MQ01

Examen final

Durée : 2 heures
Documents autorisés : Poly de cours et TD personnels
Nombre de pages du sujet : 3

Chaque exercice est à rendre sur une feuille séparée

Remarques sur l'énoncé et la rédaction des réponses

- *vos hypothèses, notations et conventions doivent être clairement précisées ;*
- *la question 8 du problème 1 et la question 8 du problème 2 peuvent être traitées indépendamment des autres questions de chaque problème.*

Problème 1 : Étude d'une clé en croix (barème approximatif : 10 pts, ≈ 60 mn)

Nous étudions ici une clé en croix utilisée pour serrer et déserrer les écrous de roues automobiles (voir figure 1). Une représentation schématique du système étudié est donnée à la figure 2. La clé est constituée de 4 tubes CA, CB, CD et CE parfaitement assemblés entre eux au point C. Les bras sont orthogonaux au point C et tous contenus dans le plan (x, z) de la figure 2.

Nous supposerons, par ailleurs, que la clé est parfaitement encastrée sur le support (la roue) au point E (au niveau de l'écrou à serrer).

FIGURE 1. Clé en croix

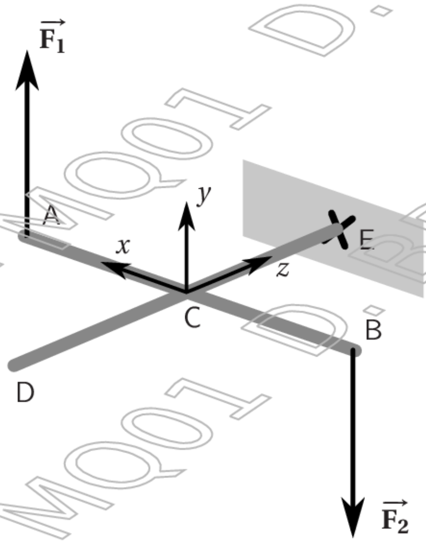

FIGURE 2. Schéma du système étudié

Hypothèses et données du problème

- $CA = CB = CD = CE = 300\ mm$;
- *le poids propre de chacun des éléments est supposé négligeable devant les actions appliquées ;*
- *les actions* $\overrightarrow{\mathbf{F}}_1$ *et* $\overrightarrow{\mathbf{F}}_2$ *sont portées par l'axe* y *(voir figure 2) et sont telles que* $\|\overrightarrow{\mathbf{F}}_1\| = \|\overrightarrow{\mathbf{F}}_2\| = 250\ N$;
- *les différents éléments du système sont en acier de caractéristiques :* $E = 200\ GPa$, $\nu = 0{,}3$, $\sigma_a = 100\ MPa$ *et* $\tau_a = 50\ MPa$.

1. Chaque exercice est à rendre sur une copie séparée. Avez-vous changé de copie ?

2. Déterminer l'action de liaison au point E.

3. Déterminer les équations et tracer les graphes des éléments de réduction N, T, Mt et M_{f_z} le long de DC et CE. À quel type de sollicitation sont soumis les tubes DC et CE ?

4. Les bras DC et CE sont des tubes de section circulaire creuse de même diamètre extérieur D et de diamètre intérieur $d = 0,8D$. Déterminer la valeur minimale à donner au diamètre extérieur D pour assurer la résistance en toute sécurité des bras DC et CE.

Dans la suite, on supposera que les bras CE, CA, CD et CB sont identiques et constitués de tubes de section circulaire de diamètre extérieur $D = 30$ mm et de diamètre intérieur $d = 24$ mm.

5. Dessiner la répartition des contraintes tangentielles dans la section du bras CE se situant au milieu de CE. Indiquer les valeurs remarquables des contraintes tangentielles.

6. Déterminer l'angle dont a tourné la section au point C par rapport à la section au point E.

7. En supposant que le bras CA est parfaitement rigide, déduire de la question précédente la valeur du déplacement vertical (*i.e.* selon l'axe y) du point A.

