

COURS ING1035 - MATÉRIAUX

CONTRÔLE N° 1

du 28 septembre 2001

de 8h45 à 10h20

Q U E S T I O N N A I R E

- NOTES :**
- ♦ Aucune documentation permise.
 - ♦ Calculatrices non programmables autorisées.
 - ♦ Les nombres entre parenthèses indiquent le nombre de points accordés à la question, le total est de **25** points.
 - ♦ **Pour les questions nécessitant des calculs ou une justification, aucun point ne sera accordé à la bonne réponse si le développement n'est pas écrit.**
 - ♦ **Utilisez les espaces prévus ou la page opposée pour vos calculs.**
 - ♦ Le questionnaire comprend **6** pages, incluant les annexes (si mentionnés) et le formulaire général.
 - ♦ Le formulaire de réponses comprend **7** pages.
 - ♦ Vérifiez le nombre de pages du questionnaire et du formulaire de réponses.

Exercice n° 1

On réalise un essai de traction sur une éprouvette de magnésium polycristallin. Cette éprouvette est caractérisée par les dimensions suivantes : section rectangulaire $S_0 = (3,2 \times 19,1) \text{ mm}^2$, longueur initiale de référence $l_0 = 63,5 \text{ mm}$.

Au cours de l'essai de traction, on fait les observations suivantes :

- La déformation plastique s'amorce lorsque la force F appliquée à l'éprouvette atteint 7 430 N et que la longueur de référence est égale à 63,7 mm.
- Sous une force F égale à 9 100 N, l'allongement de la longueur de référence est égal à 0,4 mm.
- Si on décharge l'éprouvette à partir de cette force $F = 9 100 \text{ N}$, il y a un allongement permanent de l'éprouvette égal à 0,127 mm.
- La valeur maximale atteinte par la force F au cours de l'essai de traction est égale à 14 430 N.
- La rupture de l'éprouvette a lieu sous une force $F = 12 500 \text{ N}$, alors que l'allongement de l'éprouvette a atteint 0,99 mm.

- a) Quelle est la valeur du module d'Young E (en GPa) du magnésium ? (1 pt)
- b) Quelle est la limite proportionnelle d'élasticité R_e (en MPa) du magnésium ? (1 pt)
- c) Quelle est la limite conventionnelle d'élasticité $R_{e0,2}$ (en MPa) du magnésium ? (1 pt)
- d) Quelle est la résistance à la traction R_m (en MPa) du magnésium ? (1 pt)
- e) Quelle est la valeur de la déformation permanente A (en %) après rupture de l'éprouvette ? (1 pt)
- f) Calculez l'énergie élastique w_{el} (en J) emmagasinée dans l'éprouvette lorsque la limite conventionnelle d'élasticité $R_{e0,2}$ a été atteinte. (1 pt)
- g) Quelles propriétés (E , $R_{e0,2}$, R_m , A) de ce magnésium polycristallin peuvent être améliorées et par quelle(s) méthode(s) cette amélioration peut être obtenue ? (1 pt)

Exercice n° 2

Considérez le verre ordinaire dont les propriétés mécaniques suivantes sont connues :

$$E = 70 \text{ GPa} ; R_m = 60 \text{ MPa}$$

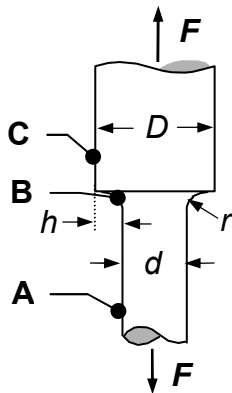
L'essai de traction ayant permis de déterminer la résistance à la traction R_m a été réalisé sur une tige cylindrique comportant des micro-défauts superficiels assimilables à des fissures semi-elliptiques dont la profondeur $a = 1 \text{ }\mu\text{m}$.

- a) Quelle est la valeur (en nm) du rayon r de courbure du micro-défaut le plus sévère qui a entraîné la rupture de l'éprouvette de traction ? (1 pt)

Avec ce verre, on fabrique une pièce cylindrique dont la géométrie est donnée ci-dessous. Les dimensions suivantes sont connues :

$$D = 50 \text{ mm} ; h = 5 \text{ mm} ; r = 4 \text{ mm}.$$

Cette pièce est soumise à une force axiale F de traction.



