



Module : hydraulique générale

la durée : 1h : 30

Question de cours : (8)

- 1) Que représente le nombre de Reynold ?
- 2) Donnée l'équation de perte de charge dans la conduite ?
- 3) Donnez les hypothèses fondamentales d'hydrostatique ?
- 4) Les conditions d'application de l'équation de Bernoulli ?

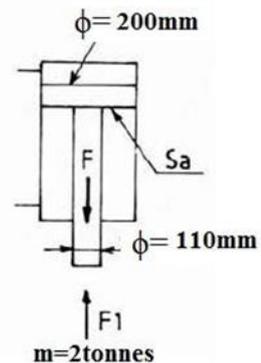
EXERCICE N°1 : (3 points)

sachant que le diamètre de tube $D= 12\text{mm}$, $V=4\text{m/s}$, $\rho =900\text{kg/m}^3$ et la viscosité de l'huile 33 cst.

- a) Recherche le nombre de Reynolds et le type d'écoulement,
- b) Calculer la chute de pression Δp .

Exercice N°2 : (4P)Calculez :

- a) La surface pressée (piston S_p).
- b) La surface annulaire (section piston -section de la tige S_a).
- c) Quelle est la pression nécessaire pour maintenir cette charge F_1 ?

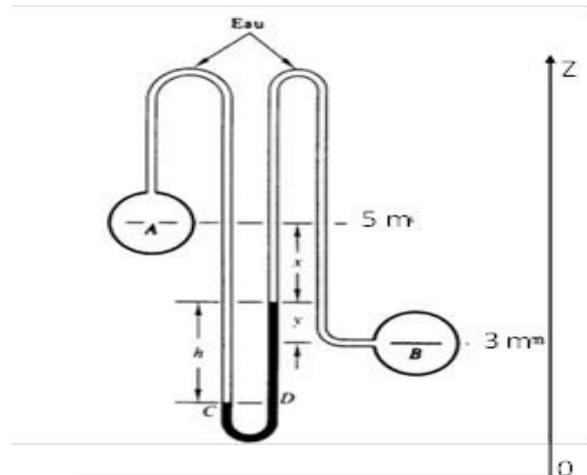


Exercices N° 03 :(5P)

Les récipients A et B contiennent de l'eau aux pressions respectives 2,80 et 1,40 bar.

Déterminer la dénivellation h du mercure du manomètre différentiel

BONNE CHANCE





Solution

Question de cours

R1) le nombre de Reynold **Re** nous donne le régime d'écoulement « **Laminaire** », « **Turbulent** » ou « **régime critique** »2P

$$R_e = \frac{VD}{\nu} = \frac{\rho VD}{\mu}$$

R2) - la perte de charge est calculé par la formule suivante2P

$$h_r = \lambda \frac{LV^2}{D2g} / \lambda \text{ calculé selon le régime d'écoulement}$$

R3) – les hypothèses fondamentales d'hydrostatique2P

- Le fluide est milieu continue
- Déformable
- Liquide ou gaz
- Compressible ou incompressible

R4) les conditions d'application de l'équation de Bernoulli.....2P

- Le fluide est parfait et incompressible
- L'écoulement est permanent
- L'écoulement est dans une conduite lisse

Exercice 1 :

Calcul de Re :

$$R_e = \frac{VD}{\nu}$$

V= 400 cm/s . D= 1,2 cm $\nu = 33 \text{ cst} = 0,33 \text{ cm}^2/\text{s}$ application numérique1P

$$R_e = \frac{400 \cdot 1,2}{0,33} = 1454$$

1454 < 2000 donc le régime est Laminaire1P

$$h_r = \frac{64}{Re} \frac{LV^2}{D2g} = \frac{64}{1454} \frac{1}{0,012} \frac{4^2}{2 \cdot 10} = 2,9 \text{ Pa/m} \dots\dots\dots 1P$$



Exercice 2

$$S_p = 3.14 \cdot 20^2 / 4 = 314 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots 1P$$

$$S_a = 3.14 \cdot (20^2 - 11^2) / 4 = 220 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots 1P$$

$$P = F_1 / S_a = 2000 / 220 = 9.09 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots 2P$$

Exercice 3

On écrit les deux équations d'équilibre hydrostatique

on prend $g=10$

$$P_A - P_B = \rho_{eau} g x + \rho_{mer} g y \quad \text{AN } 14 = x + 13,6 y \dots\dots\dots 1p$$

On a

$$2 = x + y \dots\dots\dots 1p$$

On trouve $X= 1.05$ et $Y = 0,95 \dots\dots\dots 1P$

La deuxième équation :

$$P_A - P_B = \rho_{mer} g (h + x) - \rho_{eau} g (h - y) \dots\dots\dots 1P$$

$$14 = (h + 1.05) + 13,6(h - 0,95)$$

$$H = 2.21 \dots\dots\dots 1P$$

CORRECTION DU CONTROLE DE CONNAISSANCE DU SEMESTRE 1

Partie cours (12 points)

- Veuillez consulter le cours.

Partie Exercice (8 points)

Solution :

1. Dimensionnement de l'escalier :

On utilise la formule de « BLONDEL ». $59 \leq m = g + 2h \leq 66$

Soit (n) le nombre des contremarches, alors (n-1) est le nombre des marches.

- Hauteur de la Contremarche : $14 \text{ cm} \leq h \leq 18 \text{ cm}$

On adopte **h = 17 cm**

- Nombre des Contremarche : $n = \frac{h_e}{2} = \frac{153}{17} = \mathbf{9 \text{ contremarches}}$ par volée

Largeur de la marche : $24 \text{ cm} \leq g \leq 32 \text{ cm}$

On adopte **g = 30 cm**

Le nombre de marches : $(n-1) = 9 - 1 = \mathbf{8 \text{ marches}}$ par volée

- Vérification de la formule de BLONDEL :

$$59 < m = 30 + 2 \times 17 = 64 < 66 \dots\dots\dots \text{CV}$$

- La longueur de la volée :

$$L = g \times (n - 1) = 0.3 \times 8 = \mathbf{2,4 \text{ m}} \quad \underline{\text{OK}}$$

- Angle d'inclinaison de la volée α :

$$\text{tg}\alpha = (h_e/2) / L = 153/240 = 0,6375 \rightarrow \alpha = \mathbf{32,52^\circ}$$

- Epaisseur de la volée (l'épaisseur de la paillasse) :

Elle est déterminée « e » respectant la condition de la flèche :

$$\frac{L}{30} < e < \frac{L}{20}$$

$$L_T = 2,4 / \cos 32,52^\circ = 2,85 \text{ m}$$

$$9,5 \text{ cm} < e < 14,25 \text{ cm.}$$

Donc le choix de l'épaisseur $e = 15 \text{ cm}$ est correct.

2. Evaluation des charges :

<i>Paillasse</i>	
<i>Poids propre de la dalle (15 cm)</i>	$25 \times 0,15 / \cos 32,52^\circ = 4,45$
<i>Poids propre de la marche (h = 17 cm)</i>	$0,5 \times 22 \times 0,17 = 1,87$
<i>Enduit de ciment (2 cm)</i>	$18 \times 0,02 = 0,36$
<i>Lit de sable (2 cm)</i>	$18 \times 0,02 = 0,36$
<i>Mortier de pose (2cm)</i>	$20 \times 0,02 = 0,40$
<i>Carrelage (2 cm)</i>	$22 \times 0,02 = 0,44$
<i>Garde-corps</i>	1
$G = 8,67 \text{ KN/m}^2$ $Q = 2,5 \text{ KN/m}^2$	

<i>Palier</i>	
<i>Poids propre du palier (15 cm)</i>	$25 \times 0,15 = 3,75$
<i>Enduit de ciment (2 cm)</i>	$18 \times 0,02 = 0,36$
<i>Lit de sable (2 cm)</i>	$18 \times 0,02 = 0,36$
<i>Mortier de pose (2cm)</i>	$20 \times 0,02 = 0,40$
<i>Carrelage (2 cm)</i>	$22 \times 0,02 = 0,44$
$G = 5,31 \text{ KN/m}^2$ $Q = 2,5 \text{ KN/m}^2$	
<i>Garde corps</i>	1 KN/m

