE (A) : DESCENTE DES CHARGES (Note totale = 2.75)

QUESTION : A) Faire la descente des charges sur la poutre intermédiaire axe (C)

Nota : Prendre la distance entre axe de 4.00m

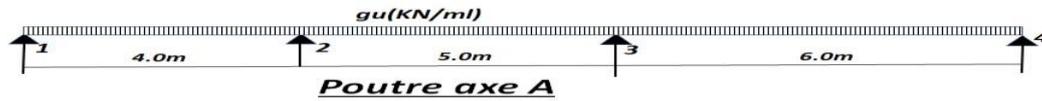
SOLUTION

Calculer la descente de charge selon le modèle du tableau ci-dessous : (Noté sur : 11x0.25=2.75)

N°	Désignation des charges	Symbole	Valeur (KN/ml)
1	Charge permanente au plancher 15+5 : $2.85 \times 4.00 / 2 =$	Cp	5.70
2	Poids propre de la poutre(25x50) : $0.25 \times 0.50 \times 25.00 =$	pp	3.125
3	Revêtement : $1.55 \times 4.00 / 2 =$	Rev	3.10
4	Cloisons : $1.00 \times 4.00 / 2 =$	Cl	2.00
5	Enduit sous plafond : $0.30 \times 4.00 / 2 =$	Esp	0.60
6	Mur parpaings (20cm :2,8m): $0.20 \times 2.80 \times 13.50 = 7.56 \text{ KN/ml}$ + Enduit 2 faces) : $2 \times 0.30 \times 2.80 = 1.68 \text{ KN/ml}$	MurExt	<u>7.56+1.68</u> =9.24
7	Total de la charge linéaire (g :KN/ml) =		<u>23.765KN/ml</u>
8	Surcharge d'exploitation : $1.50 \text{ KN/m}^2 \times 4.00 / 2$	q =	3.00
9	Charge (ELU) : $1.35 \times 23.765 + 1.50 \times 3.00 = 36.58275 \text{ KN/ml}$	gu =	36.58
10	Charge (ELS) : $1.00 \times 23.765 + 1.00 \times 3.00 = 26.765 \text{ KN/ml}$	gels	26.675
11) Valeur de la charge ponctuelle due au mur extérieur sur La trame (B-C) (Voir les données (d) : Mur extérieur périphérique) (Mur + enduit sur les 2 faces) : = $9.24 \times 4.00 / 2 =$			18.48 KN

SOLUTION PARTIE (B) : - POUTRE CONTINUE : METHODE CAQUOT

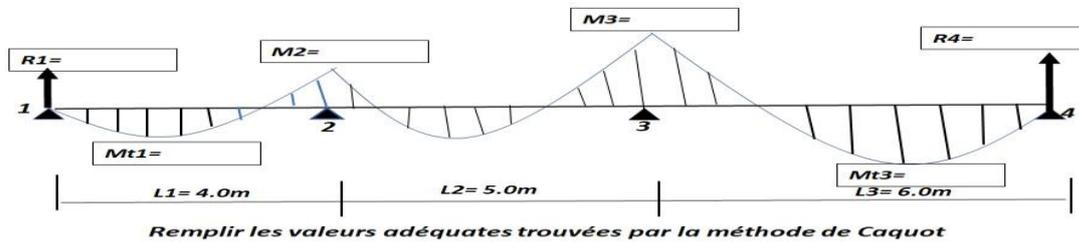
QUESTION : Méthode de Caquot - Calcul poutre continue axe A : Coffrage de 25x50 :



B1 - CALCUL A L'ETAT LIMITE ULTIME ; gu/ml (Note totale = 6.75)

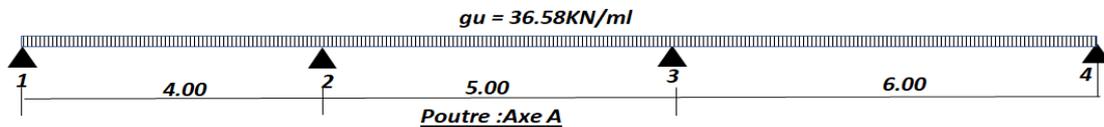
Appliquer la méthode de Caquot à la poutre continue axe (A) sous la charge (gu/ml) déterminée à la colonne (9) du tableau des descentes de charge et calculer :

