

Nom: Prénom: N° de carte étudiant :

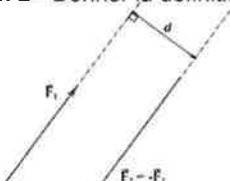
PREMIERE PARTIE (5 pts): QUESTIONNAIRE A CHOIX MULTIPLES (QCM)

Question 1 - Quelle est la définition de la contrainte de flexion? On utilisera la notation du cours. NOTA: x= signe multiplication



- 1 - N/S
 - 2 - M/I
 - 3 - $M/(I \cdot x)$
 - 4 - V/S
- la contrainte de flexion fait intervenir le moment de flexion (noté M dans le cours) l'inertie I et la distance entre la fibre extrême et le centre de gravité G.
 $\Rightarrow \sigma_f = \frac{M \cdot x}{I}$

Question 2 - Donner la définition d'un couple en mécanique? F1, et F2 sont définis sur la figure ci-dessous

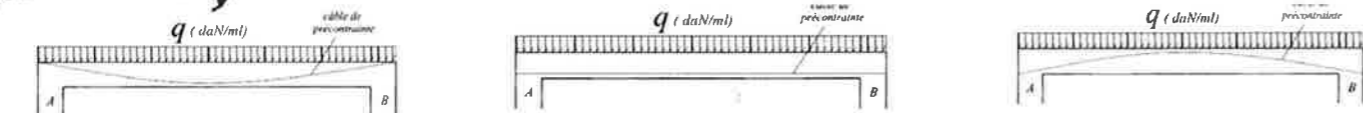


- 1 - $(F1+F2) \cdot d$
 - 2 - $2F1 \cdot d$
 - 3 - $F1 \cdot d$
 - 4 - $(F1/F2) \cdot d$
- $F_1 = -F_2$. Couple: association de 2 forces opposées, de même intensité et distantes d'une certaine distance, q. appelée bras de levier
 $C = F_1 \cdot d$

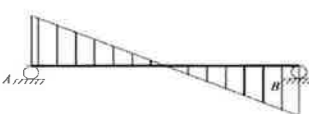
Question 3 - Quel est le tracé optimum pour le câble de précontrainte nécessaire à la reprise du poids propre?

poids propre → charge répartie.
 Moment de flexion → la forme du câble doit reprendre la forme du moment de flexion

- 1 - Le tracé parabolique (courbure positive) (bas à gauche)
- 2 - le tracé droit
- 3 - Le tracé parabolique (courbure négative) (bas à droite)

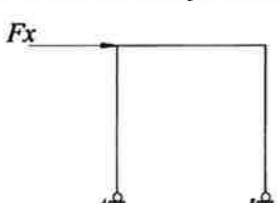


Question 4 - On considère une poutre sollicitée par un chargement réparti uniforme le long de sa travée. On obtient le diagramme des efforts intérieurs suivant. De quel type d'effort s'agit-il?



- 1 - Moment de torsion
 - 2 - Moment de flexion
 - 3 - Effort normal
 - 4 - Effort tranchant
- (par calcul, cf. cours pour démonstration)

Question 5 - Donner le degré de staticité du portique bi-rotulé suivant:



- 1 - 0, isostatique
 - 2 - 1, isostatique
 - 3 - -1, hyperstatique
 - 4 - -1, mécanisme
- 1 borne $3 \times 1 = 3 \text{ eq}$
 2 rotules $2 \times 2 = 4 \text{ inconnues}$
 $-4 + 3 = -1$ hyperstatique

DEUXIEME PARTIE (5pts): QUESTIONS DE COURS.

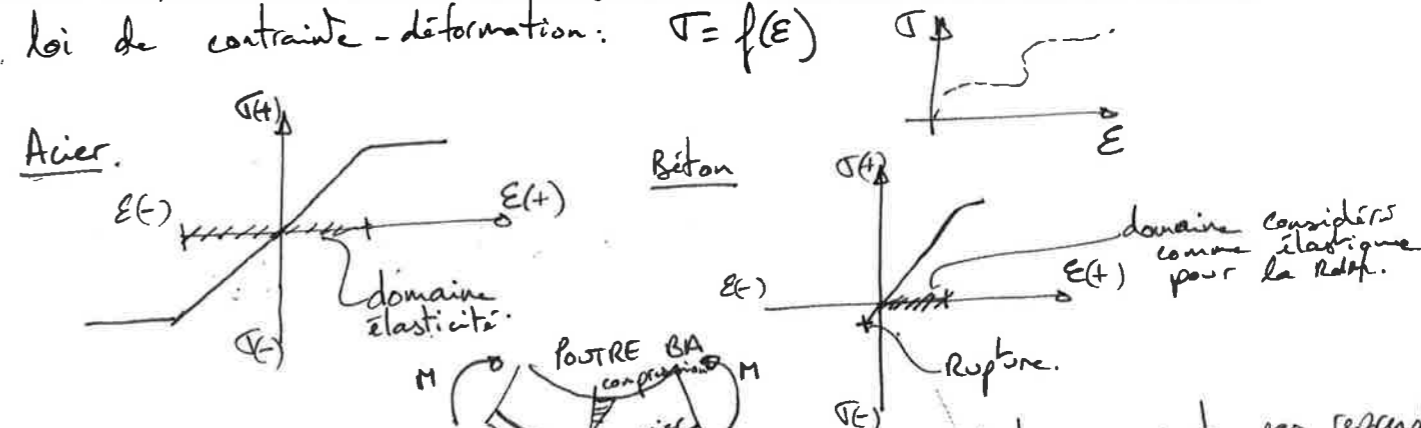
Question 1 - Quelle est la différence d'un point de vue structurel entre une coque et une membrane? expliciter votre réponse.