Combinaison des charges

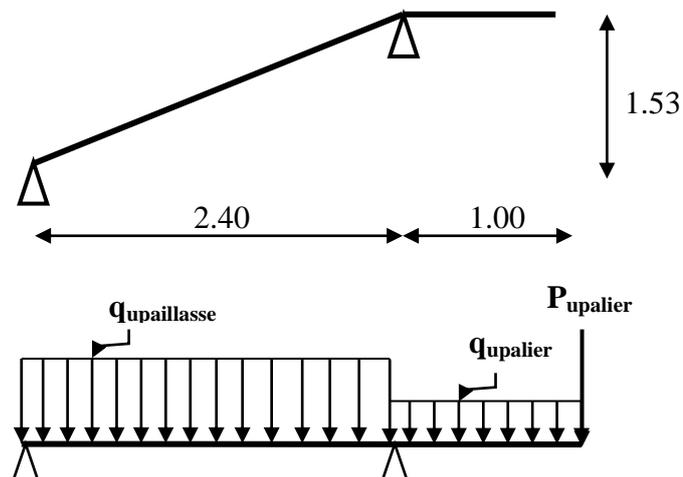
Le calcul se fera pour une bande de 1m

A l'état limite ultime ; $q_u = 1,35G + 1,5Q$

$$P_u = 1,35P_G$$

	$G(\text{KN/m}^2)$	$Q(\text{KN/m}^2)$	$q_u(\text{KN/m}^2)$	$P_u(\text{KN/m})$
Palier	5,31	2,5	10,92	1,35
paillasse	8,67	2,5	15,455	/

3. Schéma statique :



4. Les sollicitations de calcul ($M_{travée}$, M_{appui}) : pour une bande de 1 m

- Moment isostatique : $M_{0u} = \frac{q_{upaille} \times l^2}{8} = \frac{15,455 \times 2,4^2}{8} = 11,13 \text{ KN.m}$
- Moment en travée : $M_t = 0,85 \times M_{0u} = 0,85 \times 11,13 = 9,461 \text{ KN.m}$
- Moment sur appui : $M_{agauche} = 0,30 \times M_{0u} = 0,30 \times 11,13 = 3,34 \text{ KN.m}$
- Moment sur appui : $M_{adroite} = M_{console} = \frac{q_{upalier} \times l^2}{2} + P_{upalier} \times l = \frac{10,92 \times 1^2}{2} + 1,35 \times 1 = 6,81 \text{ KN.m}$

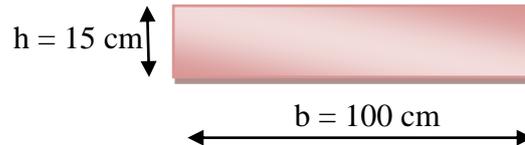
5. Ferrailage :

Armature principale :

$$\mu_u = \frac{M_u}{b d^2 f_{bu}}$$

$$A_s = \frac{M_u}{\beta_u d \sigma_s}$$

$$A_{smin} = \left\{ \frac{0,23 b d f_{t28}}{f_e} \right\}$$



	M_u (KN.m)	b (cm)	d (cm)	μ_u	α_u	β_u	A_{smin} (cm ²)	A_{SCAL} (cm ²)	A_{SAdop} (cm ²)
Travée	9,461	100	13	0,040	0,051	0,980	1,57	2,14	A_s (6T8) = 3,01
Appui	6,810	100	13	0,028	0,036	0,986	1,57	1,53	A_s (6T8) = 3,01

Armature de répartition :

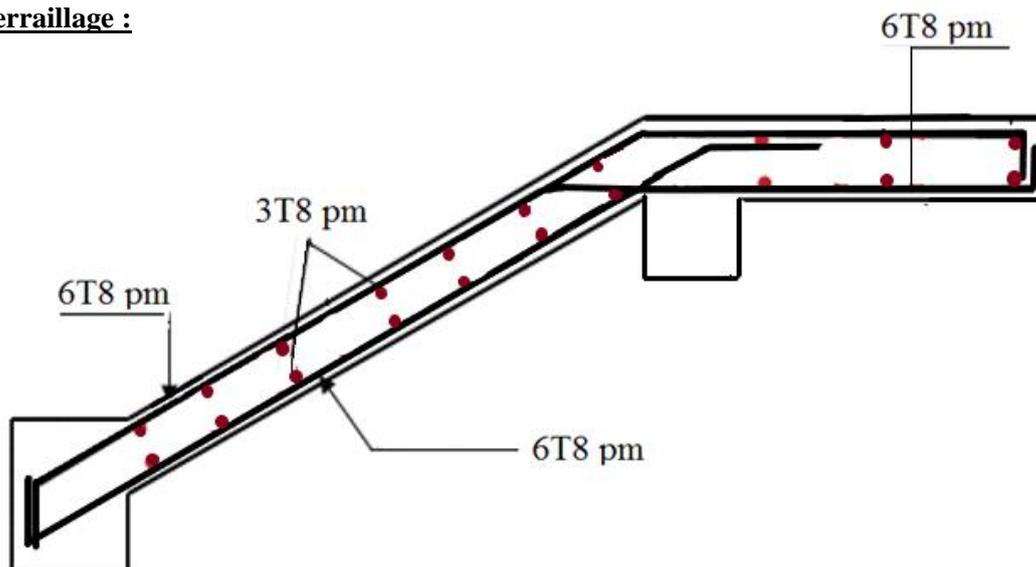
En travée :

$$A_r = A_s / 4 = 0,54 \text{ cm}^2 \text{ (} A_s(3T8) = 1,51 \text{ cm}^2 \text{)}$$

Sur appui :

$$A_r = A_s / 4 = 0,393 \text{ cm}^2 \text{ (} A_s(3T8) = 1,51 \text{ cm}^2 \text{)}$$

Schéma de ferrailage :



CONTROLE DE CONNAISSANCE DU SEMESTRE 5

Partie cours (10 points)

Question : Définissez les mots techniques suivants :

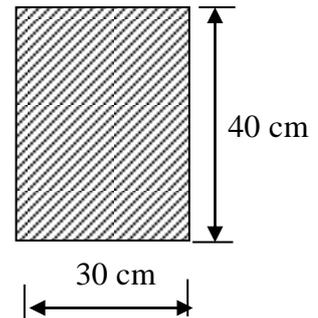
Ouvrabilité, Déformation plastique, Ductilité, Coefficient de Poisson, Les états limites, Acier écroui, formulation des bétons.

Partie Exercices (10 points)

Exercice N° (1) : (5,00 points)

Déterminez les armatures d'un tirant en béton armé soumis à un effort normal de traction, appliqué au CDG de la section, sachant que :

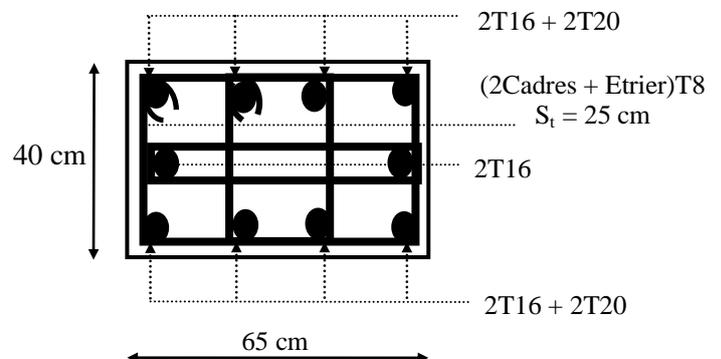
- $N_u = 0,90 \text{ MN}$; $N_{ser} = 0,63 \text{ MN}$
- Section transversale du tirant est de forme carrée 30 x 40 cm
- Acier : Fe E 400 (type I) ;
- Béton : $f_{c28} = 35 \text{ MPa}$.
- Situation accidentelle,
- fissuration nuisible.