- B1-1) Les valeurs des moments (KNm) sur les appuis (2) et (3) (Noté : 2x1 =2.0)
- B1-2) Les réactions $Ru1$ et $Ru4$ (KN) sur les appuis (1) et (4) (Noté : 2x1 =2.0)
- B1-3) Les moments maximums ($Mu1$) travée de 4.00m et $Mu3$) travée de 6.00m (Noté : 2x1 =2.0)
- B1-4) Redessiner le schéma ci-dessous du diagramme des moments fléchissants et indiquer les valeurs demandées après le signe (=) des réactions $Ru1$ et $Ru4$ et des moments trouvés en (2) et (3) ci-dessus. (Noté=0.25)



SOLUTION

Schéma de charge à l'état limite ultime de la poutre axe (A)



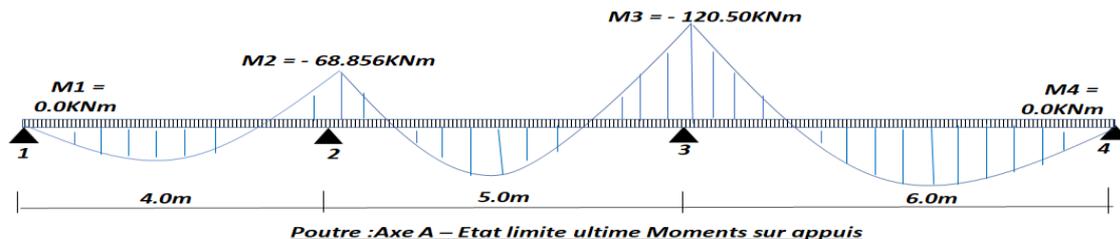
Modélisation de la poutre

Détermination des moments sur appuis par la méthode de Caquot :

$$M_2 = \frac{36.58(4.0^3 + (0.8 \cdot 5.0)^3)}{8.5(4.0 + 0.8 \cdot 5.0)} \Rightarrow M_2 = -68.856 \text{ KNm}$$

$$M_3 = \frac{36.58((0.8 \cdot 5.0)^3 + 6.0^3)}{8.5(0.8 \cdot 5.0 + 6.0)} \Rightarrow M_3 = -120.50 \text{ KNm}$$

Détermination des réactions et des moments maximums en travée :





Détermination de la réaction R1 :

Equation du moment de la travée (1,2)

$$M(x) = xR_1 - g_u \frac{x^2}{2}$$

$$M(x = 4.0m) = 4.0R_1 - \frac{36.58}{2} * 4.0^2 \Rightarrow -68.856 = 4 * 0R_1 - 292.64$$

D'où :

$$R_{u1} = \frac{292.64 - 68.856}{4.0} \Rightarrow R_{u1} = 55.95 \text{ KN}$$

La valeur de la réaction sur l'appui (1) est :

$R_{u1} = 55.95 \text{ KN}$

Détermination du moment maximal de la 1^{ère} travée (1,2) :

Abscisse du moment maximal :

$$T(x) = 55.95 - 36.58x \Rightarrow T(x) = 0.0 \Rightarrow x_{01} = 1.53m$$

Moment maximal sur la première travée (1,2) :

$$M_{ut1} = 55.95 * 1.53 - \frac{36.58}{2} * 1.53^2 \Rightarrow M_{ut1} = 42.80 \text{ KNm}$$

La valeur maximale du moment sur la première travée est

$M_{ut1} = 42.80 \text{ KNm}$

Détermination de la réaction R4 :

Equation du moment de la travée (4,3)

$$M(x) = xR_4 - g_u \frac{x^2}{2}$$

$$M(x = 6.0m) = 6.0R_4 - \frac{36.58}{2} * 6.0^2 \Rightarrow -120.50 = 6.0 * R_4 - 658.44$$

D'où :

$$R_{u4} = \frac{658.44 - 120.50}{6.0} \Rightarrow R_{u4} = 89.66 \text{ KN}$$

La valeur de la réaction sur l'appui (4) est :

$R_{u4} = 89.66 \text{ KN}$

Détermination du moment maximal de la 3^{ème} travée (4,3) :

