

COURS ING1035 - MATÉRIAUX

CONTRÔLE N° 1

du 18 février 2003

de 8h45 à 10h20

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

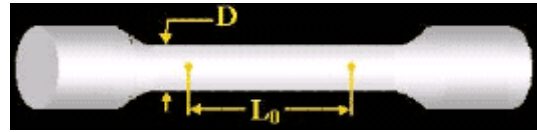
- NOTES :**
- ♦ Aucune documentation permise.
 - ♦ Calculatrices non programmables autorisées.
 - ♦ Les nombres entre parenthèses indiquent le nombre de points accordés à la question, le total est de **25** points.
 - ♦ **Pour les questions nécessitant des calculs ou une justification, aucun point ne 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

On réalise un essai de traction sur une éprouvette d'acier inoxydable 304 à l'état recuit. Le plan de cette éprouvette est donné à la figure ci-contre. Les dimensions de l'éprouvette sont les suivantes :

Longueur initiale de référence : $L_0 = 150 \text{ mm}$

Diamètre initial : $D_0 = 10 \text{ mm}$

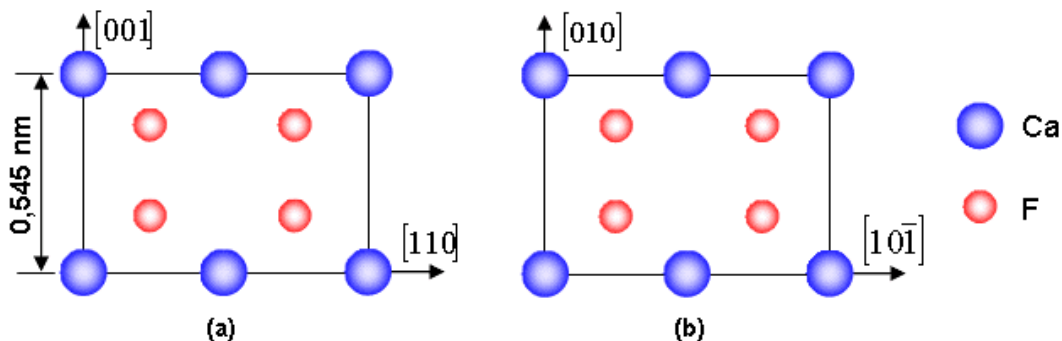


Dans l'ordre chronologique de leur apparition au cours de l'essai de traction, on obtient les résultats suivants :

- Pour une force appliquée $F_1 = 14,00 \text{ kN}$, la longueur de référence est égale à $150,141 \text{ mm}$ et l'on constate que le diamètre a diminué de $2,81 \text{ }\mu\text{m}$. Lorsque la force F_1 est supprimée, l'éprouvette retrouve ses dimensions initiales.
 - Pour une force appliquée $F_2 = 20,42 \text{ kN}$, la longueur de référence est égale à $150,505 \text{ mm}$. Lorsque la force F_2 est supprimée, la longueur de référence est égale à $150,300 \text{ mm}$.
 - Au cours de l'essai, la force appliquée atteint une valeur maximale $F_{\text{max}} = 45,95 \text{ kN}$. La longueur de référence est alors égale à $221,8 \text{ mm}$.
 - La rupture de l'éprouvette se produit pour une force $F_u = 31,42 \text{ kN}$ alors que la longueur de référence a atteint la valeur de $223,5 \text{ mm}$.
- a) Quelle est la valeur du module d'Young E (en GPa) de l'inox 304 ? (1 pt)
 - b) Quelle est la valeur du coefficient de Poisson ν de l'inox 304 ? (1 pt)
 - c) Quelle est la valeur du module de Coulomb G (en GPa) de l'inox 304 ? (1 pt)
 - d) Quelle est la limite conventionnelle d'élasticité $R_{e0,2}$ (en MPa) de l'inox 304 ? (1 pt)
 - e) Quelle est la résistance à la traction R_m (en MPa) de l'inox 304 ? (1 pt)
 - f) Quelle est la valeur de la déformation permanente A (en %) après rupture de l'éprouvette ? (1 pt)
 - g) Calculez l'énergie élastique w_{el} (en J) emmagasinée dans le volume de référence de l'éprouvette juste avant sa rupture finale. (1 pt)

Exercice n° 2

Le fluorure de calcium cristallise selon le système cubique et la figure ci-contre montre la disposition des ions **Ca** et **F** dans deux plans particuliers de cette maille cubique.



