

COURS ING1035 - MATÉRIAUX

CONTRÔLE N° 1

du 17 février 2004

de 8h45 à 10h20

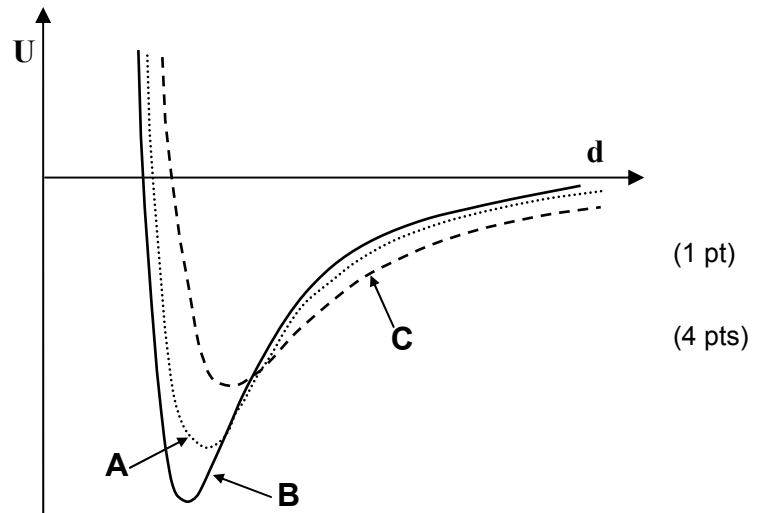
Q U E S T I O N N A I R E

- 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 **7** pages, incluant les annexes (si mentionnés) et le formulaire général.
 - ♦ Le formulaire de réponses comprend **6** pages.
 - ♦ Vérifiez le nombre de pages du questionnaire et du formulaire de réponses.

Exercice n° 1

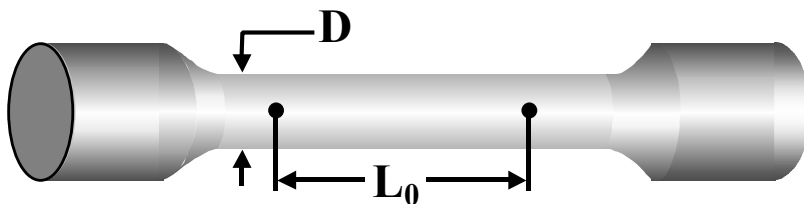
Les matériaux **A**, **B** et **C** sont caractérisés par leur courbe respective $U = f(d)$ représentée ci-contre.

- Que représentent les grandeurs **U** et **d** du graphique ci-contre? (1 pt)
- Classez ces trois matériaux par **ordre décroissant** de leurs propriétés données au tableau du formulaire de réponse. (4 pts)



Exercice n° 2

Un essai de traction a été réalisé sur une éprouvette cylindrique d'acier inoxydable 316. Le plan de cette éprouvette est donné ci-dessous et la courbe brute de traction $F = f(\Delta L)$ est donnée en annexe.



$$L_0 = 150,000 \text{ mm}$$

$$D = 15,000 \text{ mm}$$

Grâce à ces données, calculez :