Abscisse du moment maximal :

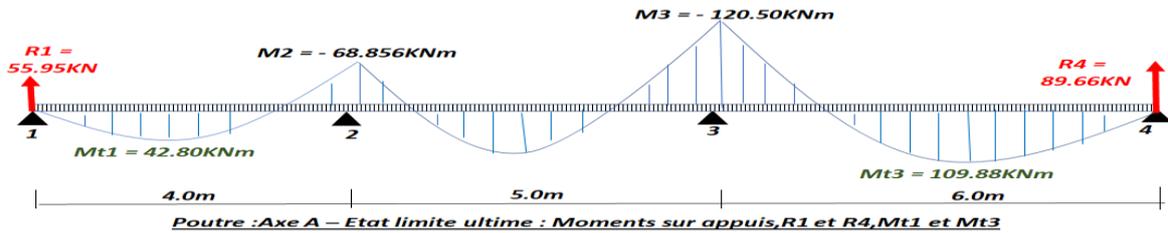
$$T(x) = 89.66 - 36.58x \Rightarrow T(x) = 0.0 \Rightarrow x_{03} = 2.45m$$



Moment maximal sur la première travée (4,3) :

$$M_{ut3} = 89.66 * 2.45 - \frac{36.58}{2} * 2.45^2 \Rightarrow M_{ut3} = 109.88 \text{KNm}$$

Mu_{t3} = 109.88 KNm



QUESTION : B-1-5) Calculer les sections d'acier pour les moments ELU suivants :

B-1-5--a) Le moment sur appui (3) : Mu₃. Choisir le nombre de barre et les diamètres et faire une coupe du ferrailage (Noté : 0.25)

SOLUTION

Le moment ultime sur appui (3), est :

$$M_{u3} = -120.50 \text{ KNm}$$

Calcul du moment réduit :

$$\mu = \frac{M_u(\text{MNm})}{b z^2 f_{bu}} \text{ Avec :}$$

$$M_{u3} = -0.1205 \text{ MNm}$$

$$b = 0.25 \text{ m}$$

$$h = 0.50 \rightarrow z = 0.9h \rightarrow z = 0.45$$

$$f_{bu} = \frac{0.85 * f_{c28}}{\gamma_b} \Rightarrow f_{bu} = 14.2 \text{ MPa}$$

Soit :

$$\mu = \frac{0.1205}{0.25 * 0.45^2 * 14.2} \Rightarrow \mu = 0.168 < 0.186$$

Calcul du bras de levier :

$$\alpha = 1.25 [1 - \sqrt{1 - 2\mu}]$$

$$\alpha = 1.25 [1 - \sqrt{1 - 2 * 0.168}]$$

$$\alpha = 0.231 < 0.239$$

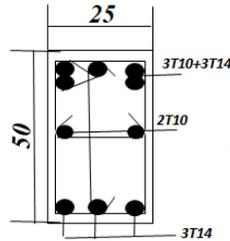
$$z = d(1 - 0.4 * \alpha) \Rightarrow z = 0.45(1 - 0.4 * 0.231) \text{ Soit :}$$

$$z = 0.408 \text{ m}$$

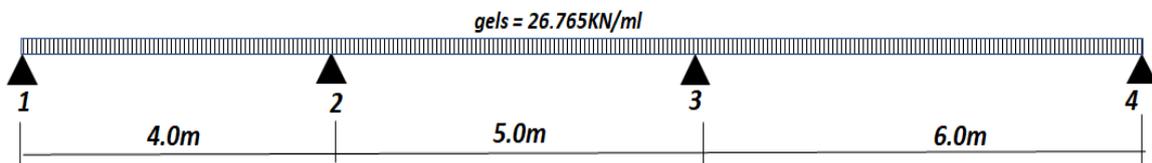
Détermination de la section d'acier (A) :

$$A(\text{cm}^2) = \frac{M_u \cdot 10^4}{z \cdot \frac{f_{se}}{\gamma_s}} \Rightarrow A(\text{cm}^2) = \frac{0.1205 \cdot 10^4}{0.408 \cdot \frac{500}{1.15}}$$