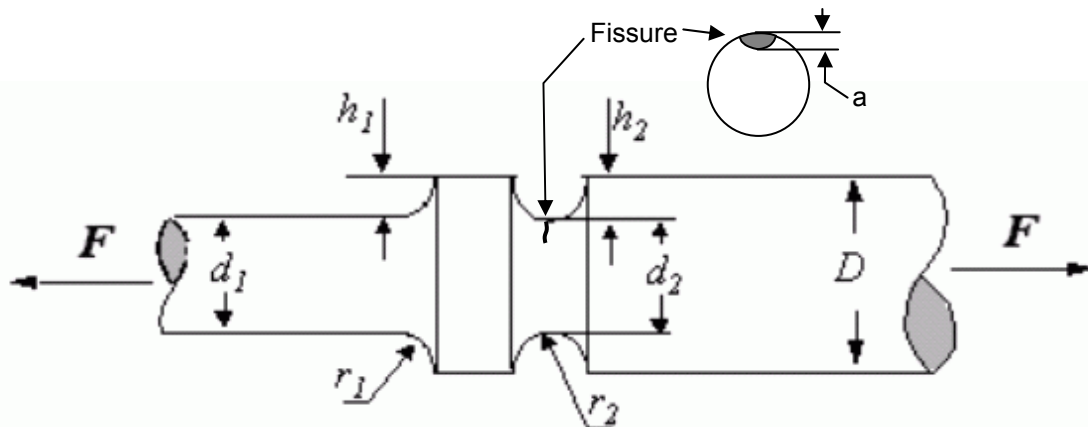
- a) Quels sont les indices de Miller des plans (a) et (b) ? (1 pt)

- b) Quels sont les indices de la direction réticulaire définie par l'intersection des plans (a) et (b) ? (1 pt)
- c) Quel est réseau de Bravais du fluorure de calcium ? Justifiez votre réponse (1 pt)
- d) Quel type de site occupent les ions **F** dans le réseau de Bravais défini par les ions **Ca** ? Quelle est la proportion de ces sites occupés dans une maille élémentaire ? (1 pt)
- e) Combien d'ions **Ca** et d'ions **F** appartiennent au motif associé à ce cristal ? Donnez les coordonnées relatives des ions du motif dans la maille. (2 pts)
- f) Quelle est la masse volumique théorique (en g/cm³) du fluorure de calcium ? (2 pts)

Données : Masse atomique (g/mole): **Ca = 40,08** **F = 19,00**
 Nombre d'Avogadro: **N_A = 6,022x10²³ mole⁻¹**

Exercice n° 3

Un axe, de section circulaire et schématisé ci-dessous, est constitué de deux parties ayant des diamètres différents (**D** et **d₁**) reliées par un congé de raccordement de hauteur **h₁** et de rayon de courbure **r₁**. De plus, la section la plus grosse de l'axe possède une gorge de profondeur **h₂** et de rayon de courbure **r₂**.



Les dimensions des différentes parties de l'axe sont les suivantes :

D = 91 mm **h₁ = 13 mm** **r₁ = 6,5 mm** **h₂ = 9,1 mm** **r₂ = 9,1 mm.**

En annexes, vous disposez de figures donnant la valeur du coefficient de concentration de contrainte selon la géométrie du défaut.

Le matériau de cet axe est un alliage d'aluminium dont les propriétés mécaniques sont les suivantes :

E = 70 GPa **R_{e0,2} = 390 MPa** **R_m = 475 MPa** **A = 10 %** **K_{IC} = 38 MPa.m^{1/2}**

En service, est apparue dans l'axe une fissure très aigüe localisée au fond de la gorge (voir schéma ci-dessus).

Cette fissure a une profondeur **a** de 6 mm et le facteur de géométrie **α** associé à cette fissure est égal à 1,9.

