

COURS ING1035 - MATÉRIAUX

CONTRÔLE N° 1

du 19 février 2002

de 8h45 à 10h20

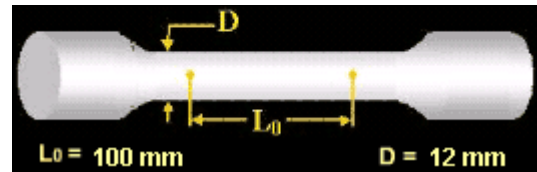
Q U E S T I O N N A I R E

- 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 **8** 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

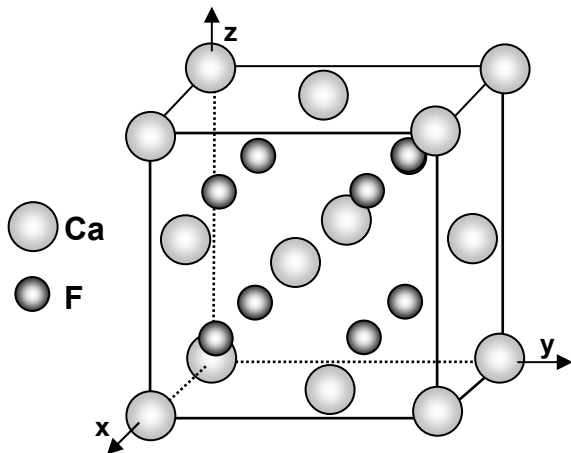
On réalise un essai de traction sur une éprouvette d'acier 1060 à l'état recuit. Le plan de cette éprouvette est donné à la figure ci-contre.

Les vues agrandie et générale de la courbe brute de traction $F = f(\Delta l)$ sont données en annexe.



- Quelle est la valeur du module d'Young E (en GPa) de l'acier 1060 ? (1 pt)
- Quelle est la limite proportionnelle d'élasticité R_e (en MPa) de l'acier 1060 ? (1 pt)
- Quelle est la limite conventionnelle d'élasticité $R_{e0,2}$ (en MPa) de l'acier 1060 ? (1 pt)
- Quelle est la résistance à la traction R_m (en MPa) de l'acier 1060 ? (1 pt)
- Quelle est la valeur de la déformation permanente A (en %) après rupture de l'éprouvette ? (1 pt)
- Calculez l'énergie élastique w_{el} (en J) emmagasinée dans 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 cette maille cubique. Le paramètre a de la maille est égal à **0,5463 nm**.

- Quels sont les indices de Miller du plan qui contient les directions $[101]$ et $[0\bar{1}\bar{1}]$? (1 pt)
- Dans le plan $(1\bar{1}0)$, quelle est la valeur de (Ca/F) représentant le rapport de la densité surfacique d'ions **Ca** à la densité surfacique d'ions **F** ? (1 pt)
- Quel est réseau de Bravais du fluorure de calcium ? (1 pt)
- Quel est le motif associé à ce réseau ? Donnez la position relative dans la maille des ions constituant ce motif et, sur le formulaire de réponse, encerclez un motif dans la maille représentée. (1 pt)
- Quelle est la formule chimique du fluorure de calcium ? Justifiez votre réponse par des considérations cristallographiques. (1 pt)
- Quelle est la masse volumique théorique (en g/cm^3) du fluorure de calcium ? (1 pt)

Données :

Masse atomique (g/mole):

Nombre d'Avogadro:

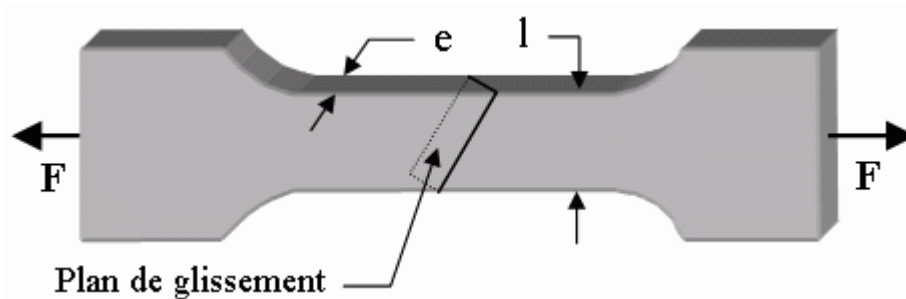
Ca = 40,08 ; F = 19,00

$N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mole}^{-1}$

Exercice n° 3

On réalise un essai de traction sur un monocristal de fer de haute pureté (% Fe = 99,999 %). Le fer a une structure cristalline C.C. avec un paramètre de maille $a = 0,287$ nm. Le schéma de l'éprouvette de traction est présenté à la figure ci-dessous et les dimensions de sa section utile sont les suivantes:

largeur $l = 8$ mm; épaisseur $e = 4$ mm



- a) Quelle est la longueur (en nm) du vecteur de Burgers $\mathbf{b}$ des dislocations dans le fer ? (1 pt)

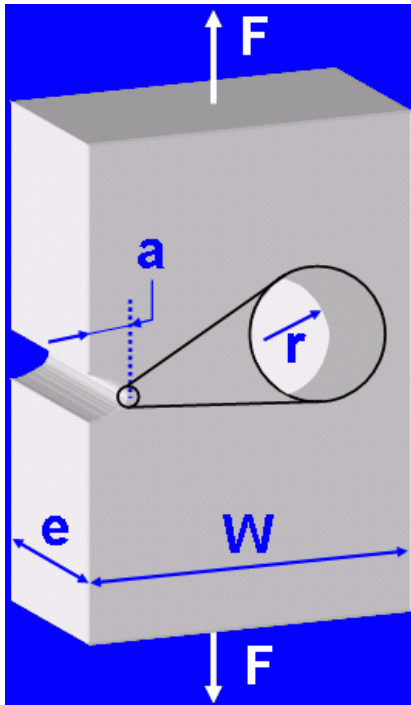
Lorsque la force $\mathbf{F}$ appliquée atteint 2,4 kN au cours de l'essai de traction, on constate l'apparition des premiers signes de glissement cristallographique irréversible dans un plan dont la normale fait un angle $\chi = 40^\circ$ avec l'axe de traction et selon une direction faisant un angle $\theta = 65^\circ$ avec l'axe de traction.

- b) Quels sont les indices de Miller de la famille de plans à laquelle appartient le plan de glissement actif et quels sont les indices de la famille de directions à laquelle appartient la direction active de glissement ? (1 pt)
- c) Quelle est la valeur de la cission critique de glissement τ^* du fer monocristallin très pur ? (1 pt)
- d) Quelle devrait être la valeur de la limite proportionnelle d'élasticité R_e d'un polycristal fait de ce même fer très pur ? (1 pt)

À l'état recuit (non déformé), le fer polycristallin commercialement pur (% Fe > 99,6 %) présente une limite proportionnelle d'élasticité R_e égale à 60 MPa.

- e) Pour quelle(s) raison(s) la limite proportionnelle d'élasticité R_e du fer polycristallin commercialement pur est différente de celle déduite du fer monocristallin très pur ? *Au formulaire de réponse, cochez la (les) case(s) appropriées.* (1 pt)

Exercice n° 4



La plaque représentée ci-contre est faite en verre ordinaire dont les propriétés sont les suivantes :

$$E = 70 \text{ GPa} ; R_m = 60 \text{ MPa} ; \gamma_s = 0,2 \text{ J/m}^2$$

Les dimensions de la plaque et de l'entaille sont les suivantes :

$$W = 110 \text{ mm} ; e = 15 \text{ mm} ; a = 6 \text{ mm} ; r = ?$$

La force F appliquée à cette plaque est égale à 12 kN.

- a) Dans ces conditions de chargement de la plaque entaillée, la condition énergétique de propagation de l'entaille est-elle satisfaite ? (1 pt)

Rappel : Condition énergétique $\sigma_{\text{nom}} \geq \sqrt{\frac{2E\gamma_s}{\pi a}}$