Exercice N° (2) : (5 points)

Calculez l'effort de compression que peut supporter à l'E.L.U. un poteau isolé articulé à une extrémité et encastré de l'autre, chargé axialement, avec les données suivantes :

- Acier : Fe E 400,
- Béton : $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$,
- 40 % du chargement est appliqué avant 90 jours.
- Longueur libre du poteau : $l_0 = 7 \text{ m}$,
- section du poteau 40 cm x 65 cm.



Bon Courage

Le Chargé du module : Mr. Boudjedir A.

CORRECTION DU CONTROLE DE CONNAISSANCE DU SEMESTRE 5

Partie cours (10 points)

- Veuillez consulter le cours.

Partie Exercices (10 points)

Exercice N° (1) : (5,00 points)

ELU :

$$A_{s1} = \frac{N_u \gamma_s}{f_e} = \frac{0,9 \times 10^6 \times 1,00}{400} = 2250 \text{ mm}^2 = 22,50 \text{ cm}^2 \quad (0.50)$$

ELS :

$$\text{Fissuration nuisible} \Rightarrow \bar{\sigma}_s = \min \left\{ \frac{2}{3} f_e, 110 \sqrt{\eta f_{t28}} \right\}$$

$$f_{t28} = 0,6 + 0,06 f_{c28} = 0,6 + 0,06 \cdot 35 = 2,7 \text{ MPa.} \quad (0.50)$$

$$\bar{\sigma}_s = \min \{ 266,66; 228,63 \} = 228,63 \text{ MPa} \quad (0.50)$$

$$A_{s2} = \frac{N_{ser}}{\sigma_s} = \frac{0,63 \times 10^6}{228,63} = 2756 \text{ mm}^2 = 27,56 \text{ cm}^2 \quad (0.50)$$

Condition de non fragilité :

$$A_s \geq A_{smin} = \frac{B f_{t28}}{f_e} = \frac{30 \times 40 \times 2,7}{400} = 8,1 \text{ cm}^2 \quad (0.50)$$

On adopte :

$$A_s = \max \{ A_{s1}, A_{s2}, A_{smin} \} = 27,56 \text{ cm}^2. \quad (0.50)$$

$$\text{Soit } A_s (8T20 + 2T14) = 28,21 \text{ cm}^2. \quad (0.50)$$

Armature transversale :

Diamètre :

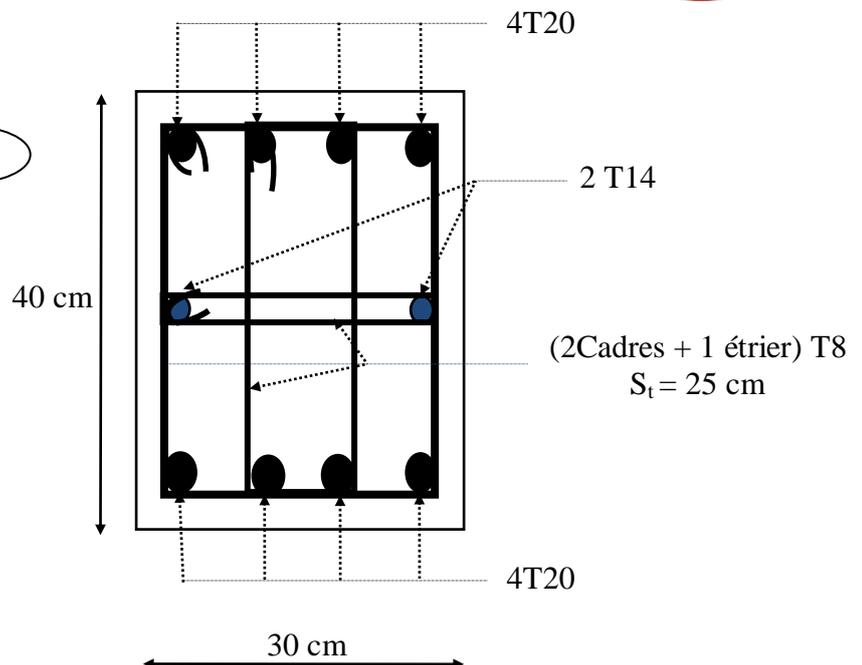
$$\Phi_t \geq 0,3 \times 20 = 6 \text{ mm}$$

On adopte T8 (0.50)

Espacement :

$$S_t \leq 30 \text{ cm}$$

On prend $S_t = 25 \text{ cm}$ (0.50)



Exercice N° (2) : (5,00 points)

Calcul de l'effort de compression à l'ELUSF :

$$N_u \leq N_{ultim} = \alpha \left[\frac{f_{c28} \times Br}{0.9\gamma_b} + \frac{A_s \times f_e}{\gamma_s} \right]$$

$$B_r = (400 - 20) \times (650 - 20) = 239\,400 \text{ mm}^2$$

0,50

$$B = 400 \times 650 = 260\,000 \text{ mm}^2$$

0,50

$\alpha = ?$

On calcule l'élanement $\lambda = \frac{l_f}{i_{\min}}$

Le poteau isolé, est articulé à une extrémité et encastré de l'autre $\rightarrow L_f = \frac{l_f}{\sqrt{2}} = 0,707 \times 7 = 4,95 \text{ m}$

0,50

Le rayon de giration :

0,50

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{B}} = \sqrt{\frac{65 \times 40^3}{12 \times 40 \times 65}} = 11,55 \text{ cm}$$

0,50

$$\rightarrow \lambda = \frac{495}{11,55} = 42,86 < 50$$

0,50

$$\rightarrow \alpha = \frac{0,85}{1 + 0,2 \left(\frac{42,86}{35} \right)^2} = 0,654$$

0,50

40 % du chargement est appliqué avant 90 jours \rightarrow on garde α

0,50

La quantité d'armature A_s à prendre en compte :

Puisque $\lambda = 42,86 > 35 \rightarrow$ et pour la section rectangulaire ($\frac{b}{a} = 1,625 > 1,1$), seule la section A_s des aciers disposés de façon à augmenter efficacement la rigidité du poteau dans le sens où le moment d'inertie est le plus faible :

$$A_s(4T20 + 4T16) = 20,61 \text{ cm}^2$$

0,50

Donc la capacité portante de ce Poteau à la compression avec flambement est égale à :

$$N_u = 0,654 \left[\frac{25 \times 239\,400}{0,9 \times 1,50} + \frac{2061 \times 400}{1,15} \right] = 3368232 \text{ N} = 3,368 \text{ MN}$$

0,50

EMD Techniques et règles de constructions

(Unité transversale UET 3.1) 2024-2025

1. Cités les acteurs principaux dans l'élaboration d'un projet de construction ? (2P) Réponse : Voir le cours chapitre 1
2. Dans le processus de réalisation d'un projet de construction, quels sont les deux pièces nécessaires à réaliser avant l'attribution d'un projet à une société de réalisation (2P)? Voir cours Chapitre 2
3. Dans le choix du site d'implantation d'un ouvrage, quels sont les mesures à prendre ? (3P) Voir cours Chapitre 2
4. Le plan d'installation d'un chantier a pour objectif une meilleure productivité des tâches dans les bonnes conditions ? expliqué ? (1P) Voir cours Chapitre 2
5. Cités les différents types des fouilles ? (3P) Voir cours Chapitre 3
6. Le radier est justifié si la surface des semelles isolées ou continues est très importante (supérieure ou égale à 50 % de l'emprise du bâtiment). Vrai ou faux ? (1P) Voir cours Chapitre 3
7. La semelle filante est calculée comme une poutre renversée. Vrai ou faux ? (1P) Voir cours Chapitre 4
8. Quels sont les fonctions principales d'un coffrage ? (2P) Voir cours Chapitre 4
9. Autant que chef de projet, on vous demande de faire un choix, entre la fabrication de béton et l'acier sur place, ou l'installation d'une centrale à béton et un poste de ferrailage pour construire un grand aéroport. Quel est votre choix, justifier votre réponse ? (3p) Voir cours Chapitre 5
10. Dans un projet de construction, on vous demande de choisir les engins nécessaires pour effectuer les travaux de terrassement dans un terrain meuble ? (2p). Voir cours Chapitre 5