membrane + plaque = coque.
 3 éléments structuraux surfaciques: membrane, plaque, coque
 membrane travaille qu'avec des contraintes normales
 plaque " " flexion
 coque " " avec normal + flexion

Question 2 - Décrire le fonctionnement mécanique d'une plaque. Illustrer votre propos.

poutre est linéaire - structure servant à la reprise des moments de flexion.
 plaque est surfacique - structure servant à la reprise des moments de flexion dans les 2 sens de l'élément structural.
 le comportement de la plaque varie selon les appuis.

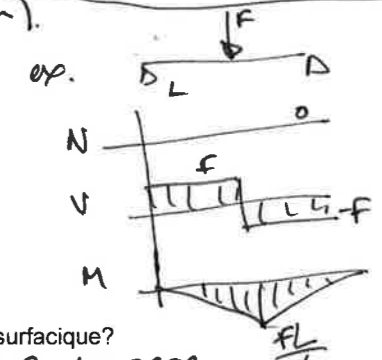
Question 3 - Pourquoi le béton armé fissure-t-il? Fournir le diagramme contrainte déformation du béton armé et de l'acier seul.



Question 4 - Qu'est ce qu'un diagramme NVM?

Diagramme des efforts internes d'un élément structural.
 N: normal (effort de traction/compression).
 V: cisaillement.
 M: flexion (moment de flexion).

fissuration car le béton ne peut pas reprendre de traction. Une fois fissuré, l'acier reprend la traction des tractions liées à la flexion de la poutre.



Question 5 - Comment peut-on améliorer les capacités mécaniques d'un élément surfacique?

voir LA QUESTION DANS UN SENS LARGE POUR MONTRER QUE VOUS MAITRISEZ CE COURS.

améliorer: (a) → géométrie de la section: $N \Rightarrow$ section, $M \Rightarrow$ inertie ex:
 (b) → matériau: E
 (c) → géométrie global: (1) → pour améliorer la reprise des moments.
 (2) → système sous-tendu.
 (3) → ajout de la technologie: précontrainte (ex.)

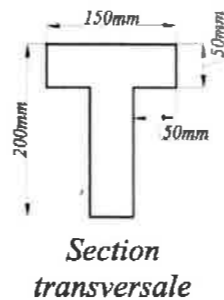
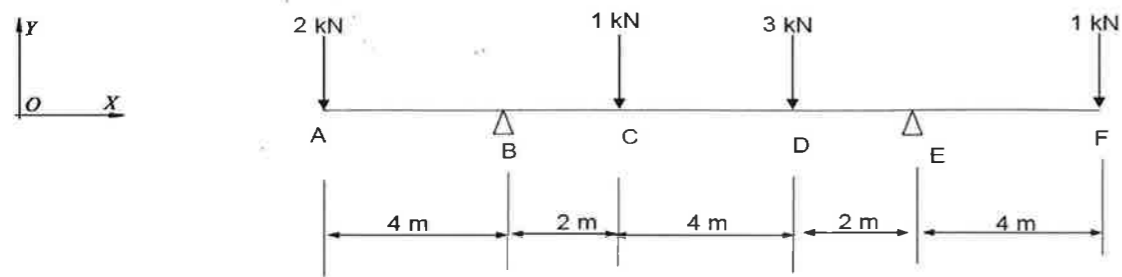
TROISIEME PARTIE: PROBLEME.

Les dimensions sont données en m et en mm.

