

Science des matériaux – M3104 – Sélection des matériaux

Durée 1 heure - Documents & calculatrices programmables interdits

Nom:**Prénom:****Groupe:****1- Questions de cours (4 points)****a) Citez 3 propriétés mécaniques des matériaux. (1 pt)**

Module de Young, module de cisaillement, coefficient de Poisson, coefficient d'amortissement, limite élastique, résistance en traction,...

b) Quelles sont les 2 grandes classes de polymères? (1 pt)

thermodurcissables, thermoplastiques

c) L'étude du cahier des charges a permis de déterminer que l'indice de performance est $E^{1/3}/\rho$. Sachant que l'on choisit comme axes $X=E$ et $Y=\rho$, quelle est la pente de la droite qu'il faut utiliser pour choisir les meilleurs matériaux à partir du diagramme d'Asbhy ? (justifiez votre réponse) (2 pts)

$$I = E^{1/3}/\rho$$

$$\log \rho = (1/3)\log E - \log I$$

pente de 1/3

2- Choix des matériaux pour un échangeur de chaleur d'une pompe (8 points)

Un échangeur de chaleur dans l'unité extérieure d'une pompe à chaleur doit assurer une bonne résistance à la fatigue. On impose alors à la contrainte de ne pas excéder la limite d'endurance du matériau, notée σ_b , lorsqu'il est sollicité avec une force alternée fixe F . L'échangeur est un tube d'épaisseur e libre et de rayon r et longueur L imposés. La section du tube peut être calculée par la formule $S = 2\pi re$. On souhaite maximiser l'échange thermique à travers le tube qui s'écrit $Q = \lambda \Delta T / e$ où λ est la conductivité thermique du tube et ΔT la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur du tube. Les matériaux doivent aussi posséder une résilience supérieure à 0,1 kJ/m² et un prix inférieur à 10 €/kg.

Classez 5 matériaux répondant au cahier des charges, par ordre décroissant d'indice de performance (détaillez la procédure utilisée comme vu en cours).

Fonction : Assurer un échange thermique et résister à la fatigue.Objectif : maximiser l'échange thermique à travers le tube Q Liste des paramètres :Fixes : $\Delta T, F, r, L$ Matériaux : λ, σ_b Ajustable : e, σ, S Lois physiques :

$$Q = \lambda \Delta T / e$$

$$\sigma = F/S = F/(2\pi re) \leq \sigma_b$$

Fonction objectif :

$$Q = (\sigma_D \lambda) \left(\frac{2\pi \Delta T r}{F} \right)$$

Indice de performance :

$$I = \sigma_D \lambda$$

Equation de la droite dans le repère $\sigma_D - \lambda$

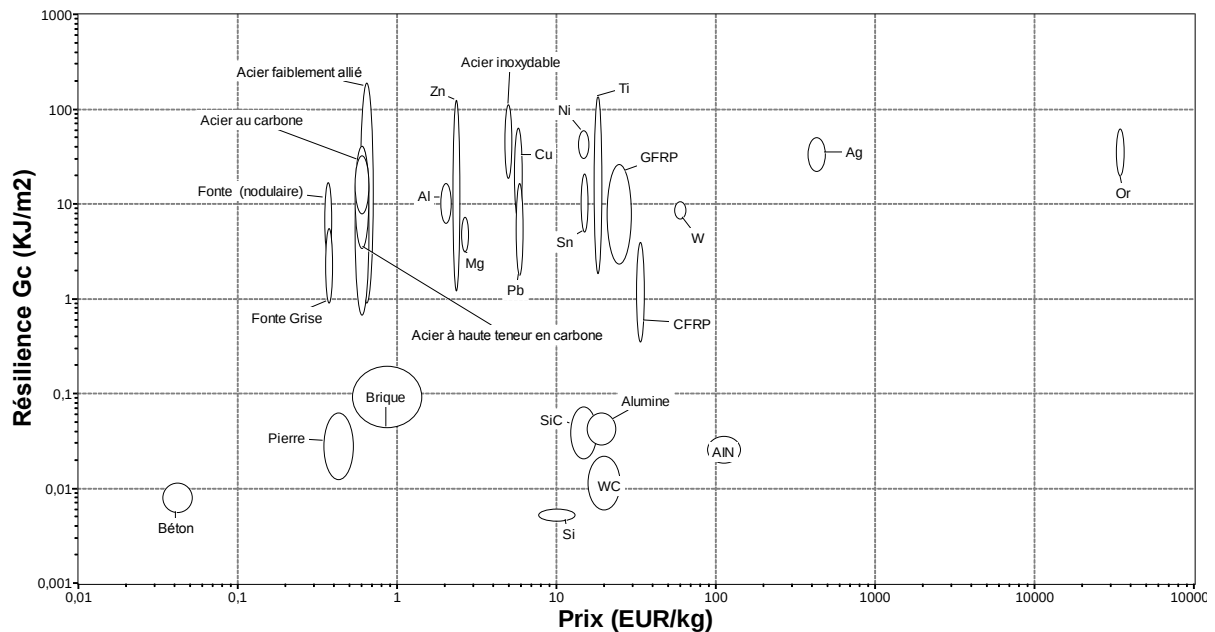
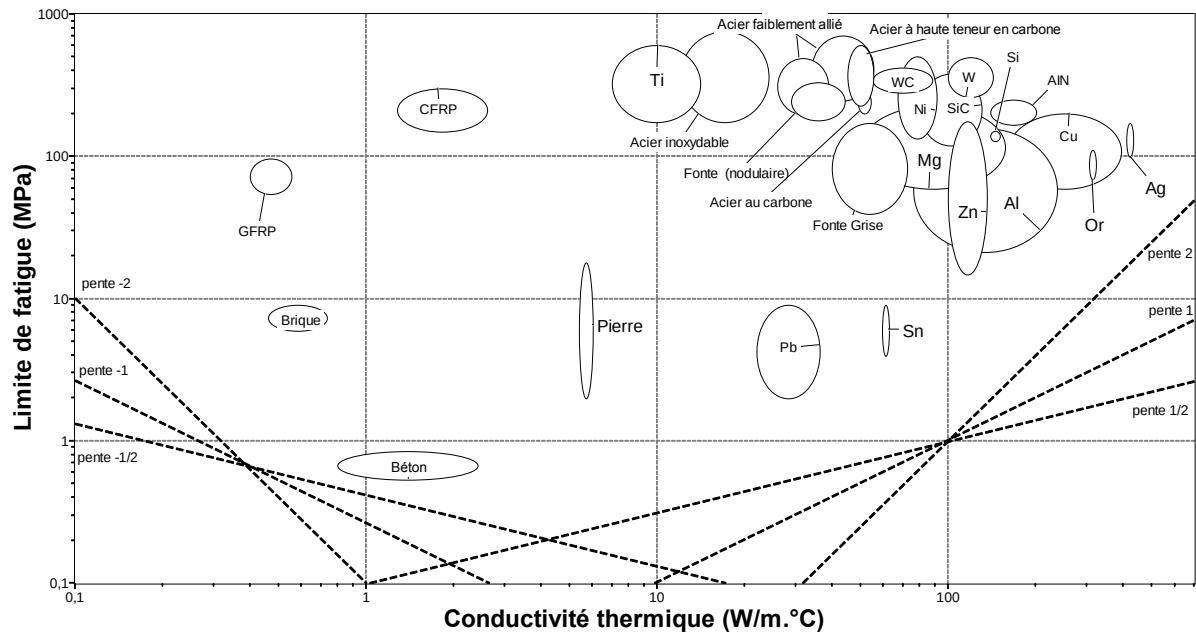
$$\log \sigma_D = -\log \lambda + \log I$$