- b) Sous quelle force F (en N) la rupture de cette pièce se produira et à quel endroit (**A**, **B** ou **C**) cette rupture aura lieu ? *En annexe, vous disposez de graphiques qui peuvent être utiles.* (3 pts)

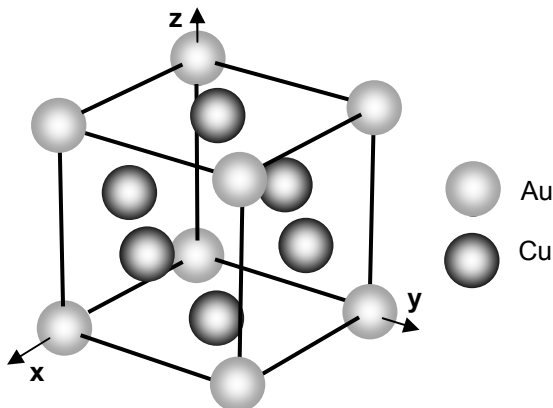
Supposons maintenant que cette pièce soit usinée dans un monocristal d'aluminium – métal de structure cristalline cubique à faces centrées –, et orientée telle que son axe soit parallèle à l'axe $[001]$ de la maille cubique CFC. Cette pièce est aussi soumise à une force de traction axiale F . Les propriétés mécaniques connues de cet aluminium monocristallin sont les suivantes :

$$\tau^* = 0,5 \text{ MPa}$$

$$R_m = 60 \text{ MPa}$$

- c) Sur quelle famille de systèmes de glissement s'amorcera la déformation plastique irréversible de la pièce? (1 pt)
- d) Dans la maille représentée sur le formulaire de réponse, dessinez un système de glissement particulier appartenant à cette famille. *Identifiez bien les éléments de ce système.* (1 pt)
- e) À quel endroit (**A**, **B** ou **C**) de la pièce la déformation plastique irréversible débutera ? *Justifiez votre réponse.* (1 pt)
- f) Pour quelle force F (en N) apparaîtra le glissement cristallographique sur le plan de glissement $(\bar{1}\bar{1}1)$? (2 pts)
- g) Si la pièce était usinée dans un aluminium polycristallin de même pureté que celle du monocristal, quelle serait la valeur de la force F (en N) à laquelle la déformation plastique irréversible apparaîtra dans la pièce? (2 pts)

Exercice n° 3



Ci-contre, voici la disposition des atomes d'or (Au) et de cuivre (Cu) dans la maille élémentaire d'un composé de ces deux métaux. Afin d'assurer plus de lisibilité, les atomes représentés sur la figure ne sont pas tangents, mais en réalité, les atomes de Au et de Cu se touchent selon les directions $\langle 011 \rangle$.

Données :

Rayon atomique r : $r_{\text{Cu}} = 0,128 \text{ nm}$; $r_{\text{Au}} = 0,144 \text{ nm}$

Masse molaire A : $A_{\text{Cu}} = 63,54 \text{ g/mole}$

$A_{\text{Au}} = 197,0 \text{ g/mole}$

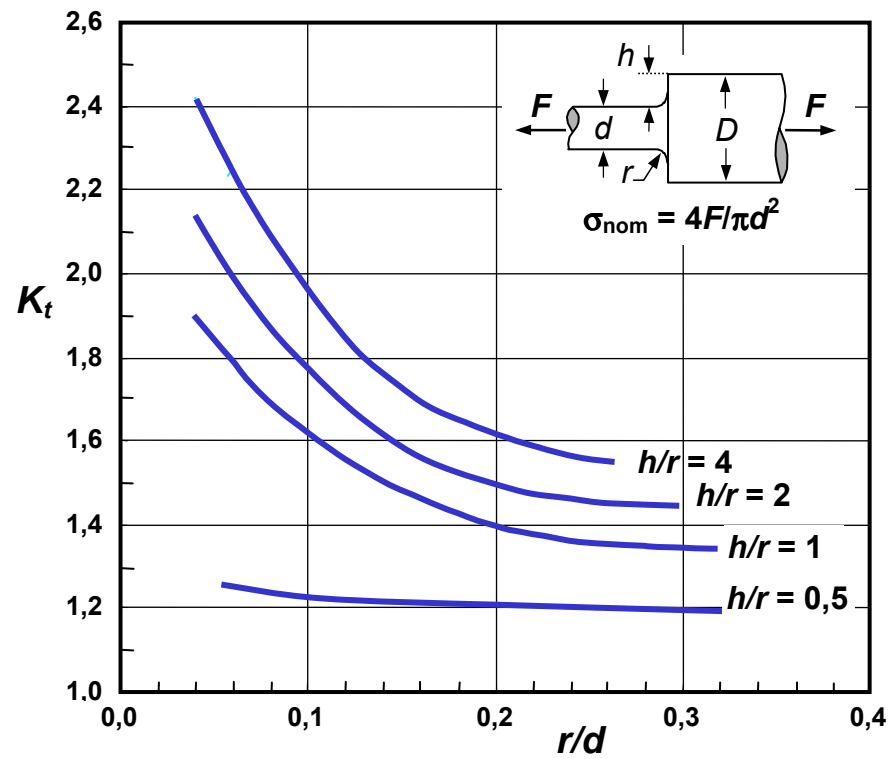
Nombre d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ at/mole}$