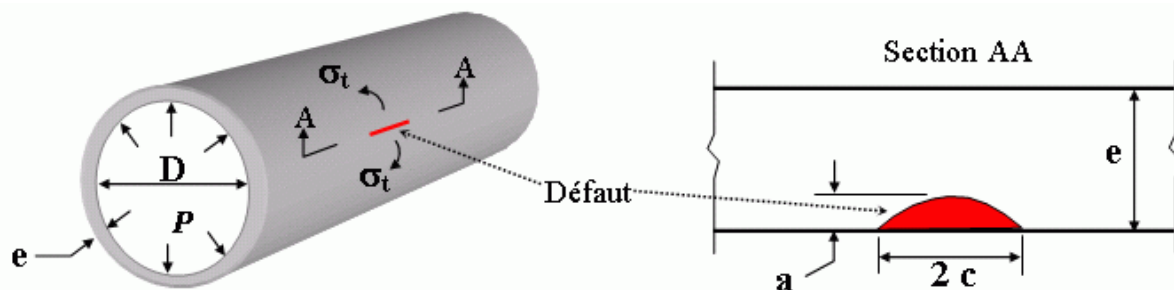
- b) Quelle doit être la valeur minimale (en mm) du rayon de courbure r pour qu'il n'y ait pas propagation brutale de l'entaille dans ces conditions de chargement ? (2 pts)

Données : $K_t = f(a/r)$ en annexe.

Exercice n° 5

Un tuyau d'acier de diamètre $D = 0.7 \text{ m}$ et d'épaisseur e doit supporter une pression interne P de 20 MPa. Sous l'effet de cette pression, une contrainte tangentielle de traction σ_t apparaît dans le tuyau et sa valeur est donnée par la relation suivante: $\sigma_t = PD/2e$.

Le tuyau peut contenir des défauts de fabrication superficiels longitudinaux (voir figure ci-dessous). Ces défauts sont détectables s'ils ont une profondeur minimale $a = 4 \text{ mm}$ et une longueur $2c$ minimale de 15 mm. Le facteur de forme α associé à ces défauts est égal à 1.2. On remarquera que la contrainte tangentielle σ_t s'exerce perpendiculairement au plan du défaut et aura donc tendance à ouvrir le défaut.



Les normes de sécurité applicables à ces tuyaux exigent que les deux conditions suivantes soient **simultanément** satisfaites :

- Condition 1 : la contrainte tangentielle σ_t ne doit pas dépasser la moitié de la limite d'élasticité de l'acier.
- Condition 2 : le facteur maximal d'intensité de contrainte $K_{\max}$, associé au défaut, doit rester inférieur ou égal au facteur critique d'intensité de contrainte K_{IC} de l'acier.

Pour ces tuyaux, vous avez le choix entre deux aciers **A** et **B**, dont les propriétés mécaniques sont les suivantes:

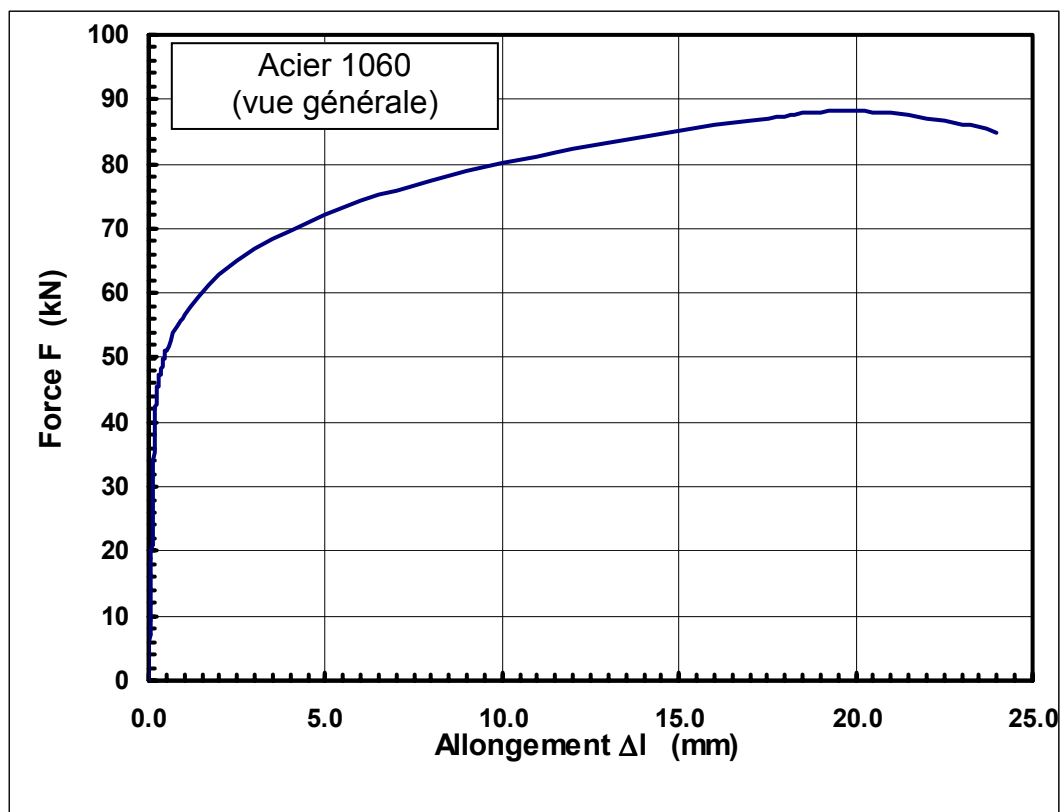
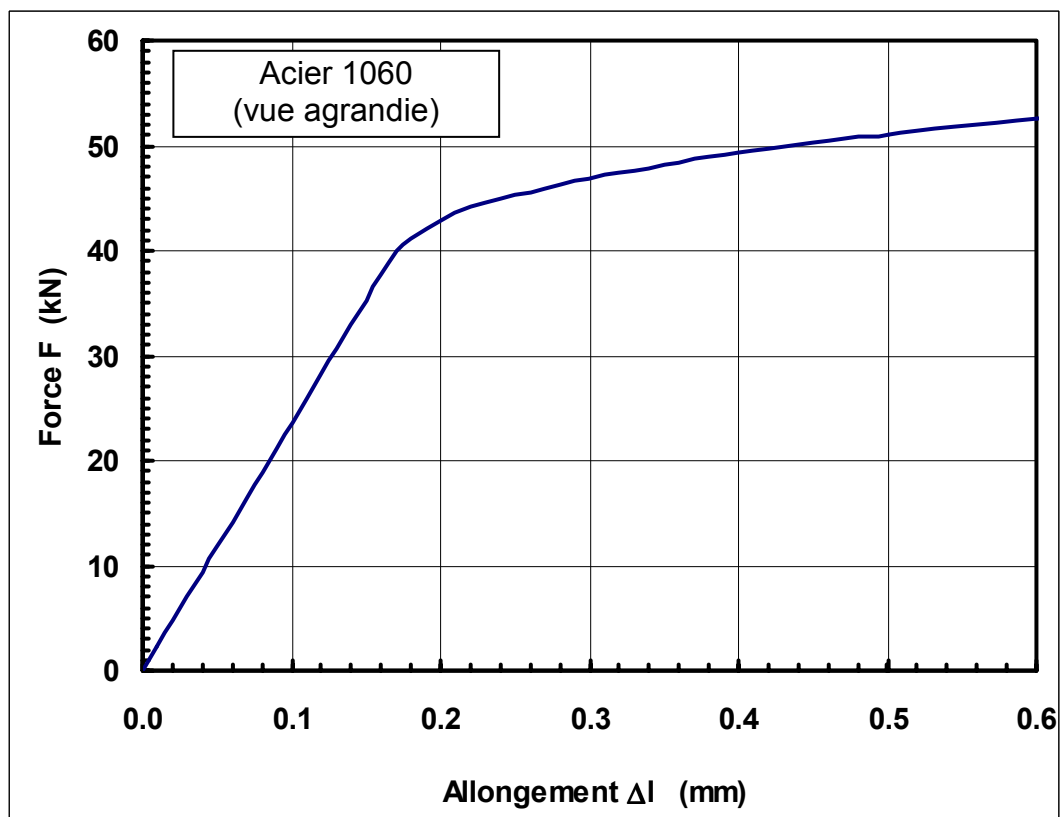
Acier A : $R_{e0,2} = 500 \text{ MPa}$; $K_{IC} = 120 \text{ MPa.m}^{1/2}$

Acier B : $R_{e0,2} = 650 \text{ MPa}$; $K_{IC} = 80 \text{ MPa.m}^{1/2}$

Quel acier choisissez-vous et en quelle épaisseur e (en mm) pour que le tuyau ait la plus faible masse par unité (5 pts) de longueur ? *Justifiez quantitativement votre choix.*