Nous considérons, dans la suite, le bras CA comme parfaitement encastré au point C. Le système étudié est alors celui représenté à la figure 3. On rappelle que le bras CA est constitué d'une section tubulaire circulaire de diamètre extérieur $D = 30$ mm et de diamètre intérieur $d = 24$ mm.

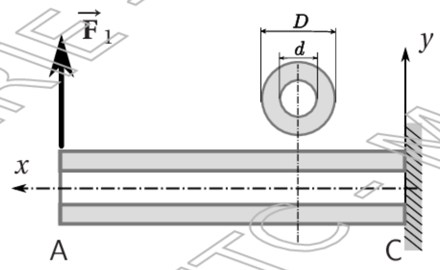

FIGURE 3. Schéma du bras CA

8. Déterminer le déplacement vertical du point A sous l'effet de l'application de la charge $\vec{F}_1$?

9. Déduire des questions 7 et 8 le déplacement vertical total du point A de la clé en croix de la figure 2.

Problème 2 : Étude d'une poutre de hangar (barême approximatif : 10 pts , ⏱≃ 60 mn)

Nous étudions ici une poutre métallique de hangar. Une représentation schématique de cette dernière est donnée à la figure 4. La poutre est constituée d'un profilé IPN et est soumise à une charge ponctuelle $\vec{F}$ au point C.

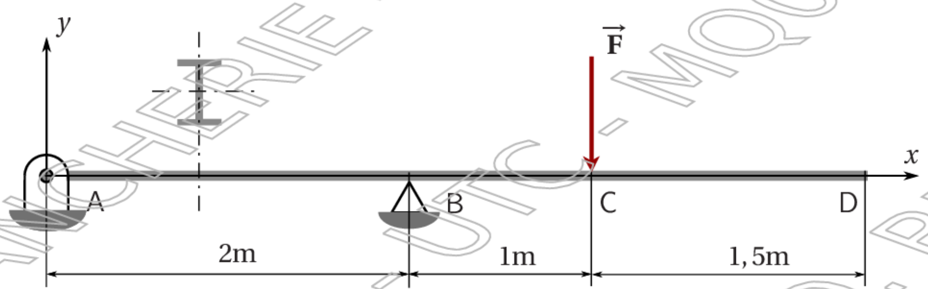

FIGURE 4. Schéma du système étudié

Hypothèses et données du problème

- *les liaisons aux points A et B sont supposées parfaites ;*
- *le poids propre de la poutre est supposé négligeable devant les actions appliquées ;*
- *la charge $\vec{F}$ est telle que $\|\vec{F}\| = 10^4$ N ;*
- *les différents éléments du système sont en acier de caractéristiques : $E = 200$ GPa, $\nu = 0,285$, $\sigma_e = 250$ MPa et $\tau_e = 125$ MPa. On adoptera un coefficient de sécurité de 2,5.*

1. Chaque exercice est à rendre sur une feuille séparée. Avez-vous changé de copie ?

2. Déterminer les actions de liaison aux points A et B.

3. Déterminer les équations et tracer les graphes des éléments de réduction $N(x)$, $T(x)$, $M_{f_z}(x)$ et $M_t(x)$ le long de la poutre ABCD.

4. Déterminer quel profilé IPN doit être choisi afin d'assurer la résistance en toute sécurité de la poutre ABCD.

Dans la suite, on considère que la poutre ABCD est constituée d'un profilé IPN 160.

5. Déterminer les valeurs des contraintes normales et tangentielles maximales dans la section se trouvant au milieu de AB.

6. Déterminer le déplacement vertical et la rotation de la section se trouvant au point C. Vous détaillerez la démarche utilisée et les calculs réalisés.