- 1- Donner le degré de staticité de la structure suivante. (on considère une rotule en B et un appui simple en E). Expliquer.
- 2- Déterminer les réactions aux appuis B et E.
- 3- Question 3-4 sont liées. Déterminer le diagramme d'effort tranchant et l'effort tranchant maximum.
- 4- Déterminer le diagramme du moment fléchissant et le moment fléchissant maximum
- 5- On considère la section illustrée ci-après. Elle est symétrique. Calculer la position du centre de gravité C.D.G.
- 6- Calculer l'inertie du profil suivant l'axe principal. (pour rappel, celui qui permet la reprise de la flexion)
- 7- Calculer la (les) contrainte(s) de flexion maximum.
- 8- En considérant un acier S235, de contrainte admissible 235 Mpa ($=N/mm^2$), la section est-elle capable de reprendre le moment de flexion considéré en 4.

EXAMEN - STRUCTURE II

Année 2012-2013 - Raphaël Arlot - Mario Poirier



1- 1 barre 3 eq
2 appuis simples. 2x1 inconnue
 $3-2=1 \Rightarrow$ système mécanique.

\Rightarrow il faut le rendre isostatique. par exemple, remplacer B par une rotule.

\Rightarrow 1 barre 3 eq
1 appui simple 1 inco.
1 rotule 2 inco.

$3-2-1=0 \Rightarrow$ système iso.

vu que les charges sont toutes verticales, aucune modification du problème. le blocage de l'effort horizontal permet juste de travailler le système. (= réaction horizontale nulle).

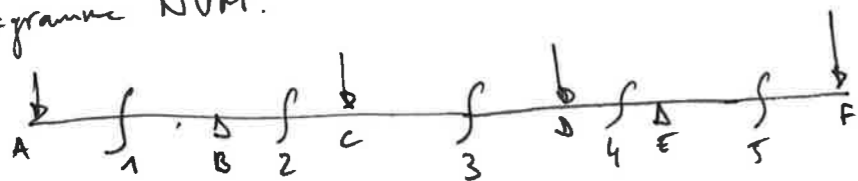
2- Réactions d'appuis en B et E.

P.F.S.

$$\begin{cases} \sum X & R_{Bx} + R_{Ex} = 0 \quad (R_{Ex} = 0 \text{ Appui simple}) \\ \sum Y & -2 + R_{By} - 1 - 3 + R_{Ey} - 1 = 0 \\ \sum M_B & +2 \times 4 - 1 \times 2 - 3 \times 6 + 8 R_{Ey} - 12 \times 1 = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} R_{Bx} + R_{Ex} = 0 \\ R_{By} = 2 + 1 + 3 + 1 - 3 = 4 \\ R_{Ey} = \frac{12 + 18 + 2 - 8}{8} = \frac{24}{8} = 3 \end{cases}$$

3/4. diagramme NVM.



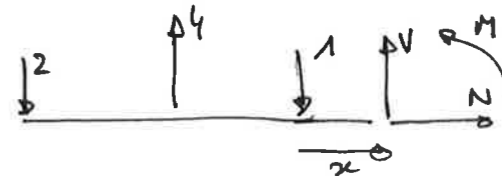
Coupe 1.

$$\begin{cases} N = 0 \\ V = 2 \\ M = -2x \end{cases}$$

Coupe 2.

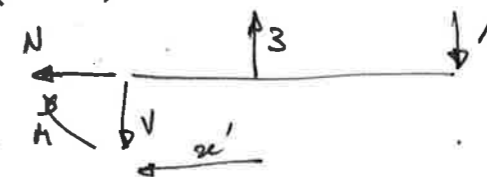
$$\begin{cases} N = 0 \\ V = -2 \\ M = -2(x+4) + 4x = 2x - 8 \end{cases}$$

Coupe 3



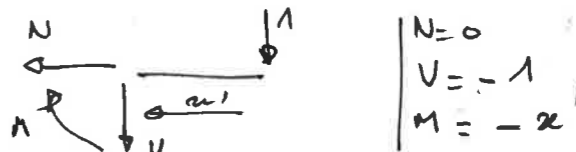
$$\begin{cases} N = 0 \\ V = 2 - 4 + 1 = -1 \\ M = -2(6+x) + 4(2+x) - 1 \times x = 2x - 4 \end{cases}$$