Module : Topographie 2

la durée : 1h : 30

Cocher **la** bonne réponse (justifier la réponse):4p

1. Le passage est impossible entre les coordonnées cartésiennes et les coordonnées polaires

Oui

Non

2. Une polygonale encadrée permet de relier deux points inconnus en coordonnées

Oui

Non

3. L'équidistance est la distance horizontale entre deux courbes de niveau consécutives

Oui

Non

4. Le levé topographique est une opération qui suit la technique d'implantation.

Oui

Non



EXERCICE N°1 : (6p)

Une parcelle de terrain de forme triangulaire de sommets A,B, C

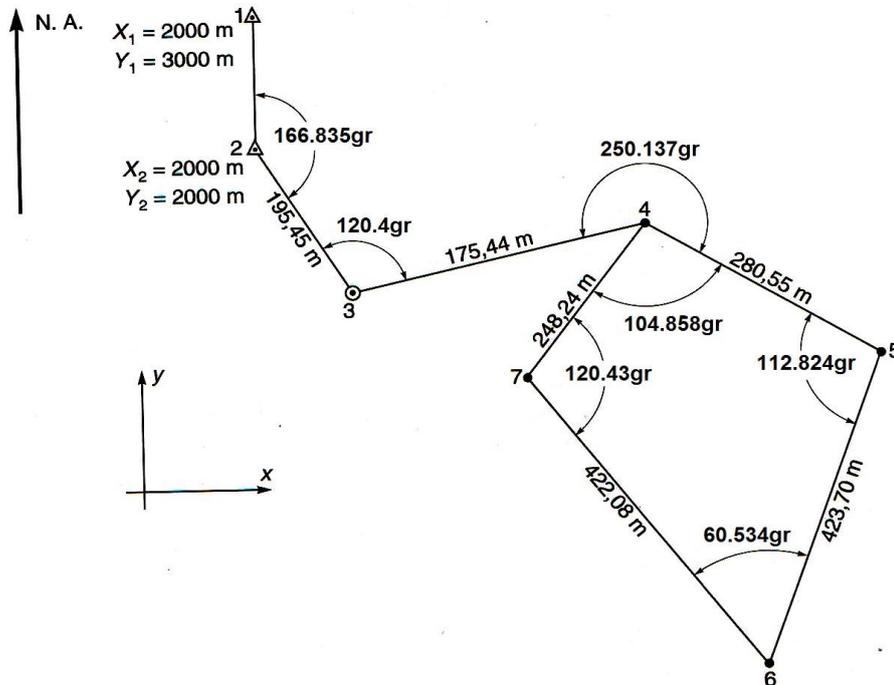
Les coordonnées des points A,B et C dans le systèmes STT sont représentés dans le tableau suivant :

Points / Coordonnées	X (m)	Y (m)
A	150.125	112.645
B	138.555	124.725
C	120.225	116.345

- 1 – Représenter les points ABC dans un Repère
- 2- Calculer les gisements des trois directions θ_{AB} , θ_{AC} , θ_{BC}
- 2- En déduire les angles aux sommets β_A , β_B , β_C

Exercice N° 2 (10p)

1. Déterminer les coordonnées rectangulaires du point 4
2. Déterminer le gisement du côté 4-5
3. Calculer l’erreur de fermeture angulaire du polygone 45674



BONNE CHANCE



SOLUTION

1. Le passage est impossible entre les coordonnées cartésiennes et les coordonnées polaires

NON

A travers la projection sur un repère cartésien1p

2. Une polygonale encadrée permet de relier deux points inconnus en coordonnées

NON

Une polygonale encadrée permet de relier deux points inconnus en coordonnées1p

3. L'équidistance est la distance horizontale entre deux courbes de niveau consécutives

NON

Altimétrie les courbes de niveau représentent les hauteurs égales

4. Le levé topographique est une opération qui suit la technique d'implantation.....1P

NON

Le levé topographique est une opération qui suit la technique de stationnement.....1P

EXERCICE N°1 :

1) Représentation graphique1.5 P

2) Calcule de gisement :

$$\Delta X_{AB} = 138.555 - 150.125 = -11.57$$

$$\Delta Y_{AB} = 124.725 - 112.645 = 12.08$$

$$\Delta X_{AB} < 0 \text{ et } \Delta Y_{AB} > 0 \text{ on a aussi } |\Delta X_{AB}| < |\Delta Y_{AB}| \quad G^t = 400 - \arctg\left(\frac{|\Delta X_{AB}|}{|\Delta Y_{AB}|}\right) = 400 - 48,62 =$$

351,37gr1P

$$\Delta X_{AC} = 120.225 - 150.125 = -29.9$$

$$\Delta Y_{AC} = 116.345 - 112.645 = 3.7$$

$$\Delta X_{AC} < 0 \text{ et } \Delta Y_{AC} > 0 \text{ on a aussi } |\Delta X_{AC}| > |\Delta Y_{AC}| \quad G^t = 300 + \arctg\left(\frac{|\Delta Y_{AC}|}{|\Delta X_{AC}|}\right) = 300 + 7.83 =$$

307.83gr.....1P

$$\Delta X_{BC} = 120.225 - 138.555 = -18.33$$

$$\Delta Y_{BC} = 116.345 - 124.725 = -8.38$$



$$\Delta X_{BC} < 0 \text{ et } \Delta Y_{BC} < 0 \text{ on a aussi } |\Delta X_{BC}| > |\Delta Y_{BC}| \quad G^t = 300 - \arctg\left(\frac{|\Delta Y_{BC}|}{|\Delta X_{BC}|}\right) = 300 - 7.83 = \mathbf{272.70gr} \dots\dots\dots 1P$$

3) déduire les angles aux sommets $\beta_A, \beta_B, \beta_C$

$$\beta_A = G_{AB} - G_{AC} = 351.37 - 307.83 = \mathbf{43.54gr} \dots\dots\dots 0.5P$$

$$\beta_B = G_{BC} - G_{BA} = G_{BC} - G_{AB} + 200 = \mathbf{121.33gr} \dots\dots\dots 0.5P$$

$$\beta_C = 200 - \beta_A - \beta_B = 200 - 43.54 - 121.33 = \mathbf{35.13gr} \dots\dots\dots 0.5P$$

EXERCICE N°2

1- Les coordonnées rectangulaires du point 4

$$x_4 = x_3 + D_{3-4} \sin G_{3-4}$$

$$y_4 = y_3 + D_{3-4} \sin G_{3-4}$$

$$x_3 = x_2 + D_{2-3} \sin G_{2-3}$$

$$Y_3 = y_2 + D_{2-3} \sin G_{2-3}$$

$$G_{3-4} = G_{2-3} + \hat{3} - 200 = 166.835 + 120.4 - 200 = \mathbf{87.23gr} \dots\dots\dots 3P$$

$$x_3 = 2000 + 195.45 \sin 166.835 = 2097.27m$$

$$Y_3 = 2000 + 195.45 \cos 166.835 = 1830.47m$$

$$\begin{cases} x_4 = \mathbf{2269.19m} \\ y_4 = \mathbf{1865.41m} \end{cases} \dots\dots\dots 2P$$

Déterminer le gisement du côté 4-5

$$G_{4-5} = G_{3-4} + \hat{4} - 200 = 87.235 + 250.137 - 200 = \mathbf{137.372gr} \dots\dots\dots 2p$$