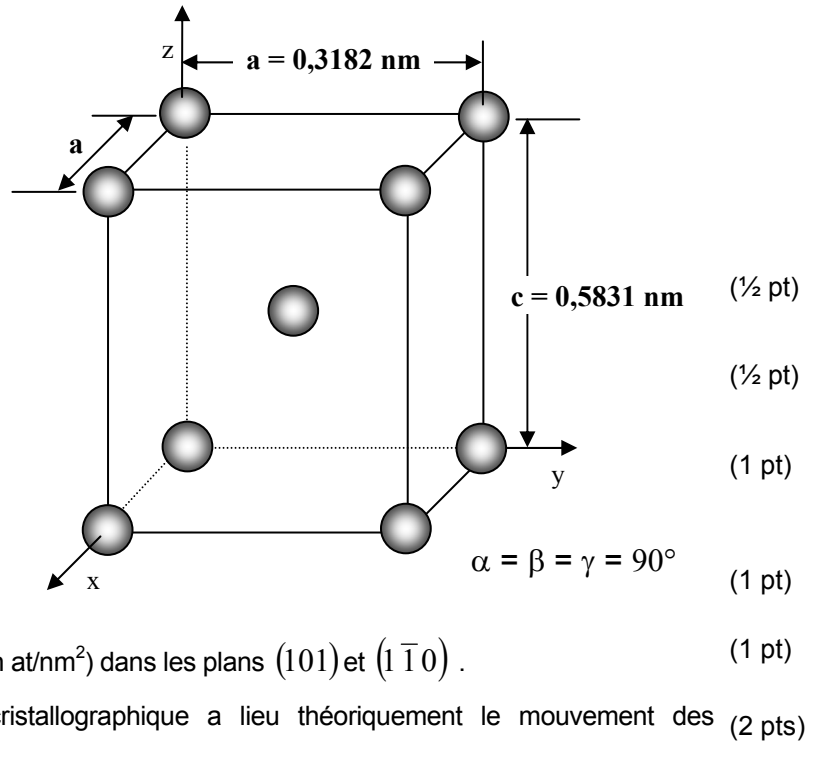
- le module d'Young **E** (en GPa) du matériau; (1 pt)
- sa limite proportionnelle d'élasticité **R_e** (en MPa); (1 pt)
- sa limite conventionnelle d'élasticité **R_{e0,2}** (en MPa); (1 pt)
- sa résistance à la traction **R_m** (en MPa); (1 pt)
- sa déformation totale **ε_t** (en %) juste avant la rupture; (1 pt)
- son allongement final **A** (en %) après rupture. (1 pt)
- Quelle est l'énergie élastique libérée par unité de volume de matériau à l'instant de sa rupture ? (1 pt)

Lorsque l'éprouvette était soumise à une force **F** = 40 kN, son diamètre était alors égal à 14,995 mm.

- Quelle est la valeur du coefficient de Poisson **ν** de l'acier inoxydable 316 ? (1 pt)

Exercice n° 3

Selon la température, l'étain peut se présenter à l'état solide sous deux formes allotropiques : l'étain gris (α) et l'étain blanc (β). À la température ambiante, la forme d'équilibre est la forme β , dont la maille cristalline est représentée ci-contre.



- Quel est le système cristallin de l'étain blanc (β) ?
- Quel est le réseau de Bravais de l'étain blanc (β) ?
- Quelle est la masse volumique théorique ρ (en g/cm^3) de l'étain blanc (β) ?
- Calculez la densité linéique d'atomes (en at/nm) selon la direction $[\bar{1} \bar{1} 1]$.
- Calculez la densité surfacique d'atomes (en at/nm^2) dans les plans (101) et $(1\bar{1}0)$.
- Selon quels systèmes de glissement cristallographique a lieu théoriquement le mouvement des dislocations dans l'étain blanc (β) ?

Données : Masse atomique (g/mole): $\text{Sn} = 118,7$
Nombre d'Avogadro: $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mole}^{-1}$

Exercice n° 4

Schématisé à la figure ci-contre, un axe de section circulaire est fait d'un alliage d'aluminium.

Les dimensions de l'axe sont les suivantes :

$$d = 40 \text{ mm}; \quad r = 4 \text{ mm}; \quad D = 72 \text{ mm};$$

Les propriétés mécaniques de cet alliage d'aluminium sont les suivantes:

$$E = 70 \text{ GPa}; \quad R_{e0,2} = 450 \text{ MPa}; \quad R_m = 600 \text{ MPa}; \quad K_{Ic} = 38 \text{ MPa.m}^{1/2}$$

En service, cet axe est soumis à un chargement axial d'amplitude variable et une petite fissure de fatigue est apparue dans la zone de concentration de contrainte due au congé de raccordement (changement de section). Soumise à la contrainte locale σ_{loc} dans le congé, cette fissure a atteint une profondeur $a = 4.0 \text{ mm}$ et son facteur géométrique α est égal à 1,15.