Coupe 4



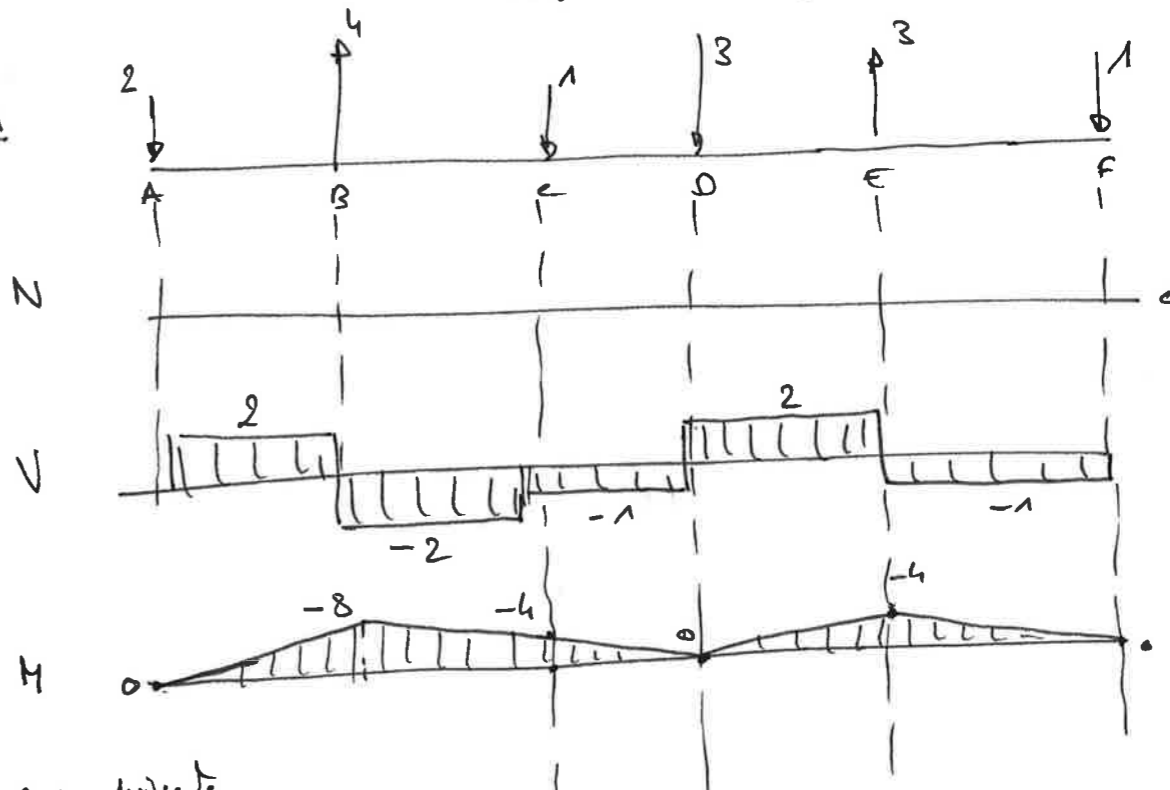
$$\begin{cases} N = 0 \\ V = 3 - 1 = 2 \\ -M + 3x' - (4 \times x') = 0 \Rightarrow M = 2x' - 4 \end{cases}$$

Coupe 5



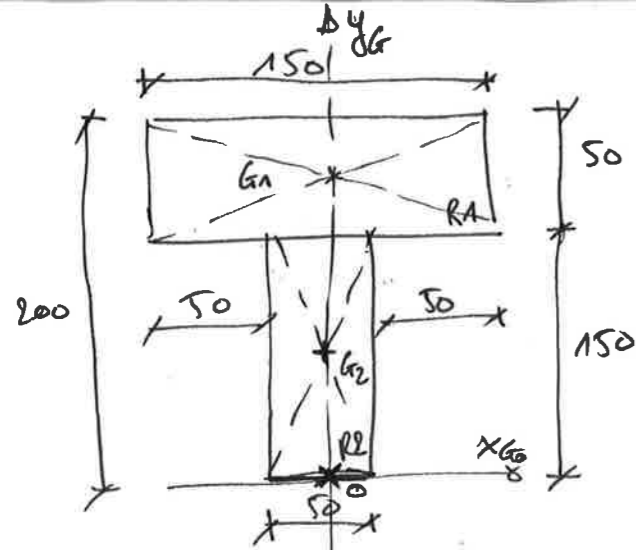
$$\begin{cases} N = 0 \\ V = -1 \\ M = -x' \end{cases}$$

Au final



5- cf. page suivante.

5.



(il manque une dimension (donnée en examen.) \Rightarrow section symétrique.

Profil symétrique, centre de gravité porté sur l'axe y_G .

$$y_G = \frac{M_{S,R1} + M_{S,R2}}{A_{R1} + A_{R2}} = \frac{M_{S,R1} + M_{S,R2}}{A_{R1} + A_{R2}}$$

par rapport à x_{G0} .

$$M_{S,R1} = A_{R1} \times y_{G1} = (50 \times 150) \times 175 = 1\,312\,500$$

$$M_{S,R2} = A_{R2} \times y_{G2} = (50 \times 150) \times 75 = 562\,500$$

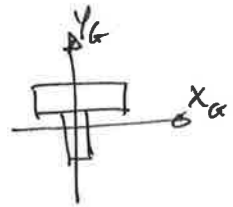
$$y_G = \frac{1\,312\,500 + 562\,500}{2 \times 50 \times 150} = \frac{1\,875\,000}{15\,000} = 125$$

Autre méthode.