Calculer l'erreur de fermeture angulaire du polygone 45674

$$\sum \text{angles intérieurs}_{\text{théorique}} = 200(4-2)$$

$$\sum \text{angles intérieurs}_{\text{pratique}} = 104.858 + 112.824 + 60.534 + 120.43$$

$$\text{erreur de fermeture} = \sum \text{angles intérieurs}_{\text{théorique}} - \sum \text{angles intérieurs}_{\text{pratique}} = 400 - 398.646 = \mathbf{1.354gr}$$

.....3p

Corrigé type EMD 1 LICENCE 20/11/2024

Solution de l'exercice 02 (7 PT)

- $L_N = L_g - n d + \sum \frac{S_i^2}{4g_i^2} = 55+55+60+40 = 210 \text{ mm.}$

Ligne de rupture ABCDE

$$L_N = L_g - n d = 210 - 18 - 16 - 24 = 152 \text{ mm.}$$

Ligne de rupture ABCGH

$$L_N = L_g - n d + \sum \frac{S_i^2}{4g_i^2} = 210 - 18 - 36 - 24 + (30^2 / 4 * 6) = 135,75 \text{ mm.}$$

Ligne de rupture IJKGH

$$L_N = L_g - n d + \sum \frac{S_i^2}{4g_i^2} = 210 - 18 - 36 - 18 + (50^2 / 4 * 60) = 148,41 \text{ mm.}$$

Donc $L_N = 135,75 \text{ mm.}$ (2 PT)

Donc, la section nette minimale $A_{\text{nette}} = 135,75 * 15 = 2036,25 \text{ mm}^2$, $A_{\text{brutte}} = 210 * 115 = 3150 \text{ mm}^2$.

La charge maximale de traction.

$$N_{uRd} = 0,9 A_{\text{nette}} f_u / \gamma_{M2} = 0,9 * 2036,25 * 360 / 1,25 = 597,06 \text{ KN.}$$
 (0,75 PT)

$$N_{pLRd} = A f_y / \gamma_{M0} = 3150 * 235 / 1 = 740,25 \text{ KN}$$
 (0,75 PT)

Donc $N_{tRd} = \text{Min}(N_{uRd}, N_{pLRd}) = 597,06 \text{ KN} > N_{sRd} = 500 \text{ KN}$. Le tirant résiste.

- Le nombre de plan $m = 3 - 1 = 2$, le nombre de boulon $n = 6$.

Donc chaque boulon reprend $F_{vSd} = F / n.m = 600 / 7,2 = 42,857 \text{ KN}$ (0,75 PT)

La résistance de chaque boulon ordinaire M20 de class 10.9 vaut $F_{vRd} = 0,6 \cdot f_{ub} \cdot A_b / \gamma_{Mb}$

$$F_{vRd} = 0,6 \cdot 800 \cdot 201 / 1,25 = 77,18 \text{ KN} > F_{vSd} = 42,85 \text{ KN}$$
. le nombre de boulon est suffisant. (0,5 PT)

- $600 / 2 * 77,18 = 3,88$, soit il faut 4 boulons au minimum. (0,25 PT)

- La pression diamétrale :

$$F_{bRdi} = 2,5 \alpha x f_u x d_0 x t / \gamma_{Mb} = 1,25.$$

$$\alpha = \text{min} \left(\frac{e1}{3d0}, \frac{P1}{3d0} - 0,25, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1 \right) = \text{min} (45/60, '30/55 - 0,25', 1000/360, 1) = 0,2045$$

$$F_{bRd} \text{ TOT} = 6 * F_{bRdi} = 6 * (2,5 * 0,2045 * 360 * 18 * 15 / 1,25) = 238,58 \text{ KN} < 600 \text{ KN}$$
. NOT ok (2 PT)

exo n° 01 06pts

1°) Calcul de la contrainte effective au milieu de la couche d'argile

$$\begin{aligned} \sigma'_0 &= (\gamma_{s1} H_1) + (\gamma'_{s2} H_2) + (\gamma'_{s3} \frac{H_3}{2}) \\ &= (17,6 \times 4,6) + (10,4 \times 6) + (8,4 \times \frac{2}{2} \times 3,5) \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \sigma'_0 = 172,76 \text{ KN/m}^2 \quad (01pt)$$

2°) Calcul du tassement

soit normalement consolidée $\Rightarrow R_{oc} = 1$ (01)

Alors:

$$\frac{\Delta h}{h_0} = \frac{C_c}{1+e_0} \log\left(\frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma}{\sigma'_0}\right) \Rightarrow$$

$$\Delta h = \frac{7 \times 0,32}{1+1,11} \log\left(\frac{290}{172,76}\right) \Rightarrow$$

$$\Delta h \approx 0,24 \text{ m} \approx 24 \text{ cm} \quad (02)$$

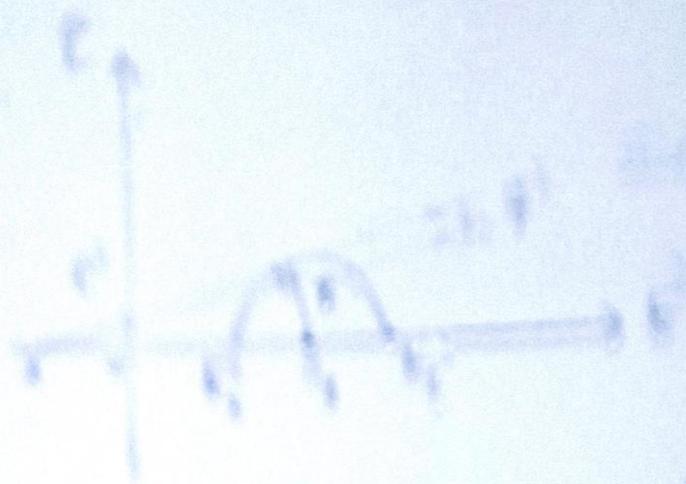
exo n° 02 (C', φ') = ? 06pts

Calcul les contraintes totales et effectives

	essai (1)	essai (2)	
σ_3 (KN/m ²)	140	410	
$\sigma_1 = D + \sigma_3$	762	1818	0,21 x 2
U (KN/m ²)	27,6	124,1	
σ'_1 (KN/m ²)	734,4	1693,9	0,21 x 2
σ'_3 (KN/m ²)	112,4	285,9	0,21 x 2

$$\begin{cases} D = \sigma_1 - \sigma_3 \\ \sigma'_1 = \sigma_1 - U \\ \sigma'_3 = \sigma_3 - U \end{cases}$$

Calcul de C' et φ' (analytiquement)



$$\sin \varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + c^2}} \quad \text{dès : } \begin{cases} R = \frac{c^2}{2g} \\ \sqrt{R^2 + c^2} = c \cos \varphi = \frac{c^2}{2g} \end{cases}$$

$$\Rightarrow R = \sin \varphi \left(\frac{c^2}{2g} + \frac{R^2 + c^2}{2g} \right)$$

$$\left(\frac{c^2 - R^2}{2} = \left(c \cos \varphi + \frac{R^2 + c^2}{2g} \right) \sin \varphi \right) \quad \text{dès}$$

Par l'équation 1 : $\begin{cases} 311 = c \cos \varphi + 423,6 \sin \varphi \end{cases} \rightarrow \text{①}$