En annexe, vous disposez de la figure donnant le facteur de concentration de contrainte associé à un congé de raccordement

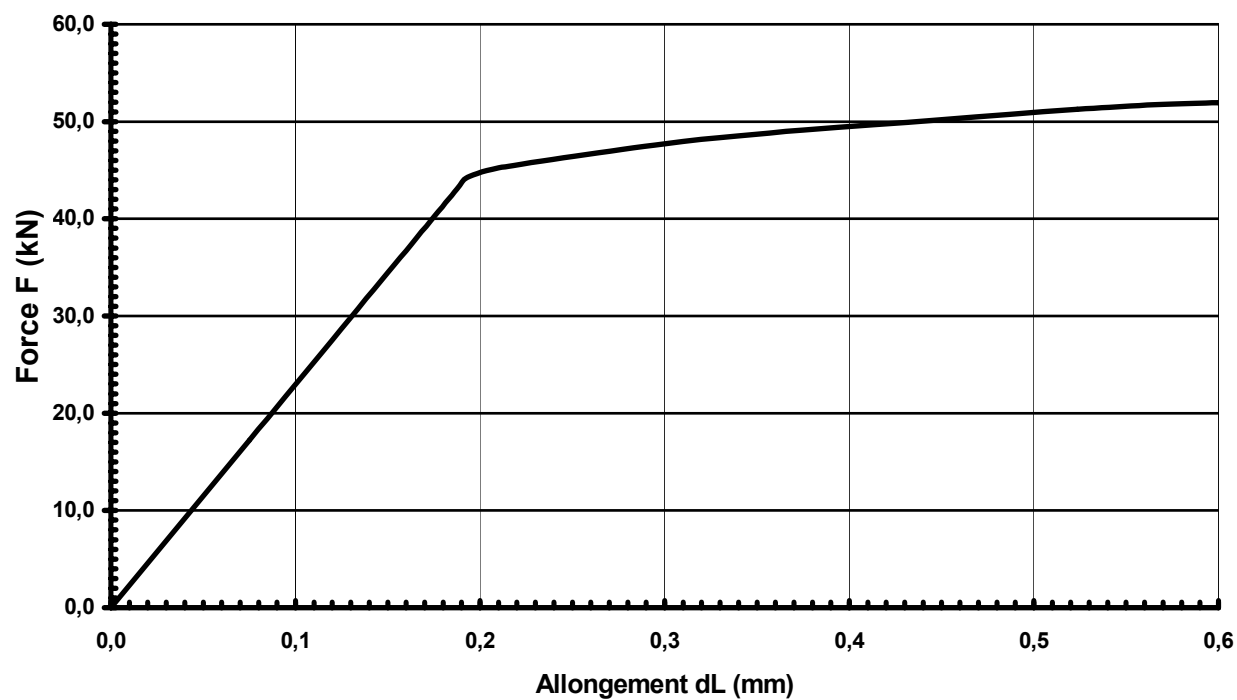
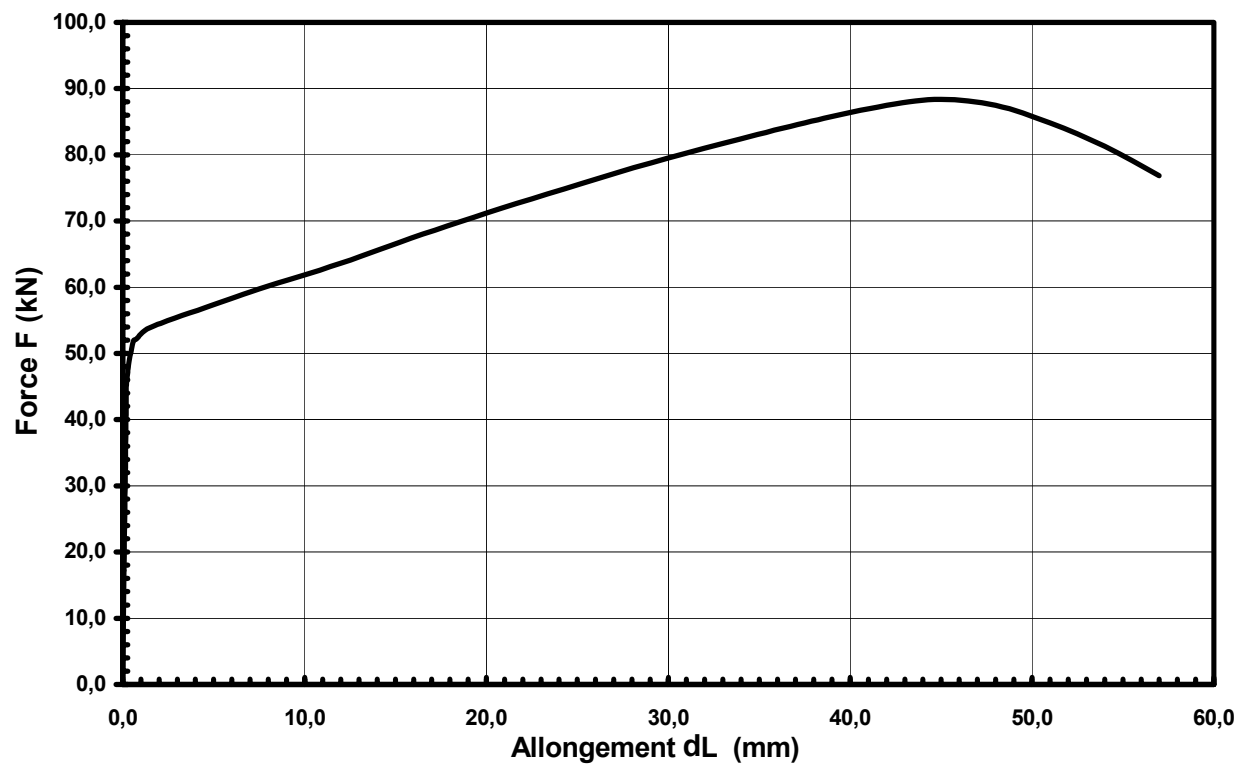
- Quelle est la valeur du facteur de concentration de contrainte K_t associé au congé de raccordement ?
- Si l'on applique une force de traction $F = 230,0 \text{ kN}$ à l'axe ainsi fissuré, quelle est la valeur de la contrainte locale σ_{loc} agissant au congé de raccordement ?