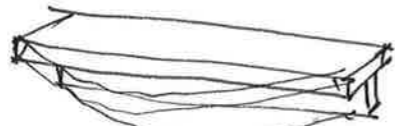
masse $R_1 =$ masse R_2
Centre de gravité à mi distance de y_{G1} et y_{G2} .

$$y_G = \frac{175 + 75}{2} = 125$$

6.



I_{x_G} est celui qui nous intéresse.



$$I_{x_G} = I_{R1, x_{G1}} + A_{R1} \times (x_G - x_{G1})^2 + I_{R2, x_{G2}} + A_{R2} \times (x_G - x_{G2})^2$$

$$I_{R1, x_{G1}} = \frac{bh^3}{12} = \frac{150 \times 50^3}{12} = 1\,562\,500$$

$$I_{R2, x_{G2}} = \frac{50 \times 150^3}{12} = 14\,062\,500$$

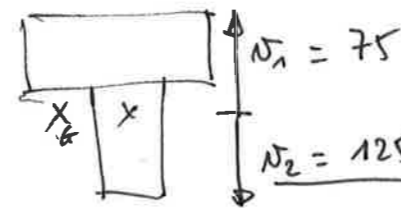
$$A_{R1} (x_G - x_{G1})^2 = 50 \times 150 \times (175 - 125)^2 = 18\,750\,000$$

$$A_{R2} (x_G - x_{G2})^2 = 50 \times 150 \times 50^2 = 18\,750\,000 = A_{R1} (x_G - x_{G1})^2$$

$$I_{x_G} = 53\,125\,000 \text{ mm}^4 = 5\,312,5 \text{ cm}^4$$

7. Contrainte de flexion maximum.

$$\sigma_f = \frac{M_{f, \max}}{\frac{I}{\nu}}$$



$\Rightarrow \sigma_{f, \max}$ = au point B, en considérant la fibre inférieure.

$$\sigma_{f, \max} = \frac{M_{f, \max}}{\frac{I_{x_G}}{\nu_2}} \text{ (attention, daN.cm)}$$

$$\sigma_{f, \max} = \frac{80000 \times 12,5}{5312,5} = 188,2 \text{ daN/cm}^2 = 188,2 \text{ bars} = 18,82 \text{ MPa} (= \text{N/mm}^2)$$

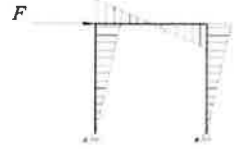
8. $\bar{\sigma} = 235 \text{ MPa} = 2350 \text{ bars}$.

$\sigma_{f, \max} < \bar{\sigma} \Rightarrow$ oui, le profil est capable de reprendre le moment de flexion.

Nom: Prénom: N° de carte étudiant :

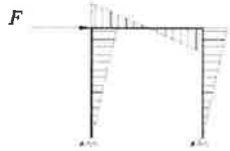
PREMIERE PARTIE (5 pts): QUESTIONNAIRE A CHOIX MULTIPLES (QCM)

Question 1 - Que représente ce diagramme:



- 1 - La distribution de l'effort normal N dans le portique
- 2 - La distribution de l'effort tranchant T dans le portique
- 3 - La distribution du moment fléchissant M dans le portique *cf. cours.*

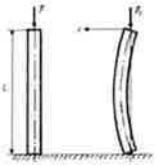
Question 2 - Quelle est la nature des liaisons entre les poteaux et la poutre.



- 1 - Les liaisons sont des encastremets
- 2 - Les liaisons sont des rotules
- 3 - Les liaisons sont des appuis simples

par définition du portique

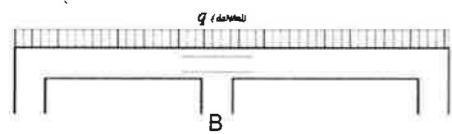
Question 3 - Le flambement dépend:



- 1 - De la longueur de l'élément considéré
- 2 - De la charge appliqué
- 3 - Des conditions d'appuis
- 4 - Toutes les réponses précédentes

$F_{crit} = f(L, E, I, G(L; appuis))$

Question 4 - On considère l'appui B de la poutre continue ci-dessous, en béton armé chargé uniformément. Les armatures principales de reprise du moment fléchissant seront placées?