Par l'équation 2 : $\begin{cases} 704 = c \cos \varphi + 989,9 \sin \varphi \end{cases} \rightarrow \text{②}$

$$\text{②} - \text{①} \Rightarrow 393 = 566,3 \sin \varphi \Rightarrow$$

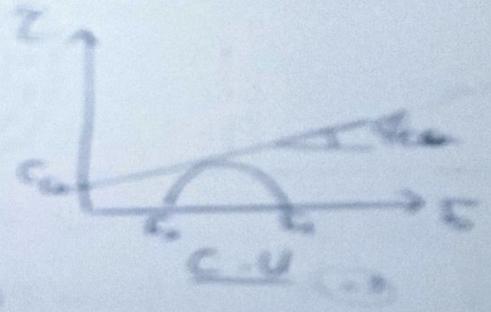
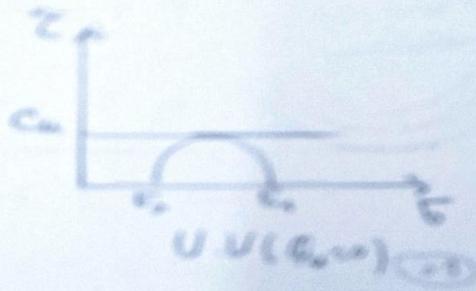
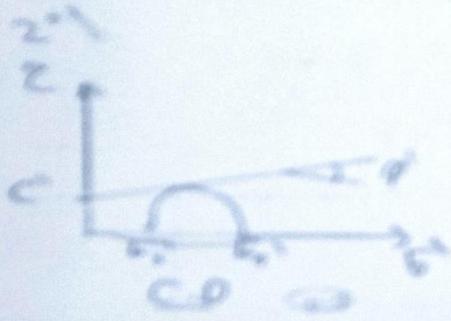
$$\sin \varphi = 0,694 \Rightarrow \varphi = 43,9^\circ \approx 44^\circ \quad \text{③}$$

dès ① $\Rightarrow c = (311 - 423,6 \sin \varphi) / \cos \varphi$

$$\Rightarrow c = 23,67 = 24 \text{ kN/m}^2 \quad \text{④}$$

Question de cours (2,5)

- 1) $\alpha \rightarrow$ d'annule α
- $\alpha \rightarrow$ court terme - totale
- $\alpha \rightarrow$ long terme



2) $R_{cc} = \frac{S_2}{S_1}$

- si $R_{cc} = 1 \rightarrow$ sol normalement consolidée. (2,5)
- si $R_{cc} > 1 \rightarrow$ sol surconsolidé (2,5)
- si $R_{cc} < 1 \rightarrow$ sol sous-consolidé (2,5)

Le sol est incompressible dans le cas d'un sol sous-consolidé. (2,5)

Corrigé type de l'examen de MATERIAUX DE CONSTRUCTION II

1/Vrai ou faux, donner la bonne réponse si c'est faux :(6 points)

- La porosité est une caractéristique du béton frais. **Faux**
La porosité est une caractéristique du béton durci
- Le retrait thermique est dû principalement à des baisses d'humidité. **Faux**
Le retrait thermique est dû principalement à des hautes températures
- La grandeur qui caractérise l'ouvrabilité est la convenance. **faux**
La grandeur qui caractérise l'ouvrabilité est la consistance
- Les bétons de hautes performances peuvent atteindre des résistances de 10MPa.
Faux
Les bétons de hautes performances peuvent atteindre des résistances de plus de 50 MPa
- La masse est la pâte d'argile qui sera prête au façonnage. **Vrai**
- La viscosité est une caractéristique des argiles. **faux**
La viscosité est une caractéristique des verres

2/Compléter par ce qui convient (5 points)

- On désigne par C25/30; une **classe** de résistance du béton.
- Les produits céramiques sont obtenus à partir **de masse d'argile** Soumise au façonnage.
- On appelle argile **les masses minérales terreuses** ou **les roches détritiques** .qui, mélangées à l'eau forment une pâte.
- Les propriétés technologiques sont caractérisées **par la possibiité d'usinage** des métaux

3/Expliquer (9 points)

1/La méthode d'élaboration de la fonte: On traite le minerai dans une sorte de four cylindro-conique on brique réfractaire, et en couche métallique à l'extérieure, le four lui-meme appelé (Haut-fourneau).

- La fonte s'obtient dans les hauts fourneaux à partir de minerai de fer et du coke (carbone).

- L'élévation de température conduit à la fusion de la charge et à la transformation chimique. ce qui permet d'obtenir de la fonte liquide et des résidus: laitier et gaz.
 - Le produit obtenue n'est pas du fer pur mais un alliage de fer et du carbone de 2,3 à 4.5% appelé fonte. Selon la façon de traitement on obtient soit de fonte blanche, soit de fonte grise. la fonte produite par le (Haut-fourneau) appelé fonte de 1ère fusion elle a 3 Utilisateurs.
 - *1^{ière} fusion de l'utilisateur : coulée destinée à être utiliser dans 2^{ème} fusion
 - *2^{ème} utilisateur : exécution de grosse pièce par coulée directe dans les moules.
 - *3^{ème} utilisateur : fabrication de l'acier

2/La fabrication des produits céramiques: Malgré le large assortiment des céramiques, la diversité de leurs formes, de leurs propriétés physico-mécaniques et du genre de matières premières utilisées, les étapes principales de fabrication des produits de céramique sont commune :

6.1-Extraction des matières premières :les usines fabriquant des céramiques sont implantées en général à proximité des carrières d'argile qui font partie de l'usine. L'extraction est réalisée à ciel ouvert par des excavateurs. Le transport de la matière de la carrière à rusine se fait avec des camions à bennes basculantes, avec des wagonnets ou avec des transporteurs à bande si la carrière n'est pas trop éloignée de l'atelier de façonnage.

6.2-Préparation de la masse : elle consiste à détruire la structure initiale de l'argile, d'évincer et d'émettre de grosses inclusions ;de mélanger de l'argile avec des additions et de rhumecterjusqu'à obtention d'une masse qui se prête au façonnage.

6.3-Façonnage de la pâte : il vise à donner la cohésion et la forme à la pâtepréparée. Il dépend de la nature du produit à fabriquer et les caractéristiques physiques de la matière première, le façonnage se fait :

***Par extrusion :** qui convient pour une pâtedemi molle ou demi-ferme (teneur en eau 30%).

***par pressage:** qui convient pour les pates fermes (teneur en eau 3 à 9%)

***par moulage:** qui convient pour les argiles maigres et sableuses, ce procédé ne permet pas de fabriquer des briques pleines avec une teneur en eau qui peut dépasser les 30% occasionnant des frais de séchage importants.

6.4-Séchage des produits crus : les produits façonnés généralement avec une teneur en eau de 15 à 30% exigent un séchage avant la cuisson, le séchage jusqu'à 1 à 3 % d'eau est toujours accompagné d'un retrait plus ou moins important.

Le séchage peut se faire à l'air libre, par séchoirs conditionnés, ou par séchoirs rapides

6.5-La cuisson : elle consiste à donner aux produits des qualités de solidité, stabilité et résistance par une cuisson entre 950⁰C et 1050 ⁰C qui modifient de manière irréversible les propriétés de l'argile.

6.6-Stockage et commercialisation : Le produit fini est ensuite contrôlé, et stocké pour l'expédition .

3/L'élaboration et la mise en forme des verres:

La mise en forme des verres peut se séparer en trois étapes :

.1Fusion: la composition est chauffée progressivement à 1300-1400C, dans des fours continus (fours à bassin). La cuve est constituée de blocs réfractaires posés sans liant, l'étanchéité étant assurée par le verre se figeant dans les joints. La durée de vie du four est d'environ une dizaine d'années.

2 affinage et homogénéisation : afin d'éliminer les bulles de gaz présentes dans le verre fondu , la température est élevée à 1450-1600C pour diminuer sa viscosité. L'ajout de sulfate de sodium améliore l'affinage. Une agitation mécanique ou l'insufflation d'air sont parfois utilisées pour homogénéiser.

3 Braise : la viscosité du verre est augmentée en diminuant la température vers 1000-1200C pour faciliter la mise en forme.

4 Mise en forme et assemblage du Verre :

Le verre se liquéfie aux alentours de 1000 C, on peut alors le mouler (comme un métal). Le verre est un fluide visqueux vers 700C ou il peut être laminé, forger, ou soufflé .

5 Produits finis :

On distingue trois types principaux de produits fabriqués :

- Le verre plat (vitre, glace, ...etc) :
- Le verre creux (bouteille, ampoule) :
- Les fibres de verre :
- Le verre de table :

Examen N°1

Exercice1: Déterminer les contraintes normales maximales σ_{\max} et minimale σ_{\min} et la position de l'axe neutre dans la section dangereuse de la barre (fig.1).
 Tracer le diagramme des contraintes normales.
 Données : $P_1 = 6t$; $P_2 = 4t$; $P_3 = 2t$; $b = 40\text{cm}$; $h = 50\text{cm}$; $l = 2\text{m}$.