- c) Sous l'effet de cette force **F**, y aura-t-il risque de rupture brutale (apparemment fragile) de l'axe fissuré ? (3 pts)
Justifiez complètement et quantitativement votre réponse.
- d) Si vous avez répondu **OUI** à la question c) précédente, calculez la valeur minimale $r_{\min}$ du rayon de courbure du congé pour que l'axe ne se rompe pas brutalement sous l'effet de la force de traction **F** ? Si vous avez répondu **NON**, inscrivez **SO** dans la case réponse et répondez à la question suivante. (1 pt)
- e) Si vous avez répondu **NON** à la question c) précédente, justifiez votre réponse en disant laquelle des affirmations présentées au formulaire de réponses décrit l'état de l'axe fissuré auquel la force **F** est appliquée. (1 pt)

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

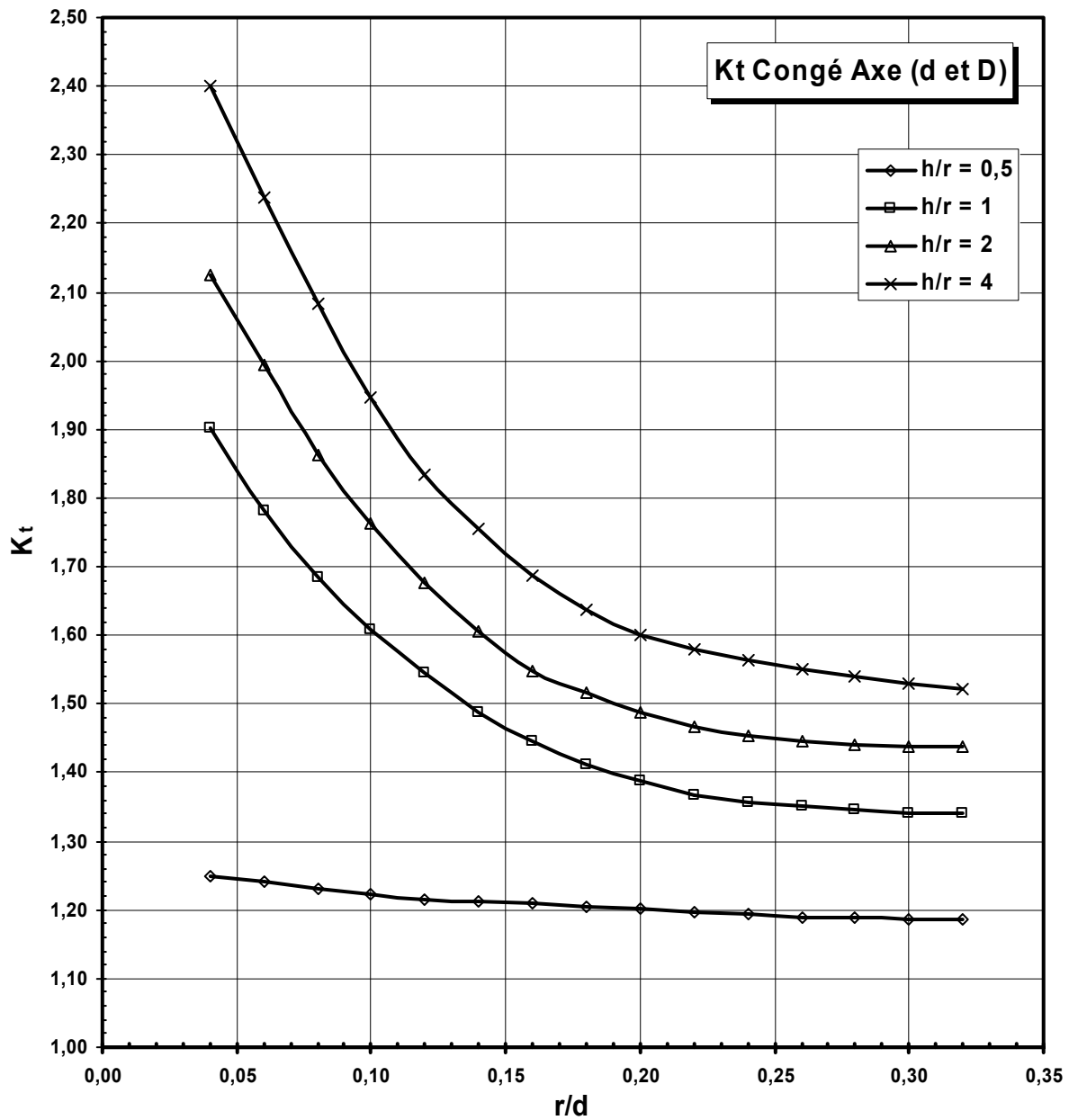
ANNEXES

Courbe brute de traction de l'acier inox 316



ANNEXES

Facteur de concentration de contrainte associé à un congé de raccordement



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

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

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

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

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

$$l = \frac{h\mathbf{x}}{n\mathbf{a}} + \frac{k\mathbf{y}}{n\mathbf{b}} + \frac{l\mathbf{z}}{n\mathbf{c}}$$

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

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

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

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

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

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

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

$$f_S C_S + f_L C_L = C_0$$

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

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

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

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

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

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

$$\sigma = n_e e \mu_e$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$E_C = V_f E_f + V_m E_m$$

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

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