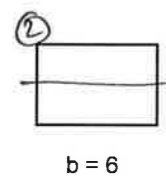
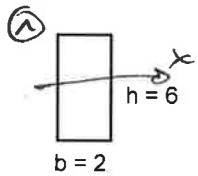


- 1 - En haut
- 2 - En bas
- 3 - En haut et en bas



diag du moment de flexion.

Question 5 - Comment varie l'inertie entre les sections 1 et 2? (suivant x)



- 1 - 1 est 3 fois plus importante que 2
- 2 - 1 est 6 fois plus importante que 2
- 3 - 1 est 9 fois plus importante que 2

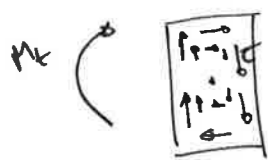
$I_1 = \frac{2 \times 6^3}{12} = 6^2$

$I_2 = \frac{6 \times 2^3}{12} = 2^2$

$\frac{I_1}{I_2} = \frac{(3 \times 2)^2}{2^2} = 3^2 = 9$

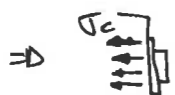
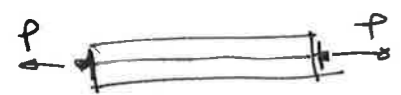
DEUXIEME PARTIE (5pts): QUESTIONS DE COURS.

Question 1 - Expliquer comment se diffuse les contraintes de torsion dans une section fermée régulière. Idem ouverte?

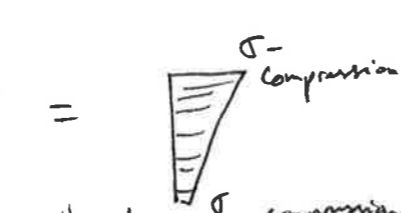
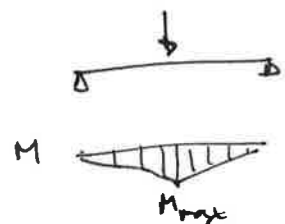


M_t : Moment de torsion se traduit par des contraintes tangentielles dans l'élément structural.
- nulles au centre
- max en périphérie } ⇒ le profil le plus efficace le tube ouvert.

Question 2 - Décrire quelle est le rôle de la précontrainte dans le béton armé précontraint.



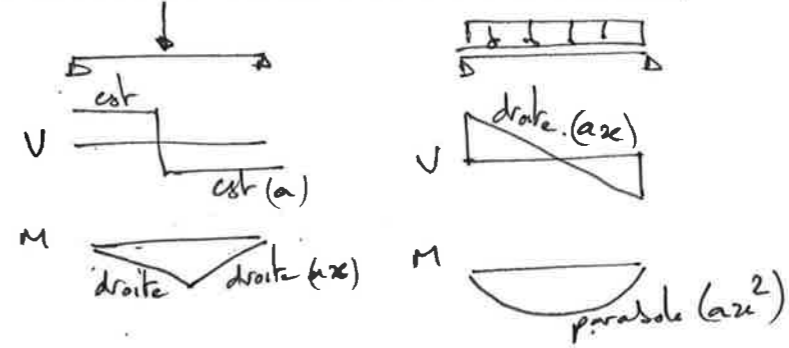
le câble de précontrainte par réaction au niveau du coupleur se traduit par une compression de la poutre.



⇒ la précontrainte réduit la contrainte de traction (voir l'annexe)

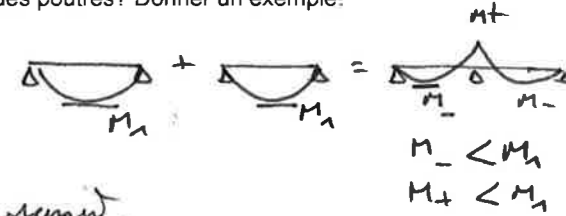
Question 3 - Expliquer le lien qui existe entre effort tranchant et moment de flexion dans une poutre.

$V = \frac{dM}{dx}$



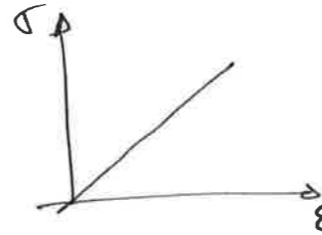
Question 4 - Quelles sont les avantages et les inconvénients de l'utilisation de continuité des poutres? Donner un exemple.

Avantage: réduction du moment en travée. ⇒ meilleure répartition des moments.



inconvénient: système hyperstatique. ⇒ plus tangentiel. maîtrise des efforts dans les structures.

Question 5 - Qu'est-ce qu'un matériaux élastique linéaire?