Soit : $A = 6.79\text{cm}^2 \rightarrow 3T_{14} + 2T_{12}$



QUESTION :: B2) CALCUL A L'ETAT LIMITE SERVICE ; gels/ml (Note totale = 4.0)



Poutre :Axe A – Etat limite de service Moments sur appuis

SOLUTION

Même procédure que ci-dessus pour l'état limite ultime seulement, remplacer :

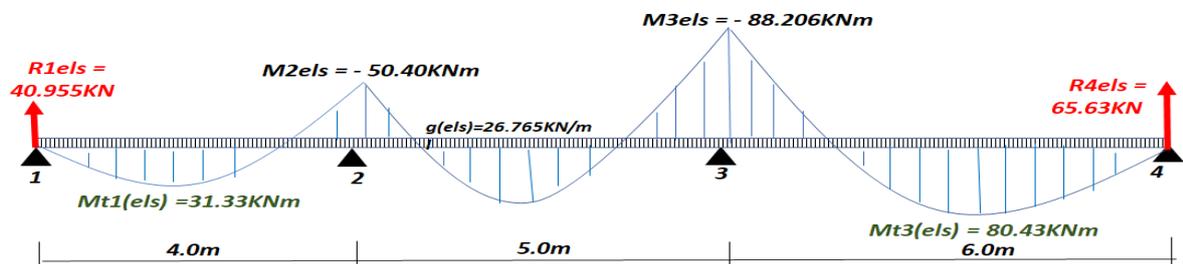
$g_u = 36.58 \text{ KN/ml}$ par $g_{els} = 26.765 \text{ KN/ml}$

Digamme regroupant les valeurs à trouver pour :

Les réactions R_{1els} , R_{4els}

Les moments sur appuis : M_{2els} , M_{3els}

Les moments en travée : $M_{t1(els)}$ $M_{t3(els)}$



Poutre :Axe A – Etat limite de services: Moments sur appuis,R1 et R4,Mt1 et Mt3



QUESTION - B3 - CALCUL DE POTEAU : (Note totale = 3.50)

La réaction sur l'appui (3) est de 213.60 KN, pour 4 niveaux, la descente de charge au niveau des fondations, pour le poteau axes (A,3), la charge verticale est :

$$Nu = 213.60 * 4 \rightarrow Nu = 854.40 \text{ KN}$$

Dimensionnement du poteau sachant que :

$$L_0 = 4.50 \text{ m}$$

$$f_{c28} = 25.0 \text{ Mpa}, \gamma_b = 1.50$$

$$f_e = 500.0 \text{ Mpa}, \gamma_s = 1.15$$

SOLUTION

B3-1) Dimension minimale du poteau sachant que :

$$L_f = 0.707 L_0$$

Calcul de la longueur de flambement :

$$L_f = 0.707 * 4.50$$

$$L_f = 3.182 \text{ m}$$

Par la relation :

$$L_f \leq 14.4a \text{ (a : Petite dimension de la section du poteau)}$$

$$a \geq \frac{L_f}{14.4} \Rightarrow a \geq \frac{3.182}{14.4}$$

$$a \geq 0.221 \text{ m} \Rightarrow a \geq 22.1 \text{ cm}$$

B3-2) Calcul de la section 25x40 et un effort de compression $Nu = 854.40 \text{ KN}$:

Détermination de l'élanement (λ) :

$$\lambda = \frac{L_f}{i}$$

Le rayon de giration minimal est de :

$$i = 0.29 * 25.00 \rightarrow i = 7.25 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{318.20}{7.25} \Rightarrow \lambda = 43.9 < 50$$

Détermination du facteur d'amplification (α) pour tenir compte du flambement :

$$\alpha = \frac{0.85}{1 + 0.2 \left(\frac{\lambda}{35} \right)^2}$$

$$\alpha = \frac{0.85}{1 + 0.2 \left(\frac{43.9}{35} \right)^2} \Rightarrow \alpha = 0.647$$

Effort de compression amplifié est :

$$\frac{Nu}{\alpha} = \frac{0.8544MN}{0.647} \Rightarrow \frac{Nu}{\alpha} = 1.320556MN$$

La section d'acier est à déterminer à l'aire de la relation :

$$\frac{Nu}{\alpha} = \frac{Br * f_{c28}}{0.9\gamma_b} + A \frac{f_e}{\gamma_s}$$