- a) Quel est le réseau de Bravais qui décrit ce composé ? (1 pt)
- b) Quel est le motif associé à ce réseau ? *Sur la figure donnée au formulaire de réponse, encerclez par un seul trait l'ensemble des atomes constitutifs de ce motif.* (1 pt)
- c) Sur la figure donnée au formulaire de réponse, tracez le plan $(\bar{1}\bar{1}0)$. (1 pt)
- d) Quelle est la densité surfacique (en at/nm^2) d'atomes de cuivre et celle d'atomes d'or dans ce plan $(\bar{1}\bar{1}0)$? (1 pt)

- e) Quelle est la densité linéique (en at/nm) d'atomes de cuivre et celle d'atomes d'or le long de la direction $\{112\}$? (1 pt)
- f) Quelle est la compacité (exprimée en %) de ce cristal ? (1 pt)
- g) Quelle est la masse volumique théorique (en g/cm³) de ce cristal ? (1 pt)

Pour l'équipe de professeurs, le coordonnateur: Jean-Paul Baillon

ANNEXES



$$\varepsilon_x = \frac{1}{E} [\sigma_x - \nu (\sigma_y + \sigma_z)]$$

$$\varepsilon_y = \frac{1}{E} [\sigma_y - \nu (\sigma_x + \sigma_z)]$$

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E} [\sigma_z - \nu (\sigma_x + \sigma_y)]$$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad \nu = -\frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_z} = -\frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_z}$$

$$R_{th} = \sqrt{\frac{2E\gamma_s}{a_0}}$$

$$l = \frac{hx}{na} + \frac{ky}{nb} + \frac{lz}{nc}$$

$$\mathbf{r} = u\mathbf{a} + v\mathbf{b} + w\mathbf{c}$$

$$\sigma_y = \sigma_{nom} \left(1 + 2 \sqrt{\frac{a}{r}} \right)$$

$$\tau = \frac{F}{S_0} \cos \theta \cos \chi$$

$$\tau_{th} = \frac{G}{2\pi} \frac{b}{a}$$

$$R_{e0.2} = \sigma_0 + kd^{-1/2}$$

$$l_c = a^* = \frac{2E\gamma_s}{\pi\sigma^2}$$

$$K_C = \alpha \sigma_{nom} \sqrt{\pi a}$$

$$f_S C_S + f_L C_L = C_0$$

$$D = D_0 \exp \left(-\frac{Q_0}{kT} \right)$$

$$\varepsilon_{vel} = \frac{\sigma_t}{K_2} \left[1 - \exp \left(-\frac{K_2 t}{\eta_2} \right) \right]$$

$$\frac{da}{dN} = C \Delta K^n$$

$$m = \frac{A i_{corr} t}{nF}$$

$$\Delta = \frac{(m_a)_{ox} \rho_M}{(m_a)_M \rho_{ox}}$$

$$R = \frac{\rho l}{S}$$

$$\sigma = n_e e \mu_e$$

$$\sigma = (n_e e \mu_e + n_t e \mu_t)$$

$$\sigma = \sigma_0 \exp \left(\frac{-E_g}{2kT} \right)$$

$$E = E_0 (1 - 1,9 P + 0,9 P^2)$$

$$R_m = (R_m)_0 \exp^{-nP}$$

$$\Delta \theta^* = R_1 = \frac{R_m f(v)}{E \alpha}$$

$$R_3 = \frac{E}{R_m^2 f(v)}$$

$$R_4 = \frac{E \gamma_s}{R_m^2 f(v)} = \gamma_s R_3$$

$$(R_m)_C = V_f (R_m)_f + (1 - V_f) \sigma_m$$

$$(R_m)_C = V_f \sigma_f + (1 - V_f) (R_m)_m$$

$$E_C = V_f E_f + V_m E_m$$

$$E_C \cong \frac{3}{8} V_f E_f + V_m E_m$$

$$(R_m)_C = k V_f (R_m)_f + V_m \sigma_m$$