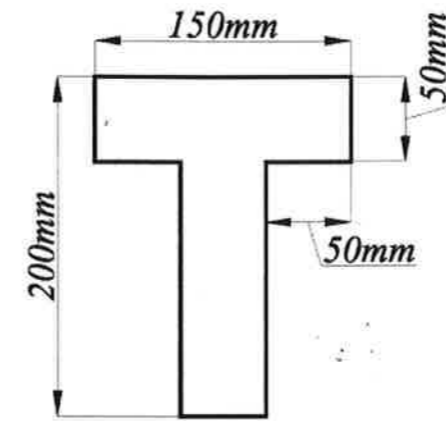
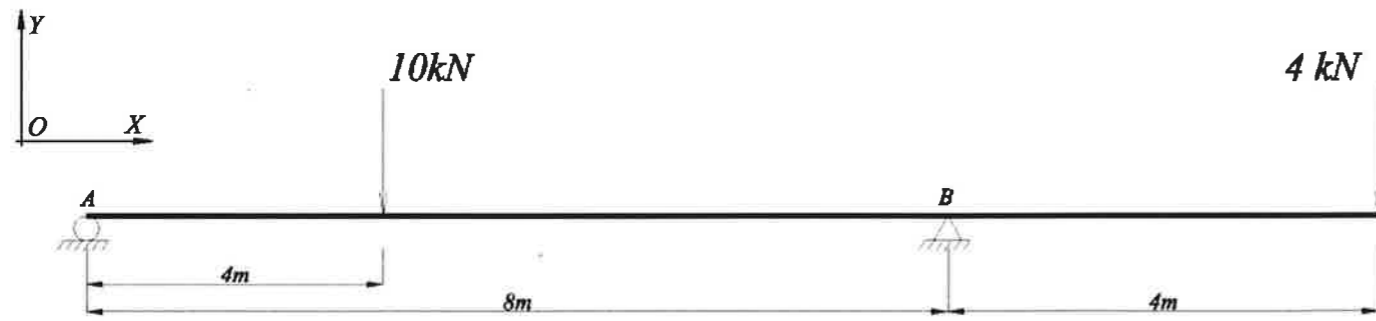


matériau dont la courbe contrainte/déformation s'assimile à une droite.

TROISIEME PARTIE: PROBLÈME.

Les dimensions sont données en m et en mm.

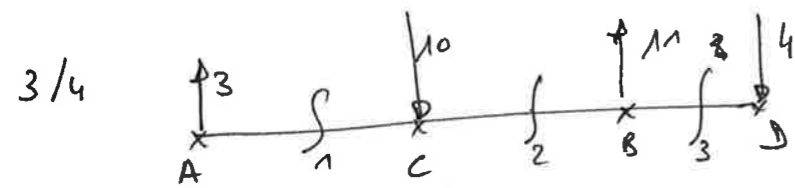
- 1- Donner le degré de staticité de la structure suivante. Expliquer.
- 2- Déterminer les réactions aux appuis A et B
- 3- Déterminer les diagrammes d'efforts tranchant et l'effort tranchant maximum.
- 4- Déterminer le diagramme du moment fléchissant et le moment fléchissant maximum
- 5- Supposons que la poutre a une section comme illustré ci-dessous. Calculer la position du centre de gravité
- 6- Calculer les inerties suivant les deux directions principales?
- 7- Calculer la valeur des contraintes maximum de flexion.
- 8- Considérant un acier S235, de contrainte admissible 235 (Mpa=N/mm²), déterminer la section d'acier minimum nécessaire pour résister aux efforts de flexion.



1 - 1 barre 3 eq
1 rotule 2 inc
1 appuis. 1 inc.
 $3 - 2 - 1 = 0$ (isostatique)

2 -

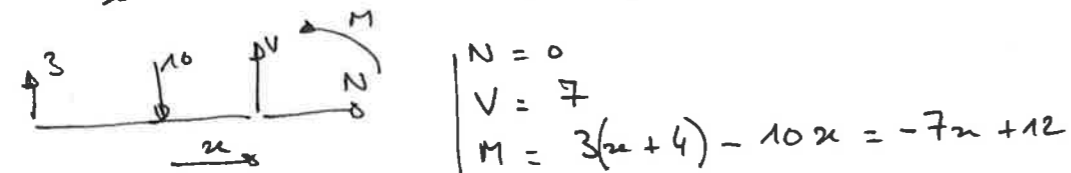
$$\begin{cases} R_{Ax} = 0 \\ R_{Ay} + R_{By} - 10 - 4 = 0 \\ -10 \times 4 + 8 R_{By} - 12 \times 4 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_{Ax} = 0 \\ R_{Ay} = 3 \\ R_{By} = \frac{22}{2} = 11 \end{cases}$$