pende de -1 ; on part du haut

Liste des 5 meilleurs matériaux : (fait sur CES)

une résilience supérieure à 0,1 kJ/m² et un prix inférieur à 10€/kg.

Cuivre , Acier à haute teneur en carbone, Acier faiblement allié, Mg, Al, Zn



3- Choix de matériau pour une bielle (8 points)

a) Les bielles sont des pièces mécaniques extrêmement sollicitées dans les moteurs. La masse d'une bielle est une performance de conception car elle représente une partie non négligeable de celle du moteur. Examinons le cas d'une conception à masse minimale. La bielle est assimilée à un cylindre de rayon r . La longueur L de la bielle et la force de traction/compression F qu'elle doit transmettre sont imposées. On souhaite éviter le flambage élastique de la bielle. Pour cette astreinte, déterminez par une démarche rigoureuse, dans laquelle vous détaillerez chaque étape, une liste classée des 5 meilleurs matériaux, parmi les matériaux proposés ci-dessous.

La force provoquant le flambage d'un cylindre de longueur L et de rayon r est donnée par $F = \frac{\pi^3 E r^4}{4L^2}$, où E est le module de Young du matériau.

Matériau	E (GPa)	ρ (Mg m ⁻³)	C_m (€/kg)
Acier	200	7,8	0,5
Aluminium	69	2,7	2

Composite fibres de verre	40	2	80
Bois	12	0,6	0,3
Composite fibres de carbone	270	1,5	200

Dans ce tableau, ρ est la masse volumique et C_m le coût massique.

Fonction : Transmettre une force de traction/compression en évitant le flambage élastique

Objectif : minimiser la masse m (minimiser le prix P)

Paramètres : Fixes : L, F

Ajustable : r

Matériaux : $\rho, E, (C_m)$

Lois physiques : expression de $F, m = \rho * V, (P = C_m * \rho * V)$

Fonction objectif :

$$m = \left(\frac{\rho}{\sqrt{E}}\right)(2L^2 \sqrt{\frac{F}{\pi}})$$

$$P = C_m * m = \left(\frac{C_m \rho}{\sqrt{E}}\right)(2L^2 \sqrt{\frac{F}{\pi}})$$

Matériau	E (GPa)	ρ (Mg m ⁻³)	$I_1 = \sqrt{E}/\rho$	classement 1	C_m (€/kg)	$I_2 = \sqrt{E}/C_m \rho$	classement 2
Acier	200	7,8	1,813094311	5	0,5	3,626188621	2
Aluminium	69	2,7	3,076527357	4	2	1,538263678	3
Composite fibres de verre	40	2	3,16227766	3	80	0,039528471	5
Bois	12	0,6	5,773502692	2	0,3	19,24500897	1
Composite fibres de carbone	270	1,5	10,95445115	1	200	0,054772256	4

b) On cherche maintenant à réaliser la bielle la moins chère, répondant au même cahier des charges. Par une nouvelle démarche rigoureuse, dans laquelle vous expliquerez de nouveau chaque étape, refaites le classement des cinq matériaux proposés.