

Série n°9 – 17 avril 2025

Elasticité - Plasticité

Exercice 1 :

Répondez par vrai ou faux aux questions suivantes :

- | | Vrai | Faux |
|---|--------------------------|--------------------------|
| a. Dans un système statique où vous tirez sur un élastomère, la force que vous exercez est égale, mais de sens inversé, à la force exercée par le matériau. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b. La rigidité d'un cadre de vélo est déterminée par la limite élastique du matériau utilisé. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c. Le module élastique de la plupart des matériaux diminue lorsque la température baisse. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| d. Dans une traction élastique uniaxiale, le coefficient de Poisson mesure la déformation des dimensions transverses. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| e. La limite élastique $\sigma_Y = \sigma_{el}$ d'un alliage métallique est obtenue par l'intersection entre la courbe de traction uniaxiale $\sigma(\varepsilon)$ avec une une droite parallèle à la tangente à cette courbe en $\varepsilon \rightarrow 0$ décalée de $\varepsilon = 0.2\%$. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| f. Lors d'un saut à la perche, la déformation de celle-ci est inhomogène : l'intrados est en traction, l'extrados en compression. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| g. L'énergie plastique accumulée dans une pièce par unité de volume, qui a été déformée homogènement selon un axe, est donnée, après relâchement de la contrainte, par l'intégrale sous la courbe $\sigma(\varepsilon)$. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| h. Si l'on dépasse la limite élastique d'un alliage métallique en traction uniaxiale, puis qu'on décharge celui-ci, sa nouvelle limite élastique a été augmentée alors que le module élastique reste le même. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| i. Une dislocation vis dans un alliage métallique résulte d'un cisaillement perpendiculaire à la ligne de dislocation. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| j. Lors de la déformation plastique du polyéthylène (thermoplastique), la dernière étape avant sa rupture correspond à solliciter les chaînes selon les liaisons fortes C-C. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Exercice 2 : Acier eutectoïde

L'acier eutectoïde a une composition en carbone proche de 0.8% pds C. Suivant le traitement thermique appliqué, il peut avoir des propriétés mécaniques très élevées, le destinant à des applications tels que fils pour cordes de piano ou de téléphériques.

- a. Le module élastique de cet acier est de 200 GPa. Quel est l'allongement d'un fil de 1 mm² et de 1 m de long s'il soulève une charge de 10 kg poids ? (On négligera le poids du fil en acier).
- b. Calculez l'énergie de déformation subie par le fil.
- c. Le coefficient de Poisson de cet acier, comme la plupart des métaux, est de 0.3. Que vaut la section du fil avec la charge du point b.
- d. La limite élastique $\sigma_{0.2}$ d'un tel acier après un traitement thermique est 1'000 MPa. Quelle est la charge maximale qu'il peut supporter si l'on veut rester dans le domaine élastique ?
- e. On charge à nouveau ce fil, mais cette fois avec un poids de 150 kg : on remarque que le fil sous charge a une longueur de 1.02 m. Quelle longueur aura-t-il une fois le poids enlevé ?

Question facultative : Que se passerait-il si au lieu de soulever (progressivement) le poids de 10 kg, on suspendait ce poids au fil alors qu'il n'était pas chargé.

Exercice 3 : Choix d'un matériau

Vous avez le choix entre plusieurs matériaux pour diverses applications (voir tableau avec des valeurs tirées du livre de M. Ashby et al.).

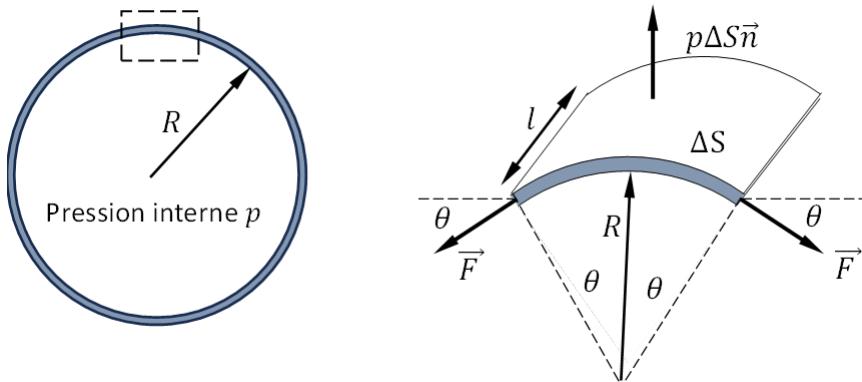
	Masse spéci. ρ [kg/m ³]	Module d'Young E [GPa]	Limite élastique σ_{el} [MPa]	Ductilité ε_R [-]
Alliage Al	2'800	70	400	0.2
Acier	8'000	200	600	0.2
Composite fibres C	1'500	80	800	~0
Carbure de silicium SiC	3'000	400	2'500	~0

Quel matériau choisiriez-vous, sur la base de quels arguments, pour les applications suivantes :

- a. L'enveloppe d'un minisatellite, peu sollicitée mécaniquement, ou un bras d'un robot Delta subissant de très grandes accélérations.
- b. Un composant situé à l'avant d'une voiture pour absorber l'énergie en cas de choc.
- c. Une boîte-boisson dont les parois latérales doivent supporter la compression lorsque ces boîtes sont empilées en palettes, mais pouvoir être formées par déformation.
- d. Un cadre rigide de vélo léger.
- e. Un pédalier de vélo.
- f. Un matériau ultra-dur pouvant être utilisé dans les systèmes de freinage ou comme abrasif.

Exercice 4 : Capillaire sous pression

Un petit capillaire en polypropylène (PP) de rayon 1 mm et d'épaisseur 0.1 mm contient un fluide sous une pression de 10^5 Pa pour un système de micro-fluidique. La pression interne induit une contrainte dans la paroi du capillaire comme indiqué sur le dessin ci-dessous, et donc une déformation de son rayon (on prendra $E = 1$ GPa pour le PP).



Considérez une petite portion du capillaire, d'ouverture $2\theta \ll \pi$ et de longueur l . Cela définit un élément de surface ΔS .

- Calculez ΔS pour trouver la force normale exercée par la pression sur la paroi du capillaire.
- Calculez la force nécessaire \vec{F} , tangentielle au capillaire, permettant de contrebalancer la force normale.
- En divisant cette force \vec{F} par la surface du capillaire sur laquelle elle s'exerce, soit $(e \times l)$, vous trouvez ainsi la contrainte tangentielle dans la paroi du capillaire. Comme cette contrainte est circonférentielle, elle est dénommée $\sigma_{\theta\theta}$ (« hoop stress »).
- Connaissant cette contrainte $\sigma_{\theta\theta}$ et le module élastique E du PP, calculez la déformation de la circonférence du capillaire, et donc l'augmentation de son rayon.