Coupe 1



Coupe 2



Coupe 3

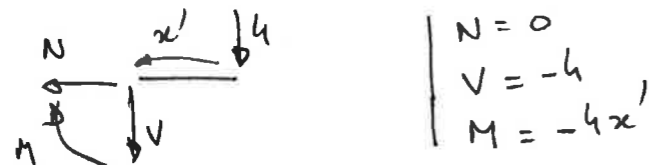
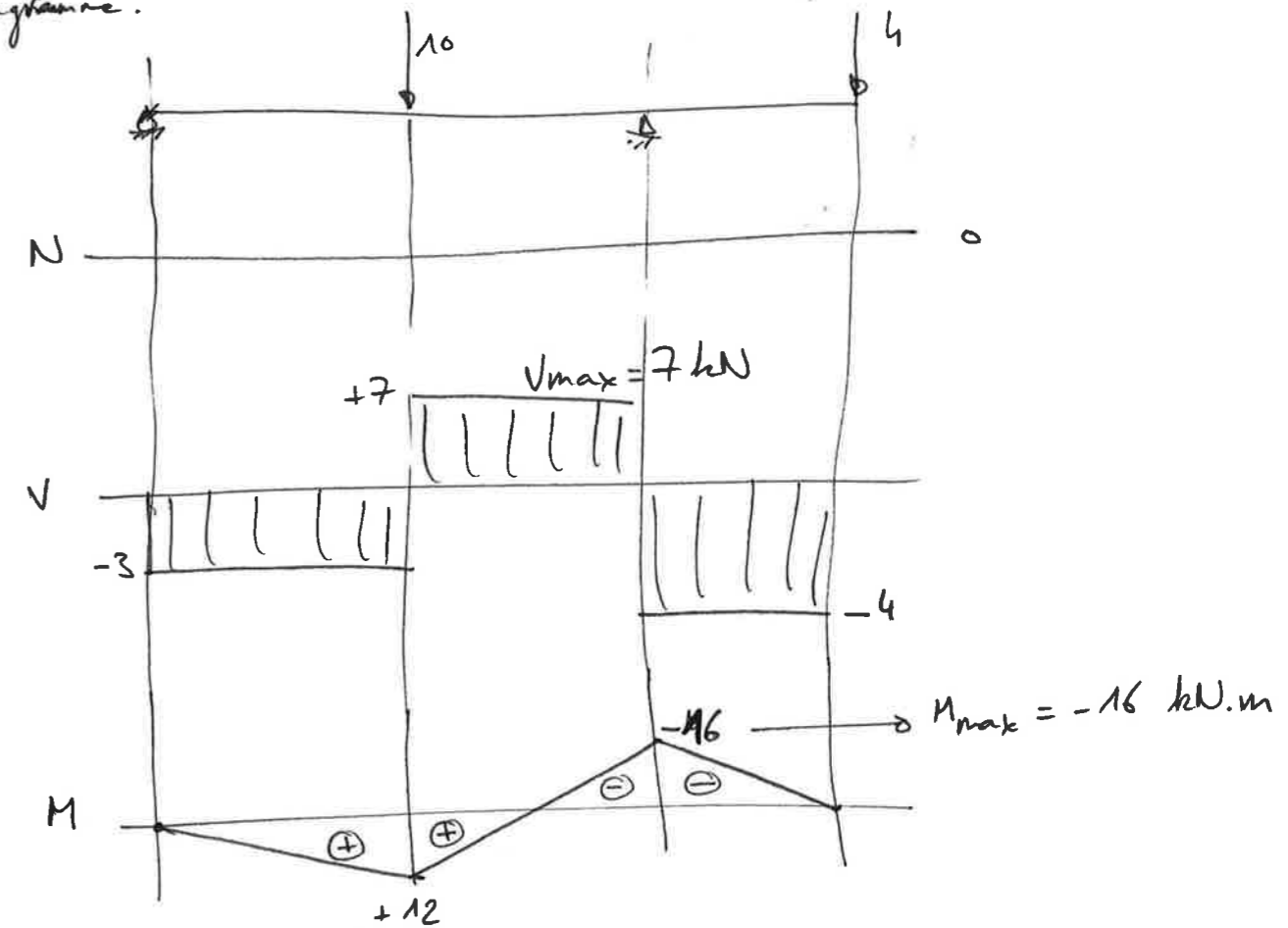


diagramme.



5/6 / cf. correction de l'examen.

7. $\sigma_{max} = \frac{160000 \times 12,5}{5312,5} = 376,5$ bars.

8. $\bar{\sigma} = 2350$ bars.

$\sigma_{max} < \bar{\sigma} \rightarrow$ oui, le profil est capable de résister au moment de flexion.