**ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC**

**SESSION DE OCTOBRE 2012**

**Toute documentation permise**
**Calculatrices : modèles autorisés seulement**
**Durée de l'examen : 3 heures**

**04-MB-11**
**Propriétés des matériaux**

---

## 1. Déformation des matériaux

Un échantillon de 1 cm de diamètre et de 6 cm de long est soumis à un essai de traction dont le résultat est schématisé à la figure ci-dessous.

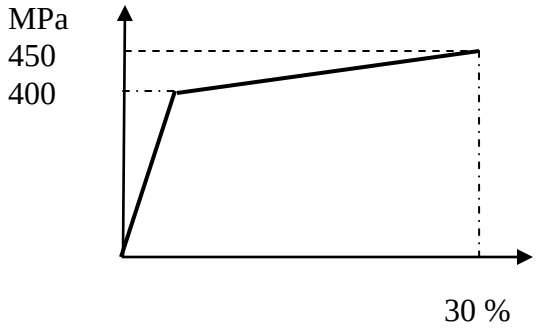


Figure 1 : résultat de l'essai de traction : courbe σ- ε (contrainte-déformation)
(L'échelle n'est pas respectée)

1.1. Quelle est la valeur de la force à la limite d'élasticité? **(3 points)**
1.2. Quelle est l'énergie libérée à la rupture ? **(2 points)**
1.3. Quelle est l'énergie totale nécessaire pour rompre cet échantillon? **(5 points)**

## 2. Liaisons

2.1. Comparer les propriétés physiques et mécaniques des métaux et des céramiques. Expliquer votre réponse. **(3 points)**
2.2. Pourquoi les métaux sont-ils ductiles? **(2 points)**

## 3. Déformation plastique des métaux

3.1. Qu'est-ce qu'une «dislocation»? **(3 points)**
3.2. Quel est le rôle des dislocations dans la déformation des métaux. ? **(2 points)**
3.3. Comparer le mécanisme de la déformation élastique et de la déformation plastique. **(5 points)**

## 4. Rupture fragile

Une plaque de verre est percée en son centre. La hauteur de la plaque est de 20 cm, sa largeur de 10 cm, son épaisseur de 2 mm. Le diamètre du trou central est de 1 cm.

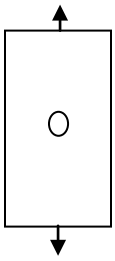

Figure 2 : géométrie de l'échantillon testé

(L'échelle n'est pas respectée)

Les propriétés mécaniques sont les suivantes :

| Limite d'élasticité en traction | Module d'élasticité | Facteur d'intensité de contrainte critique, Kic | Coefficient de dilatation thermique |
|---|---|---|---|
| 400 MPa | 70 GPa | 20 MPa $\sqrt{m}$ | $5\ 10^{-6}\ C^{-1}$ |

Tableau 1 : propriétés mécaniques

On suppose que la limite d'élasticité en compression est 2 fois plus grande que celle en tension.

4.1. Quelle est l'énergie requise pour rompre l'éprouvette? **(4 points)**

4.2. Un échantillon de ce matériau est placé dans un montage supposé indéformable. L'échantillon est un cylindre de 10 cm de long et 2 cm de diamètre.

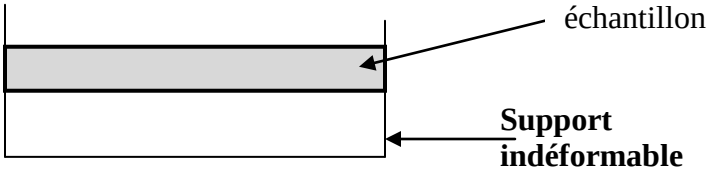


Figure 3 : montage utilisé pour tester l'effet de la température

Quelle est l'élévation de température que l'échantillon peut supporter avant de se rompre. **(3 points)**

## 5. <u>Rupture</u>

Un échantillon de verre (voir tableau 1) possède la géométrie suivante :

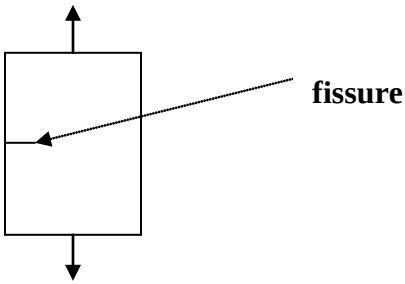


Figure 4 : géométrie de l'échantillon pour un essai de propagation d'une fissure de fatigue

La hauteur est de 20 cm, la largeur de 10 cm et l'épaisseur de 1 cm. La fissure a une longueur de 2 mm.