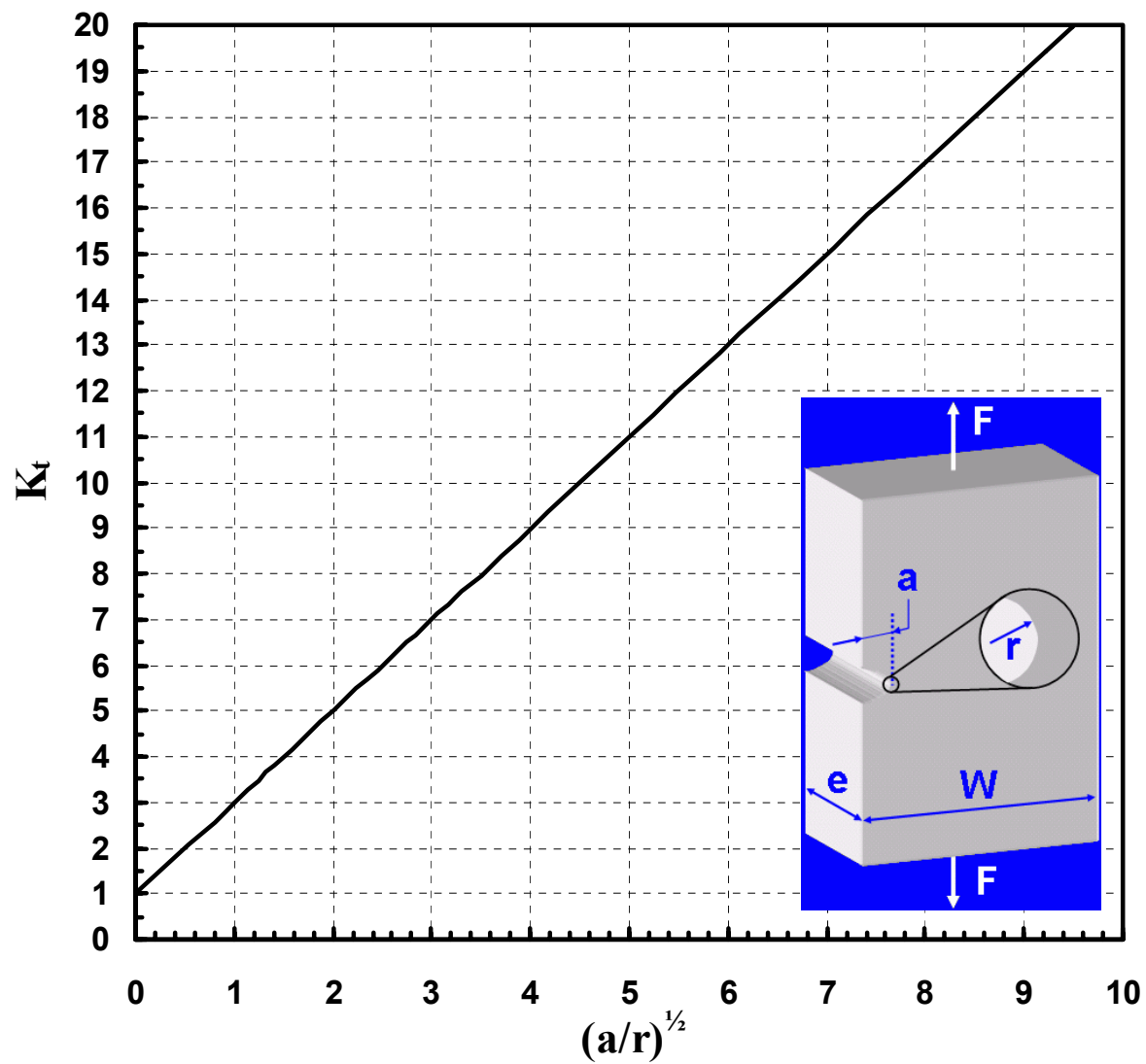
Pour l'équipe de professeurs, le coordonnateur: Jean-Paul Bailon

ANNEXES



ANNEXES

Facteur de concentration de contrainte associé à une entaille



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$f_S C_S + f_L C_L = C_0$$

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

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

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

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

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

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

$$\sigma = n_e e \mu_e$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$E_C = V_f E_f + V_m E_m$$

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

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