

**Science des matériaux – F315 – Sélection des matériaux**Examen 2012-2013 – sujet 1 – **correction**

NOM et prénom :

Groupe :

Durée de l'épreuve : 55 min. Aucun document autorisé, calculatrices non programmables uniquement. Répondre sur la feuille exclusivement et toujours donner les expressions littérales.

**Coque d'ordinateur portable**

Afin de réaliser des ordinateurs portables les plus légers et les plus fins possibles, le choix du matériau utilisé pour la fabrication de la coque est un élément essentiel.

La coque d'un ordinateur portable peut être assimilée à un assemblage de plaques. Dans un premier temps, nous allons sélectionner les meilleurs matériaux pour limiter la déformation élastique de la coque lorsqu'elle subit un effort de flexion.

La flèche élastique  $\delta$  d'une plaque de longueur  $L$ , largeur  $b$  et épaisseur  $e$ , soumise à une force  $F$  est donnée par :

$$\delta = \frac{12FL^3}{CEbe^3}, \quad (1)$$

où  $E$  est le module d'Young du matériau constituant la plaque et  $C$  une constante qui dépend uniquement de la distribution de la force  $F$  sur la plaque.

1. Par une démarche rigoureuse de sélection de matériaux, établir l'indice de performance pour la réalisation d'une coque rigide (flèche élastique maximale imposée) la plus légère possible (**4 pts**).

– **fonction** : supporter une force de flexion  $F$  ; flèche élastique  $\delta$  limitée.

– **objectif** : minimiser la masse  $m$ .

– **paramètres** :

– *fixes* :  $F, \delta, L, b, C$  ;

– *ajustable* :  $e$  ;

– *matériau* :  $E, \rho$ .

– **équations** :

– *objectif* :  $m = \rho Lbe$  ;

– *fonction* :  $\delta = \frac{12FL^3}{CEbe^3}$ .

– **fonction objectif** :  $m = \left(\frac{\rho}{E^{1/3}}\right) \times \left(\frac{12FL^6b^2}{C\delta}\right)^{1/3}$ .

– **indice de performance** :  $I = E^{1/3}/\rho$ .

2. Afin d'assurer une certaine résistance de la coque aux chocs, les matériaux sélectionnés devront posséder une résilience supérieure à  $10 \text{ kJ/m}^2$  (la résilience  $G_{Ic}$  est reliée à la ténacité  $K_{Ic}$  et au module d'Young  $E$  par la relation  $G_{Ic} = K_{Ic}^2/E$ ). En détaillant la procédure utilisée, établir une liste classée des 6 meilleurs matériaux répondant au cahier des charges (**3 pts**).

– **procédure** : carte module-masse volumique, pente 3, droite la plus haute ; carte ténacité-module,  $K_{Ic}^2/E > 10 \text{ kJ/m}^2$ . NB : pour une plaque, on doit considérer les composites stratifiés, moins rigides que les uniaxes.

– **liste classée** : CFRP, GFRP, KFRP, Al, Ti, HDPE.

3. Dans la liste déterminée à la question 2, calculer le rapport des masses d'une coque réalisée avec le meilleur matériau, et d'une coque réalisée avec les matériaux suivants (**3 pts**).

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{E_1^{1/3}/\rho_1}{E_2^{1/3}/\rho_2}.$$

| matériau                    | CFRP | GFRP  | KFRP  | Al     | Ti     | HDPE   |
|-----------------------------|------|-------|-------|--------|--------|--------|
| $E$ (GPa)                   | 80   | 30    | 20    | 80     | 110    | 0,9    |
| $\rho$ (Mg/m <sup>3</sup> ) | 1,2  | 1,2   | 1,2   | 2,7    | 4,1    | 0,95   |
| $m_2/m_1$                   |      | +39 % | +59 % | +130 % | +210 % | +250 % |

4. On souhaite à présent réaliser une coque la plus fine possible. Par une démarche rigoureuse de sélection de matériaux, établir l'indice de performance correspondant (**4 pts**).

- fonction : supporter une force de flexion  $F$  ; flèche élastique  $\delta$  limitée.
- objectif : minimiser l'épaisseur  $e$ .
- paramètres :
  - *fixes* :  $F, \delta, L, b, C$  ;
  - *ajustable* :  $e$  ;
  - *matériau* :  $E$ .
- équations :
  - *objectif* :  $e = e$  ;
  - *fonction* :  $\delta = \frac{12FL^3}{CEbe^3}$ .
- fonction objectif :  $e = \left(\frac{1}{E}\right)^{1/3} \times \left(\frac{12FL^3}{Cb\delta}\right)^{1/3}$ .
- indice de performance :  $I = E$ .

5. En détaillant la procédure utilisée, établir une liste classée des 6 meilleurs matériaux répondant au cahier des charges (toujours en tenant compte du critère sur la résilience) (**3 pts**).

- *procédure* : carte module-masse volumique, pente 0, droite la plus haute ; carte ténacité-module,  $K_{Ic}^2/E > 10 \text{ kJ/m}^2$ . NB : pour une plaque, on doit considérer les composites stratifiés, moins rigides que les uniaxes.
- *liste classée* : acier, Ti, Cu, CFRP, Al, GFRP.

6. On souhaite à présent réaliser une coque *résistante* la plus fine possible. L'indice de performance correspondant est :

$$I = \sigma_f, \quad (2)$$

où  $\sigma_f$  est la résistance en traction du matériau. Établir une liste classée des 6 matériaux suffisamment résilients et maximisant cet indice de performance (**3 pts**).

- *procédure* : carte résistance-masse volumique, pente 0, droite la plus haute ; carte ténacité-module,  $K_{Ic}^2/E > 10 \text{ kJ/m}^2$ . NB : pour une plaque, on doit considérer les composites stratifiés, moins résistants que les uniaxes.
- *liste classée* : acier, Ti, Cu, CFRP, Al, GFRP.