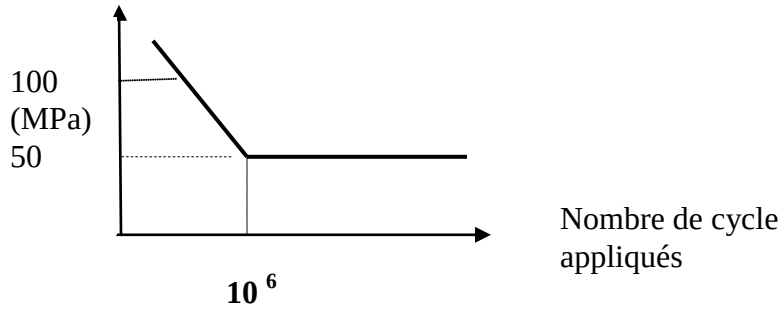


Figure 5 : résultat d'un essai d'endurance

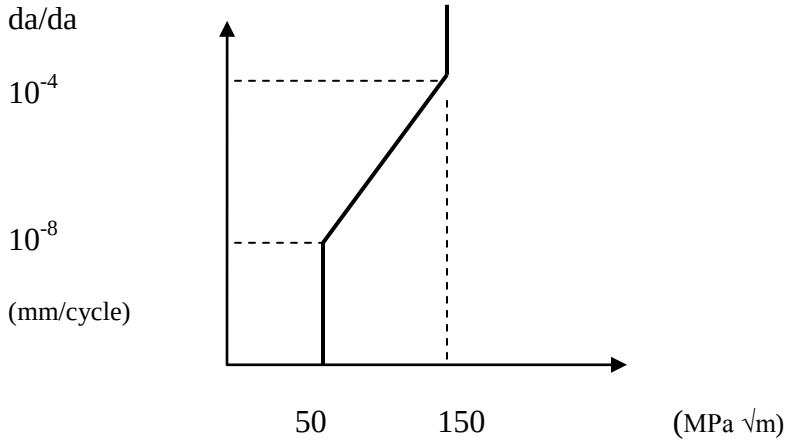


Figure 6 : résultat d'un essai de fatigue

Il est soumis à une contrainte variable sinusoïdale qui varie de 0 à 30 MPa.

5.1. Quelles sont les valeurs de la limite d'endurance et du facteur seuil d'intensité de contrainte? Décrire les deux types d'essais. **(5 points)**

5.2. Quel est le nombre de cycles nécessaire pour que la fissure s'accroisse de 1 mm? **(5 points)**

**6. <u>Corrosion</u>**

Une cuve est traversée par deux tuyaux métalliques. La cuve est remplie avec de l'eau légèrement salée, oxygénée. Le même liquide circule dans les tuyaux.

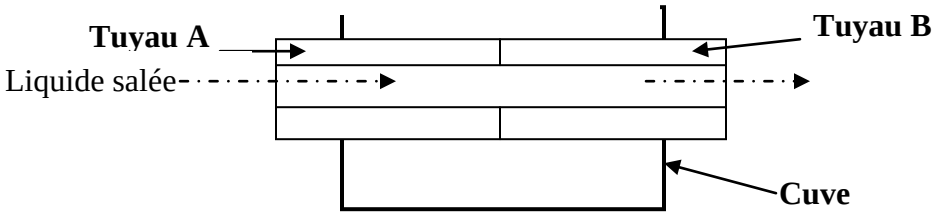


Figure 7 : montage de corrosion

Le tuyau A est composé de fer et le tuyau B d'aluminium. Le diamètre interne des deux tuyaux est de 1,8 cm et le diamètre externe est de 2,2 cm, la longueur totale des tuyaux immergée est de 20 cm.