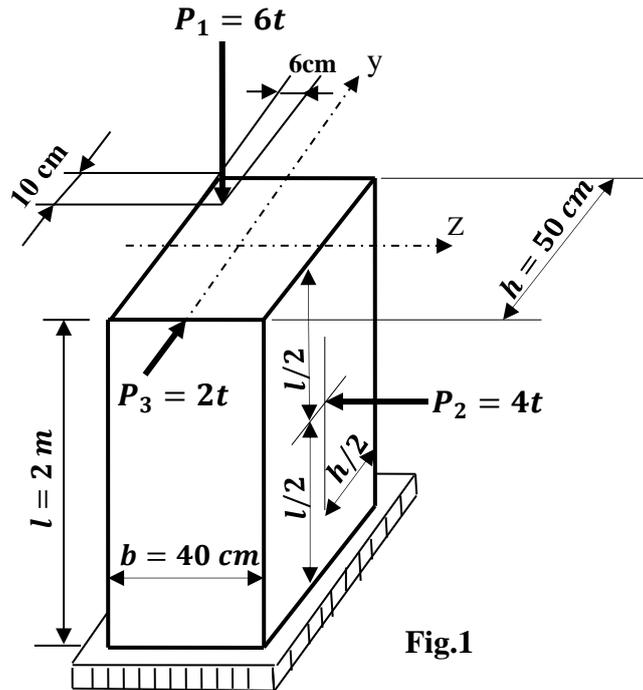


Fig.1

Exercice2 : Soit la console représentée à la figure 2.
 Déterminer par la méthode de multiplication des diagrammes, l'intégrale de Mohr et la méthode de Gastigliano le **déplacement** et la **rotation** à l'extrémité libre de la console (**point A**).

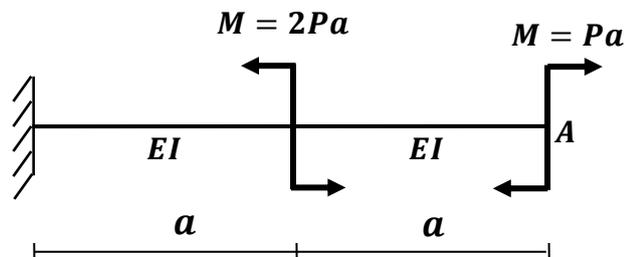


Fig.2

Exo 1 :

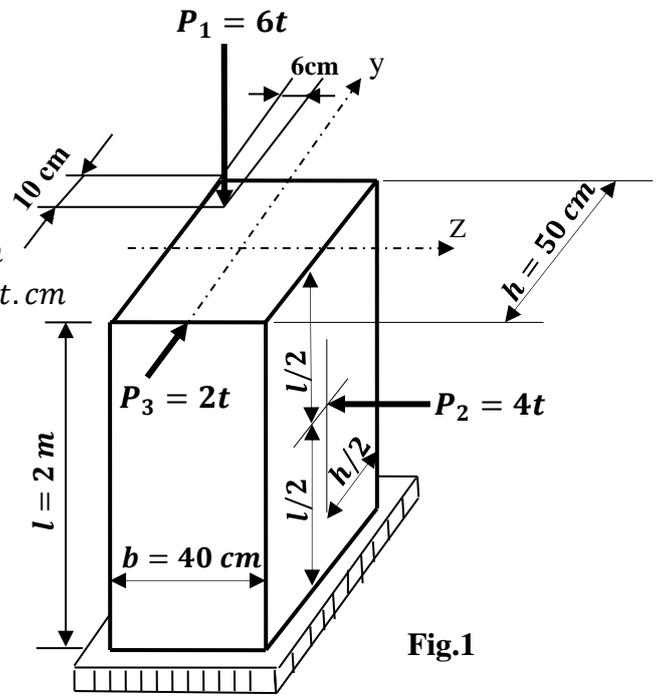


Fig.1

$$N_x = -P_1 = -6t$$

$$M_y = P_1 * 14 + P_2 * 100 = 6 * 14 + 4 * 100 = 484 t.cm$$

$$M_z = -P_1 * 15 - P_3 * 200 = -6 * 15 - 2 * 200 = -490t.cm$$

$$I_y = \frac{50 * (40)^3}{12} = 266666,67cm^4 ;$$

$$W_y = \frac{I_y}{20} = \frac{266666,6}{20} = 13333,33cm^3$$

$$I_z = \frac{40 * (50)^3}{12} = 416666,67cm^4 ;$$

$$W_z = \frac{I_z}{25} = \frac{416666,6}{25} = 16666,67cm^3$$

$$\sigma_{min}^{max} = \frac{N}{A} \pm \frac{M_y}{W_y} \pm \frac{M_z}{W_z} = -\frac{6 \cdot 10^3}{40 * 50} \pm \frac{484 \cdot 10^3}{13333,3} \pm \frac{490 \cdot 10^3}{16666,67}$$

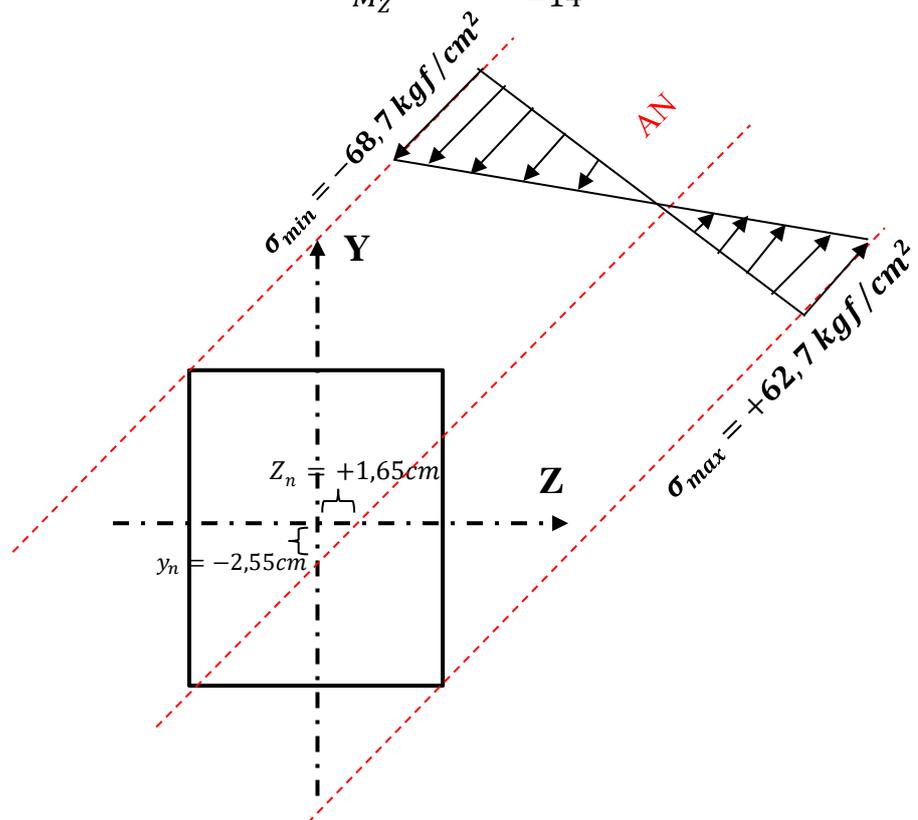
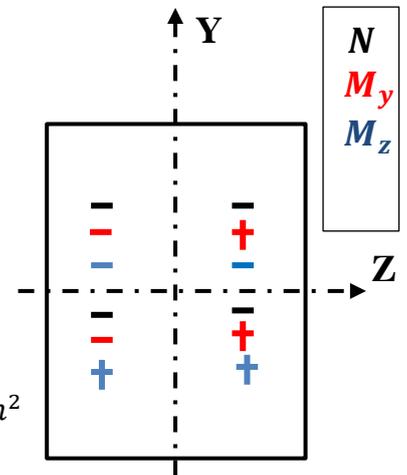
$$\sigma_{min}^{max} = \frac{N}{A} \pm \frac{M_y}{W_y} \pm \frac{M_z}{W_z} = -3 \pm 36,3 \pm 29,4$$