Avec :

$$Br = (a-2cm)(b-2cm)$$

$$Br(m^2) = 0.23 * 0.38$$

$$Br(m^2) = 0.0874m^2$$

$$1.320556 = \frac{0.0874 * 25.0}{0.9 * 1.50} + \frac{500}{1.15} A$$

$$1.320556 = 1.61852 + 343.8A \rightarrow A < 0 \text{ (Prendre la section minimale)}$$

La section minimale est :

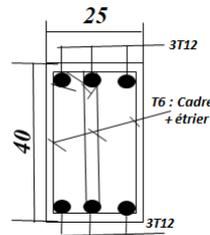
$$A_{min}(cm^2) = \text{Max} [20ab, 8(a + b)]$$

$$A_{min}(cm^2) = \text{Max} [20 * 0.25 * 0.40, 8(0.25 + 0.40)]$$

Soit :

$$A_{min}(cm^2) = \text{Max} [2.00, 5, 20]$$

$$A_{min}(cm^2) = 5,20cm^2$$



QUESTION: CALCUL DES FONDATIONS (Fascicule 62) :

Pour le poteau de (25x40) axes (A,3) ($N_u = 854.40 \text{ KN}$) dimensionné en (B3) ci-dessus.

Sachant que la contrainte ultime (Fascicule 62 : Calcul des fondations) donnée par le rapport de sol est de $q_u = 0.50 \text{ Mpa}$.

Nota :

Pour le dimensionnement prendre une semelle homothétique de poteau de 25x40

La contrainte de sol de calcul suivant le fascicule 62 est prise égale à :

$$q_{u(\text{calcul})} = \frac{q_u}{2} = 0.25 \text{ Mpa}$$

Calculer :

C-1) Les dimensions de la semelle (B =Grande dimension ; A =Petite dimension ; h =Hauteur) ($3 * 0.5 = 1.5$)

C-2) La section des aciers. (Noté : =1.5)

SOLUTION

Rapport des côtés du poteau (25x40) pour avoir une semelle homothétique :

$$k = \frac{40}{25} \Rightarrow k = 1.6$$

Soit une semelle de section (A, B) avec $B > A$ avec :

$$B = KA$$

Surface de la semelle :

$$Smel = A \times B \rightarrow Smel = KA^2$$

La contrainte du sol à l'ELU est de : 0.50 Mpa

D'après le fascicule 62, article B.3.1.1, la contrainte de calcul est :

$$\frac{q_u}{2} = 0.25 \text{ MPa}$$

Pour un effort normal $N_u = 0.8544 \text{ MN}$ et une contrainte de sol de (0.25 Mpa) :

La surface de la semelle doit être :

$$Smel \geq \frac{0.8544}{0.25}$$

$$Smel \geq 3.4176 \text{ m}^2$$

$$KA^2 \geq 3.4176 \Rightarrow A \geq \sqrt{\frac{3.4176}{1.6}} \Rightarrow A \geq 1.46 \text{ m}$$

Soit :

$$A = 1.50 \text{ m}$$

$$B = 1.6 \times 1.5 \rightarrow B = 2.40 \text{ m}$$

La hauteur utile (d) de la semelle doit être :

$$d \geq \frac{240 - 40}{4} \Rightarrow d \geq 0.50 \text{ m}$$

La hauteur de la semelle (H) est :

$$H = d + 0.05 \text{ m} \rightarrow H = 0.55 \text{ m}$$

Calcul du ferrailage de la semelle :

$$A_a (\text{cm}^2) = \frac{0.8544(1.50 - 0.25)}{8 \times 0.50 \times \frac{500}{1.15}} 10^4$$

$$A_a = 6.14 \text{ cm}^2 \rightarrow 6T_{12} = 6.78 \text{ cm}^2$$

$$A_a = 6.14 \text{ cm}^2 \rightarrow 6T_{12} = 6.78 \text{ cm}^2$$

$$A_b (\text{cm}^2) = \frac{0.8544(2.40 - 0.40)}{8 \times 0.50 \times \frac{500}{1.15}} 10^4$$

$$A_b (\text{cm}^2) = 9.83 \text{ cm}^2 \rightarrow 9T_{12}$$

