

Comportement Mécanique des Matériaux

EPFL - Cours MSE 234, Edition 2025

Série d'exercices 1 du mercredi 17 septembre

Exercice 1-1 – a – Montrez que si V est un volume d'un matériau prenant la forme d'un parallélépipède dont les arêtes sont de longueur L_x , L_y et L_z selon chacun des axes x , y et z respectivement, alors après une déformation menant à une élongation (positive ou négative) ε_{xx} , ε_{yy} et ε_{zz} du matériau selon chacun de ces trois axes respectivement, le changement de volume dV de ce parallélépipède du matériau est :

$$\frac{\Delta V}{V} \approx \varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy} + \varepsilon_{zz} \text{ (cette équation figure en Diapo 9 du chapitre 1)}$$

b - Montrez que le volume de la section réduite d'un barreau de traction fait d'un matériau isotrope n'est généralement pas constant lors de sa déformation linéaire élastique, et énoncez la condition qui doit être remplie pour que tel soit le cas (supposez que le matériau soit linéaire isotrope).

Exercice 1-2 – La contrainte vraie (true stress) σ à laquelle se déforme le *GéniAl*, nouvel alliage composé de 99% d'aluminium lancé par la startup innovante *GéniAlMetal* est donnée en fonction de la déformation vraie (true strain) ε par :

$$\sigma = K \varepsilon^n$$

où ε est l'allongement vrai (true strain) avec $K = 900$ MPa et $n = 0.2$.

a – Quelle est la valeur de l'allongement vrai ε auquel va apparaître la striction lors de la déformation en traction uniaxiale d'un barreau d'essai de traction en *GéniAl* ?

b – Quelle est la valeur de σ à ce moment ?

c – Quel est l'allongement (relatif) réparti e_h de ce matériau lors d'un essai de traction ?

d - Quelle est la résistance mécanique (ultimate tensile stress) du *GéniAl* ?

Exercice 1-3 – Considérez un échantillon cylindrique d'aire dans un plan normal à la contrainte A et de hauteur h , fait d'un matériau plastique (= capable de déformation irréversible) qui se déforme sans écrouissage et donc avec une contrainte uniaxiale (vraie) d'écoulement constante, $\sigma = 400$ MPa (on appelle ce type de matériau, exempt d'écrouissage, un matériau « idéalement plastique » ; "*an ideally plastic material*"). Supposez que pendant la déformation le volume du matériau reste inchangé.

a – Quelle est la charge unitaire (engineering stress) du matériau après qu'il ait été déformé en compression pour voir sa hauteur passer de h_0 à $h < h_0$?

b – Quel est l'incrément d'énergie par mètre cube de ce matériau qui doit être fourni pour le déformer de façon à ce que sa hauteur passe de h à $h-dh$?

c – Quelle est l'énergie W par mètre cube de ce matériau qui doit être fournie pour le déformer de façon à ce que sa hauteur passe de h_0 à $h_0/2$?

d- La capacité calorifique du matériau est de $900 \text{ J.kg}^{-1}.\text{°K}^{-1}$, et sa densité est de 2700 kg m^{-3} (c'est un alliage d'aluminium). De combien s'échauffe-t-il si toute cette énergie fournie pour déformer le matériau est subitement dégagée sous forme de chaleur ?

Exercice 1-5 – La vitesse de fluage du Déformium obéit la loi d'Arrhénius avec une énergie d'activation $Q = 142 \text{ kJ/mole}$. Si la vitesse de fluage est de 10^{-4} s^{-1} à 500°C , quelle sera-t-elle à 600°C si le mécanisme régissant le fluage n'a pas changé entre ces deux températures et que donc la loi de déformation et l'énergie d'activation restent inchangés entre ces deux températures ?