6.1. Lequel de deux tuyaux se corrode (est l'anode). Justifier votre réponse. **(3 points)**

6.2. On mesure un courant de $10^{-9}$ A qui circule entre les deux tuyaux. Calculer le temps de vie du montage, c'est-à-dire le temps de disparition d'un des deux tuyaux. **(5 points)**

6.3. Comment protéger le montage contre la corrosion ? **(5 points)**

| métal | Masse molaire | Valence | densité |
|---|---|---|---|
| Fe | 56g/mole | 2 | 7,8 |
| Al | 27 | 3 | 2,7 |
| Cu | 63 | 2 | 8,9 |

Tableau 2 : propriétés électrochimiques de quelques métaux

**Tableau 8.1** Potentiels standard d'équilibre d'oxydo-réduction, à 25 °C

| Réaction | Potentiel standard d'équilibre $E_H$ (V) |
|---|---|
| $Au \rightleftarrows Au^{3+} + 3e$ | +1,50 |
| $2\,H_2O \rightleftarrows O_2 + 4\,H^+ + 4e$ | +1,23 |
| $Pt \rightleftarrows Pt^{2+} + 2e$ | +1,19 |
| $Ag \rightleftarrows Ag^+ + e$ | +0,80 |
| $4\,OH^- \rightleftarrows O_2 + 2\,H_2O + 4e$ | +0,40 |
| $Cu \rightleftarrows Cu^{2+} + 2e$ | +0,34 |
| $H_2 \rightleftarrows 2H^+ + 2e$ | 0 |
| $Pb \rightleftarrows Pb^{2+} + 2e$ | −0,13 |
| $Sn \rightleftarrows Sn^{2+} + 2e$ | −0,14 |
| $Ni \rightleftarrows Ni^{2+} + 2e$ | −0,25 |
| $Cd \rightleftarrows Cd^{2+} + 2e$ | −0,40 |
| $Fe \rightleftarrows Fe^{2+} + 2e$ | −0,44 |
| $Cr \rightleftarrows Cr^{3+} + 3e$ | −0,74 |
| $Zn \rightleftarrows Zn^{2+} + 2e$ | −0,76 |
| $Al \rightleftarrows Al^{3+} + 3e$ | −1,67 |
| $Mg \rightleftarrows Mg^{2+} + 2e$ | −2,37 |
| $Na \rightleftarrows Na^+ + e$ | −2,71 |

d'après le livre 'des Matériaux'

tableau 3: potentiels standards

## 7. Polymères

7.1. Qu'est-ce que la réticulation? Quels sont les polymères qui sont sensibles à la réticulation? **(5 points)**

7.2. Quel est l'effet du poids moléculaire (PM) sur les propriétés mécaniques du polyéthylène? **(5 points)**

## 8. Traitement thermique

Le diagramme de phases suivant est relatif au fer-carbone

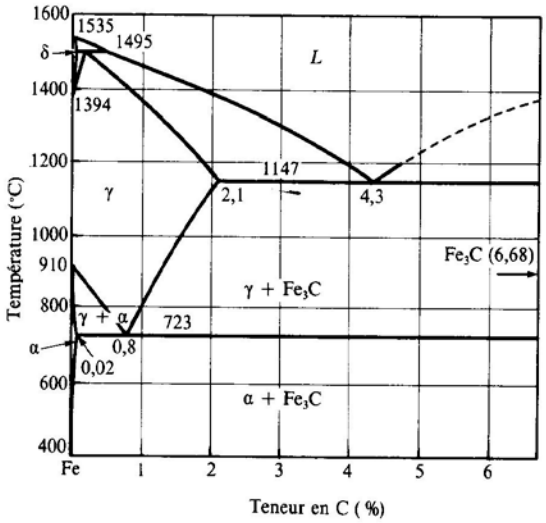


Figure 8 : diagramme de phases Fe-C

8.1. Quelles sont les conditions pour qu'un acier soit «trempable», c'est-à-dire durcit après trempe? **(3 points)**

8.2. Quelles sont les pourcentages des phases présentes pour un acier de composition 0,5%C, à la température ambiante (20 $^{o}$C)? **(5 points)**

8.3. Indiquer en détails le traitement thermique que doit subir un acier de composition 0,6%C, pour obtenir la dureté maximale? **(2 points)**

8.4. Dessiner la microstructure d'un acier à 1,2%C, qui a été austénitisé puis trempé. Indiquer sur le dessin les phases en présence, calculer le pourcentage des constituants. **(5 points)**

## 9. Durcissement structural

9.1. Qu'est-ce que le traitement de durcissement structural. Indiquer l'évolution de la microstructure aux différentes étapes de ce traitement thermique. **(5 points)**

9.2. Quels sont les métaux qui sont le plus sensibles à ce traitement? **(5 points)**

## 10. Céramiques

10.1. Quels sont les constituants des céramiques? **(5 points)**

10.2. Pourquoi les céramiques sont sensibles aux chocs thermiques? **(5 points)**