7. Déduire de la question précédente le déplacement vertical du point D.

On étudie, dans la suite, le système représenté à la figure 5 où la poutre ABCD est toujours constituée d'un profilé IPN160. *L'effort $\vec{F}$ a, dans la suite, une intensité de* 7 500 *N.*

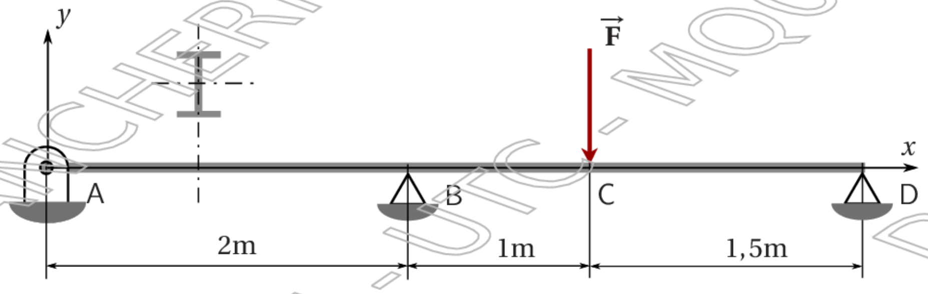

FIGURE 5. Schéma du système étudié

Pour l'effort $\vec{F}$ d'intensité 7 500 N, le déplacement vertical mesuré au point D de la poutre ABCD étudiée précédemment (voir figure 4) vaut 11,03 mm selon $-\vec{\mathbf{y}}$.

8. Déterminer la réaction au niveau de l'appui au point D. Vous détaillerez *précisément* la méthodologie employée.

On donne pour le système de la figure 6 :

$$y(D) = -\frac{P \times BD^2 \times AD}{3EI_{G_z}}$$

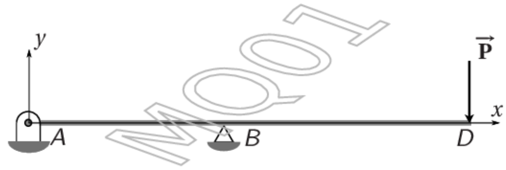

FIGURE 6.

MQ01

Éléments de correction - Examen final

Durée : 2 heures
Documents autorisés : AUCUN
Nombre de pages du sujet : 4

Problème 1 : Étude d'une clé en croix

1. $\vec{\mathbf{R}}_E = \vec{\mathbf{0}}$ N, $\vec{\mathbf{M}}_E = -150\,\vec{\mathbf{x}}$ N.m.
2. – sur DC, $M_t = 0$ N.m
   – sur CE, $M_t = -150$ N.m
3. $D \geq 29{,}6$ mm
4. $\tau_{\text{max}} = 47{,}9$ MPa, $\tau_{\text{min}} = 38{,}3$ MPa.
5. rotation entre C et E : $0{,}71^o$.
6. déplacement vertical du point A : $3{,}74$ mm.
7. déplacement vertical du point A : $0{,}479$ mm.
8. déplacement vertical total du point A : $4{,}22$ mm.

Problème 2 : Étude d'une poutre de hangar

1. $R_{Ax} = 0$ N, $R_{A_y} = -5000$ N, $R_{By} = 15\,000$N.
2. – sur AB, $x \in]0,2[$ m : $N(x) = 0$ N, $T(x) = 5\,000$ N, $M_{fz}(x) = -5\,000x$ N.m (x en m) ;
   – sur BC, $x \in]2,3[$ m : $N(x) = 0$ N, $T(x) = -10\,000$ N, $M_{fz}(x) = -5\,000x + 15\,000(x-2)$ N.m (x en m) ;
   – sur CD, $x \in]3,4,5[$ m : $N(x) = 0$ N, $T(x) = 0$ N, $M_{fz}(x) = 0$ N.m (x en m) ;
3. section dimensionnante en B, $\dfrac{I_{Gz}}{y_{\text{max}}} \geq 100\text{cm}^3 \Rightarrow$ IPN160.
4. $\sigma_{\text{max}} = 42{,}7$ MPa, $\tau_{\text{max}} = 6{,}35$ MPa.
5. – déplacement vertical du point C : $-5{,}35$ mm ;
   – rotation au point C : $-6{,}24\,10^{-3}$ rad.
6. déplacement du point D : $-14{,}7$ mm
7. $R_D = 2\,200$ N.