

Science des matériaux – M3104 – Sélection des matériauxExamen 2019-2020 - **correction****NOM et prénom :****Groupe :**

Durée : 1h. Aucun document autorisé, calculatrices non programmables uniquement.

Questions de cours (4 points)

1. Citer 2 propriétés mécaniques des métaux. (1 point)

Résistants, rigides, ductiles, tenaces ...

2. Quelle(s) équation(s) permettrai(en)t d'assurer que la déformation élastique d'un matériau soumis à une contrainte
- σ
- en traction n'excède pas 0,1% ? (1 point)

 $\sigma = E\varepsilon$ avec $\varepsilon = 0,1\%$.

3. On considère l'indice de performance :
- $I = \frac{R_m^3}{E^2}$
- . Décrire une manière de trouver le meilleur matériau sur un diagramme d'Ashby
- $X - Y$
- , en précisant les paramètres que vous placerez sur les axes du repère
- $X - Y$
- , l'équation de la droite à considérer dans ce repère et sa position. (2 points)

Si $X = \log(E)$ et $Y = \log(R_m)$, $Y = \frac{2}{3}X + \frac{1}{3}\log(I)$, donc droite de pente 2/3 la plus haute.**Si $Y = \log(E)$ et $X = \log(R_m)$, $Y = \frac{3}{2}X - \frac{1}{2}\log(I)$, donc droite de pente 3/2 la plus basse.****Exercice 1 : Matériau pour un câble d'ascenseur (8 points)**

On souhaite identifier quel est le meilleur métal pour fabriquer un câble d'ascenseur. Un tel câble ne doit pas se déformer plastiquement, et on prend pour cela un coefficient de sécurité s . On cherche dans cette étude à maximiser le coefficient de sécurité. De plus, pour des raisons de dimensionnement de la cage d'ascenseur, on souhaite que le câble se déforme en fonctionnement d'un allongement inférieur à une valeur limite Δl . On connaît la longueur du câble l et la masse m de la cabine de l'ascenseur.

1. Par une démarche rigoureuse, déterminer les 5 meilleurs métaux répondant à ce cahier des charges et permettant de maximiser le coefficient de sécurité.

Fonction : 1) pas de déformation plastique en traction, 2) faible déformation élastique en traction.**Objectif : maximiser le coefficient de sécurité s de la première fonction.****Astreintes : paramètres fixes : $l, m, \Delta l$, ajustable : σ , matériau : Re, E .****Équations : 1) fonction 1 : $\sigma = \frac{Re}{s}$ au pire, 2) fonction 2 : $\sigma = E \frac{\Delta l}{l}$.****Fonction objectif : $s = \left(\frac{Re}{E}\right)\left(\frac{l}{\Delta l}\right)$.****Indice de performance : $I = \frac{Re}{E}$.****Abaque : résistance-densité, $X = \log(E)$, $Y = \log(Re)$, pente 1, droite la plus haute possible.****Matériaux : alliage de Ti.**

Pour les questions 2 et 3, on considère un câble de longueur $l = 20$ m, une cabine de masse $m = 500$ kg et un allongement imposé $\Delta l = 1$ cm.

2. Quel est le coefficient de sécurité obtenu avec le meilleur matériau ? (Donner les valeurs des paramètres matériaux considérées pour le calcul)

 $s = 20$ pour $E = 100$ GPa et $R_m = 1000$ MPa.

3. Calculer la section minimale de câble avec le meilleur matériau.

 $\sigma = \frac{mg}{S_0}$ donc $S_0 = \frac{mgl}{E\Delta l} = 1$ cm².**Exercice 2 : Matériau pour une tige de vérin hydraulique utilisé dans un avion (8 points)**

Les déflecteurs et inverseurs de poussée des moteurs d'avion sont contrôlés par des vérins hydrauliques.

Les forces requises pour inverser la poussée peuvent être importantes, les vérins (généralement au

nombre de 4 par moteur) sont donc lourds. La tige de piston, identifiée sur la figure ci-contre, est une des parties les plus lourdes des vérins. Cette pièce est soumise à des charges axiales uniquement (force notée F) et est généralement conçue comme un tube (cylindre creux à paroi fine, de rayon R et de parois d'épaisseur t) pour en limiter le poids. La longueur L et le rayon R de cette tige sont imposés. t est laissé libre. La section de la tige ($S = 2\pi Rt$) doit permettre que la charge n'implique pas la rupture en compression du matériau. On notera σ_C la résistance en compression du matériau. On souhaite par ailleurs :

- Éviter le flambage des tubes : on impose donc de plus que la rigidité spécifique du matériau doit être supérieure à $0,001 \text{ GPa} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^3$,
- Utiliser ces tubes à des températures allant jusqu'à 400°C .

Actuellement, ces tiges sont faites en acier. Déterminez par une démarche rigoureuse quels matériaux permettraient d'obtenir des tiges de piston plus légères que celles faites en acier.

Fonction : pas de rupture en compression.

Objectif : minimiser la masse m .

Astreintes : paramètres fixes : L, R, F , ajustable : σ, t matériau : σ_C, ρ .

Équations : 1) fonction : $\sigma = \sigma_C$ au pire, avec $\sigma = \frac{F}{2\pi Rt}$, 2) objectif : $m = \rho 2\pi RtL$.

Fonction objectif : $m = \left(\frac{\rho}{\sigma_C}\right)(FL)$.

Indice de performance : $I = \frac{\sigma_C}{\rho}$.

Abaque : Résistance en compression-masse volumique, $X = \log(\rho)$, $Y = \log(\sigma_C)$, pente 1, droite la plus haute possible.

Matériaux : Composites à fibres de carbone, température maximale d'utilisation trop basse, donc alliage de Ti ou Mg.