- a) Quelle est la valeur du coefficient de concentration de contrainte (**K_t**)_c associé au congé de raccordement (1 pt) et celle de (**K_t**)_G associé à la gorge ? (1 pt)
- b) Si l'on fait abstraction de la présence de la fissure, quelle est la valeur maximale de la force **F** (en kN) à ne pas dépasser afin que tout élément de volume de l'axe reste en état de déformation élastique ? (2 pts)
- c) Quel phénomène se produirait si la force **F** dépassait la valeur maximale calculée à la question b) ci-dessus ? Précisez dans quelle région de l'axe se produirait ce phénomène. (1 pt)
- d) Si l'on tient compte maintenant de la présence de la fissure, quelle est la valeur maximale de la force **F** (en kN) à ne pas dépasser si l'on veut éviter la rupture brutale de l'axe ? (2 pts)

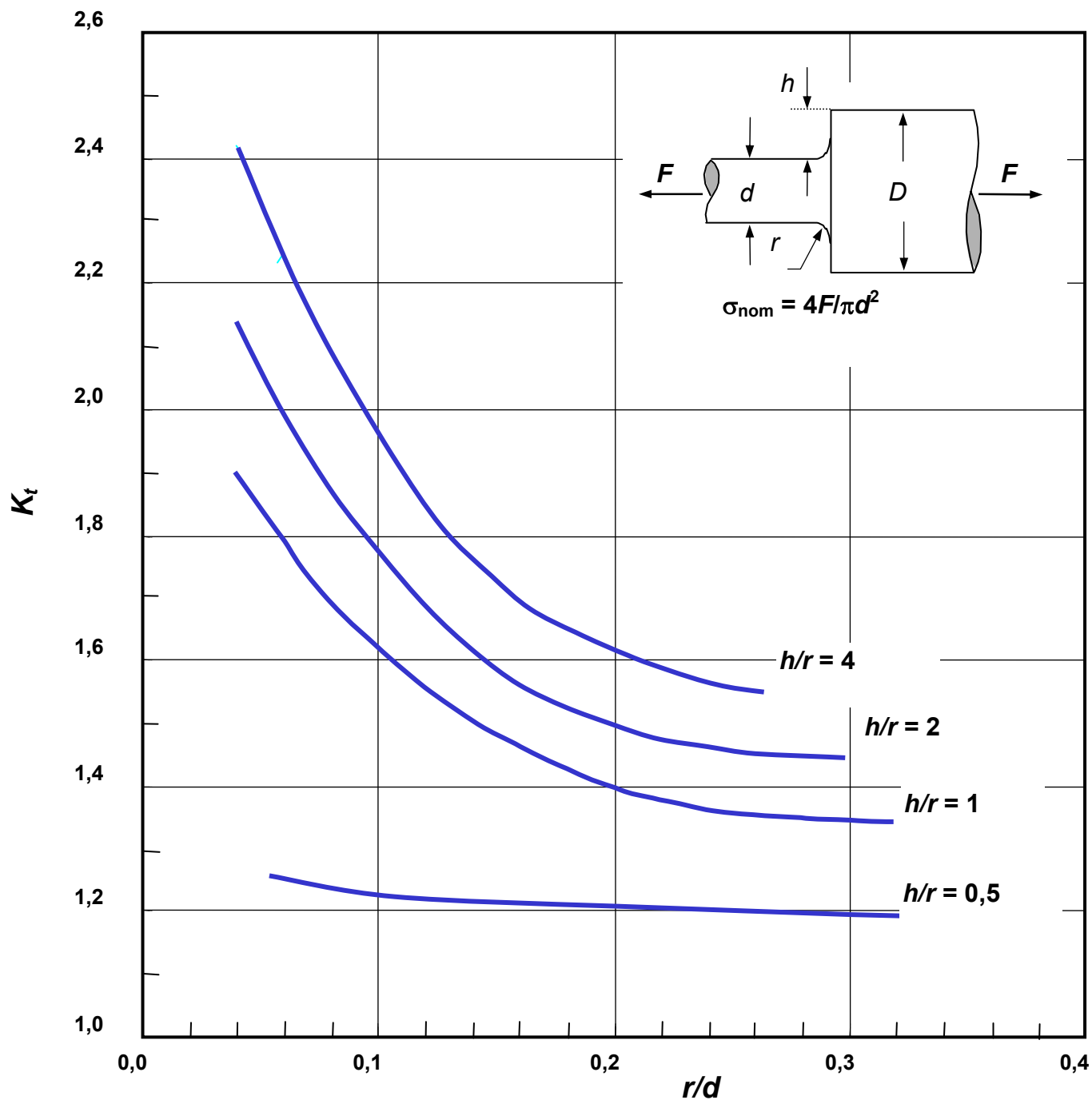
Exercice n° 4

Sur le tableau donné au formulaire de réponse, dites lesquelles des affirmations proposées sont vraies (**V**). (4 pts)
Attention : une mauvaise réponse en annule une bonne.