$$\sigma_{max} = -\frac{N}{A} + \frac{M_y}{W_y} + \frac{M_z}{W_z} = -3 + 36,3 + 29,4 = +62,7 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{min} = -\frac{N}{A} - \frac{M_y}{W_y} - \frac{M_z}{W_z} = -3 - 36,3 - 29,4 = -68,7 \text{ kgf/cm}^2$$

$$i_y^2 = \frac{I_y}{A} = \frac{266666,67}{40 * 50} = 133,33cm^2 ; \quad i_z^2 = \frac{I_z}{A} = \frac{416666,6}{40 * 50} = 208,33cm^2$$

$$y_n = -\frac{N i_z^2}{M_z} = -\frac{-6 * 208,33}{-490} = -2,55 \text{ cm} ; \quad z_n = -\frac{N i_y^2}{M_y} = -\frac{-6 * 133,33}{-14} = +1,65 \text{ cm}$$

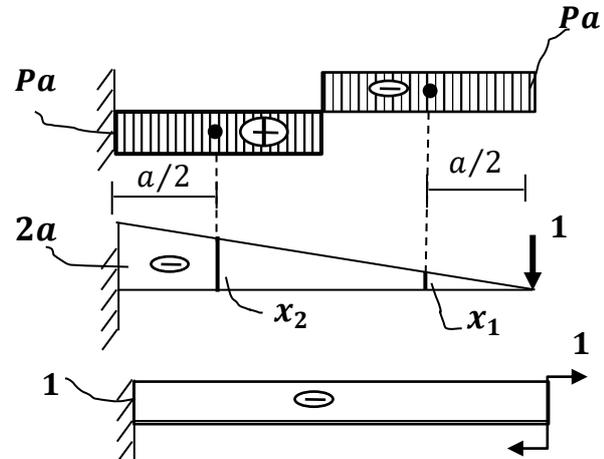
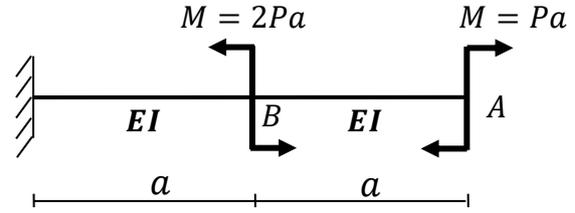


(Exo N°2 :

La méthode de multiplication des diagrammes :

$$\frac{x_1}{2a} = \frac{a}{2a} ; x_1 = \frac{a}{2}$$

$$\frac{x_2}{2a} = \frac{2a - \frac{a}{2}}{2a} ; x_2 = \frac{3a}{2}$$



$$y_A = \frac{1}{EI} \left[\left(-Pa * a * \left(-\frac{a}{2} \right) \right) + (Pa * a * \left(-\frac{3a}{2} \right) \right] = -\frac{Pa^3}{EI}$$

$$\theta_A = \frac{1}{EI} [(-Pa * a * (-1) + (Pa * a * (-1))] = 0$$

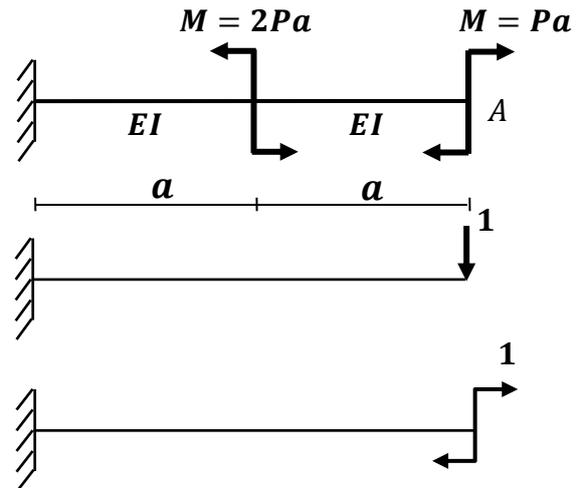
La méthode de l'intégrale de Mohr :

$$0 \leq x \leq a$$

$$M_c(x) = -Pa \quad ; \quad M_1(x) = -x$$

$$a \leq x \leq 2a$$

$$M_c(x) = -Pa + 2Pa = +Pa \quad ; \quad M_1(x) = -x$$



$$y_A = \frac{1}{EI} \int_0^a (-Pa * (-x)) dx + \frac{1}{EI} \int_a^{2a} (Pa) (-x) dx = \frac{1}{EI} \left[Pa \frac{x^2}{2} \right]_0^a - \frac{1}{EI} \left[Pa \frac{x^2}{2} \right]_a^{2a}$$

$$= \frac{1}{EI} \left[\frac{Pa^3}{2} - 2Pa^3 + \frac{Pa^3}{2} \right] = -\frac{Pa^3}{EI}$$

$y_B = -\frac{Pa^3}{EI}$

$$0 \leq x \leq a$$

$$M_c(x) = -Pa \quad ; \quad M_1(x) = -1$$

$$a \leq x \leq 2a$$

$$M_c(x) = -Pa + 2Pa = +Pa \quad ; \quad M_1(x) = -1$$

$$\theta_A = \frac{1}{EI} \int_0^a (-Pa) * (-1) dx + \frac{1}{EI} \int_a^{2a} (Pa) (-1) dx = 0$$

$\theta_B = 0$

La méthode de Gastigliano :

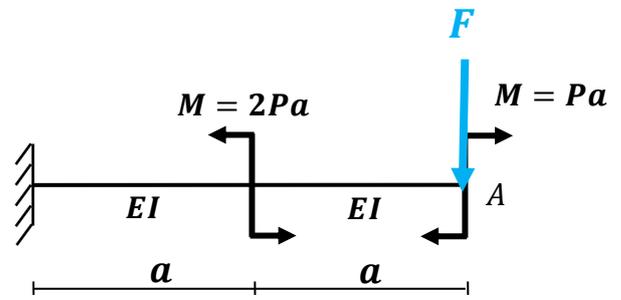
$$0 \leq x \leq a$$

$$M(x) = -Pa - Fx = -Pa ; \quad \frac{\partial M(x)}{\partial F} = -x$$

$$a \leq x \leq 2a$$

$$M(x) = -Pa - Fx + 2Pa = +Pa ; \quad \frac{\partial M(x)}{\partial F} = -x$$

$$y_A = \frac{1}{EI} \int_0^a (-Pa * (-x)) dx + \frac{1}{EI} \int_a^{2a} (Pa) (-x) dx = -\frac{Pa^3}{EI}$$



$$y_A = -\frac{Pa^3}{EI}$$

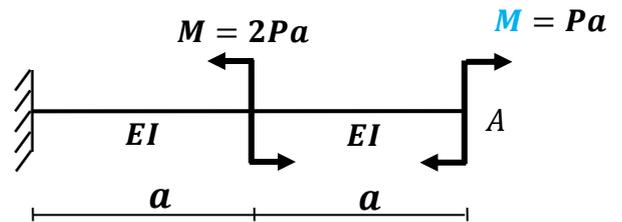
$$0 \leq x \leq a$$

$$M(x) = -M = -Pa ; \quad \frac{\partial M(x)}{\partial M} = -1$$

$$a \leq x \leq 2a$$

$$M(x) = +2Pa - M = +Pa ; \quad \frac{\partial M(x)}{\partial M} = -1$$

$$\theta_A = \frac{1}{EI} \int_0^a (-Pa) * (-1) dx + \frac{1}{EI} \int_a^{2a} (Pa) (-1) dx = 0$$



$$\theta_B = 0$$