Science des matériaux – F315 – Sélection des matériauxExamen 2013-2014 – **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.

Questions de cours

- Quels paramètres du matériau doivent intervenir dans l'indice de performance d'un arbre aux bonnes propriétés de fatigue à bas coût **(1,5 pts)** ?
Limite de fatigue / d'endurance, coût massique, masse volumique.
- Qu'est-ce que la ténacité spécifique **(1 pt)** ?
La ténacité divisée par la masse volumique.

Réservoir sous pression

Vous êtes chargés de déterminer les matériaux les plus adaptés à la réalisation d'un réservoir sous pression le plus léger possible. Le réservoir peut être assimilé à une enceinte sphérique de rayon r à paroi mince d'épaisseur e , et de pression intérieure P . La contrainte de traction σ dans la paroi du réservoir est donnée par $\sigma = Pr/(2e)$. On impose qu'aucune déformation plastique de l'enceinte ne se produise (avec un coefficient de sécurité s). On admet enfin que le volume V de la paroi du réservoir est $V = 4\pi r^2 e$.

- Par une démarche rigoureuse de sélection de matériaux, établir l'indice de performance pour la réalisation de ce réservoir **(4 pts)**.
 - fonction : supporter une pression intérieure P ; condition imposée : pas de déformation plastique, $\sigma_{\max} = R_e/s$.
 - objectif : minimiser la masse m .
 - paramètres :
 - *fixes* : P, r, s ;
 - *ajustable* : e ;
 - *matériau* : R_e, ρ .
 - équations :
 - *objectif* : $m = \rho \times 4\pi r^2 e$;
 - *fonction* : $\sigma_{\max} = R_e/s = Pr/(2e)$.
 - fonction objectif : $m = \left(\frac{\rho}{R_e}\right) \times (2\pi s Pr^3)$.
 - indice de performance : $I = R_e/\rho$.
- On impose de plus une condition de type paroi mince : $e < r/10$. En déduire une condition sur la limite élastique R_e du matériau. Application numérique : $P = 100$ bar ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$), $s = 4$ **(2 pts)**.
 $e < r/10 \Rightarrow Prs/(2R_e) < r/10 \Rightarrow R_e > 5Ps$. A.N. : $R_e > 200 \text{ MPa}$.
- En détaillant la procédure utilisée, établir une liste classée des 7 meilleurs matériaux vis-à-vis de l'indice de performance déterminé dans la question 1, et répondant à la condition de paroi mince **(3 pts)**.
 - *procédure* : carte résistance-masse volumique, pente 1, droite la plus haute; $R_e > 200 \text{ MPa}$.
 - *liste classée* : diamant, Si, B, Ge, CFRP, Be, cermets, GFRP, aciers, Ti, Al, Ni, KFRP, Mg. Attention, pour les composites, on ne peut utiliser que des stratifiés.

Joins

Un joint élastique réutilisable consiste en un cylindre comprimé entre deux surfaces planes. Le joint doit offrir la largeur de contact b la plus grande possible tout en restant dans son domaine élastique (avec un coefficient de sécurité s). Pour un cylindre de rayon r et de module d'Young E , pressé contre une surface plane par une force f par unité de longueur, la largeur du contact b est donnée par : $b = 2(fr/E)^{1/2}$. La contrainte de contact, dans le joint et sur la surface, est égale à : $\sigma = 0,6(fE/r)^{1/2}$. Pour des raisons d'encombrement, le rayon du joint est imposé. Par contre la force de serrage pourra être ajustée.

1. Par une démarche rigoureuse de sélection de matériaux, montrer que l'indice de performance pour la réalisation de ce joint est $I = R_e/E$ (**3,5 pts**).

- fonction : supporter une force de compression f ; condition imposée : rester dans son domaine élastique, $\sigma_{\max} = R_e/s$.
- objectif : maximiser la largeur de contact b .
- paramètres :
 - *fixes* : r, s ;
 - *ajustable* : f ;
 - *matériau* : R_e, E .
- équations :
 - *objectif* : $b = 2(fr/E)^{1/2}$;
 - *fonction* : $\sigma_{\max} = R_e/s = 0,6(fE/r)^{1/2}$.
- fonction objectif : $b = \left(\frac{R_e}{E}\right) \times \left(\frac{2r}{0,6s}\right)$.
- indice de performance : $I = R_e/E$.

2. En détaillant la procédure utilisée, établir une liste classée des 7 meilleurs matériaux vis-à-vis de l'indice de performance déterminé dans la question 1 (**3 pts**).

- classement :
 - *procédure* : carte module-résistance, pente 1, droite la plus basse.
 - *liste classée* : caoutchouc butyle mou, polyuréthane, silicone, caoutchouc butyle dur, mousses polymères, liège, polyéthylène basse densité.

3. Calculer la largeur de contact b pour un joint réalisé avec le meilleur et le moins bon des matériaux de la liste déterminée à la question 2. A.N. : $r = 1$ mm, $s = 2$ (**2 pts**).

$$b = \left(\frac{R_e}{E}\right) \times \left(\frac{2r}{0,6s}\right)$$

matériau	butyle mou	PU	silicone	liège	PEBD	PTFE
R_e (MPa)	20	25	8	2	20	30
E (GPa)	0,01	0,02	0,01	0,015	0,2	0,35
b (mm)	3,3	2,1	1,3	0,22	0,17	0,14