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

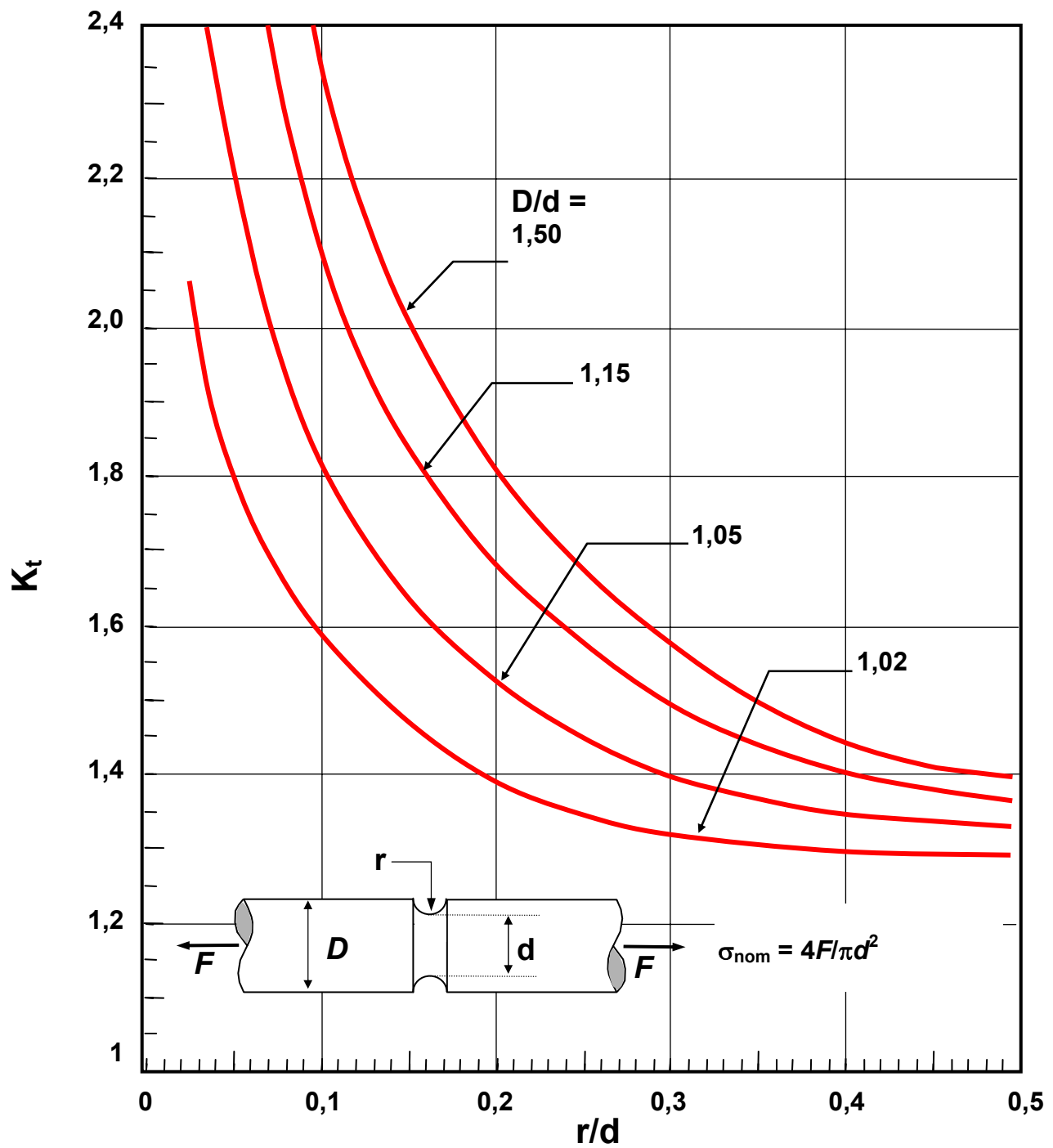
ANNEXES

Facteur de concentration de contrainte associé à un congé



ANNEXES

Facteur de concentration de contrainte associé à une gorge



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$f_S C_S + f_L C_L = C_0$$

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

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

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

$$m = \frac{Ai_{corr} t}{nF}$$

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

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

$$\sigma = n_e e \mu_e$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$E_C = V_f E_f + V_m E_m$$

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

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