**ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC**
**SESSION MAI 2014**

**Toute documentation permise**
**Les calculatrices programmables et les ordinateurs sont interdits**
**Durée de l'examen : 3 heures**

**04-MB-11 Propriétés des matériaux**

---

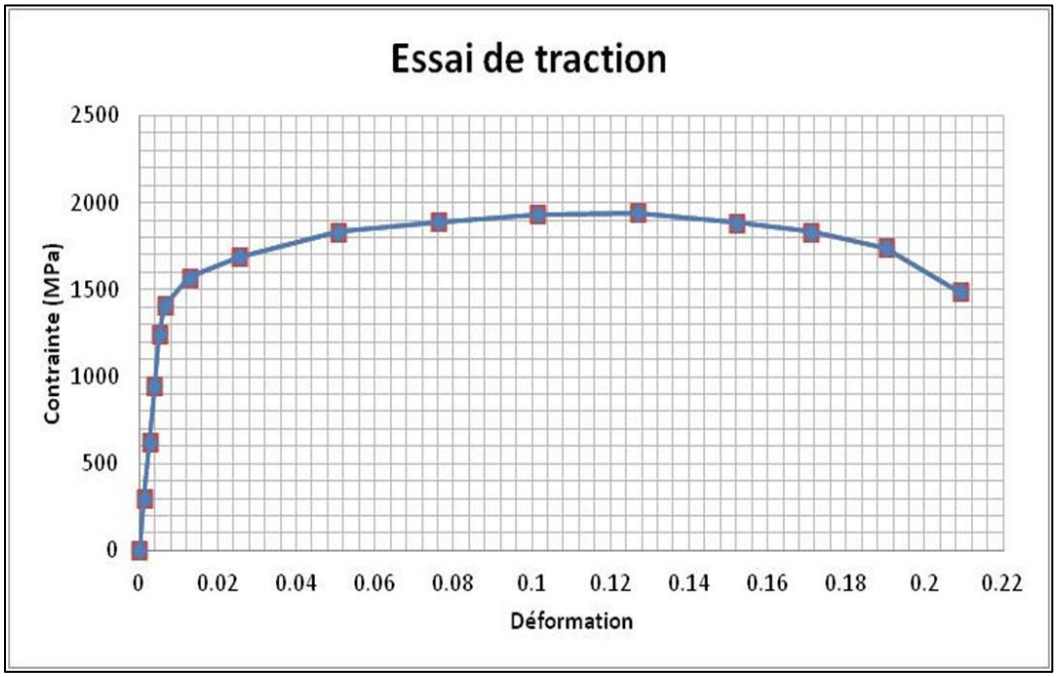
**#1)** On applique une force de traction de 312 N à un fil de titane (E =107 GPa et ν = 0.34). Sachant que son diamètre initial est de 3.0 mm et que sa longueur initiale est de 50 cm, (i) calculez la contrainte en MPa, (ii) calculez son allongement en mètre (iii) calculez sa longueur finale en mètre, (iv) calculez la déformation sur le rayon et (v) calculez le rayon final. (10 pts)

**#2)** Vous obtenez la courbe de traction suivante pour un alliage quelconque et son grossissement sur les figures 1 et 2. (5pts)

(A) Sur le graphique, déterminez le point de rupture. (indiquer la lettre A) (1pt)
(B) Sur le graphique, déterminez le point de striction. (indiquer la lettre B) (1pt)
(C) Quelle est la valeur approximative de la résistance mécanique? (1pt)

Rm = _____

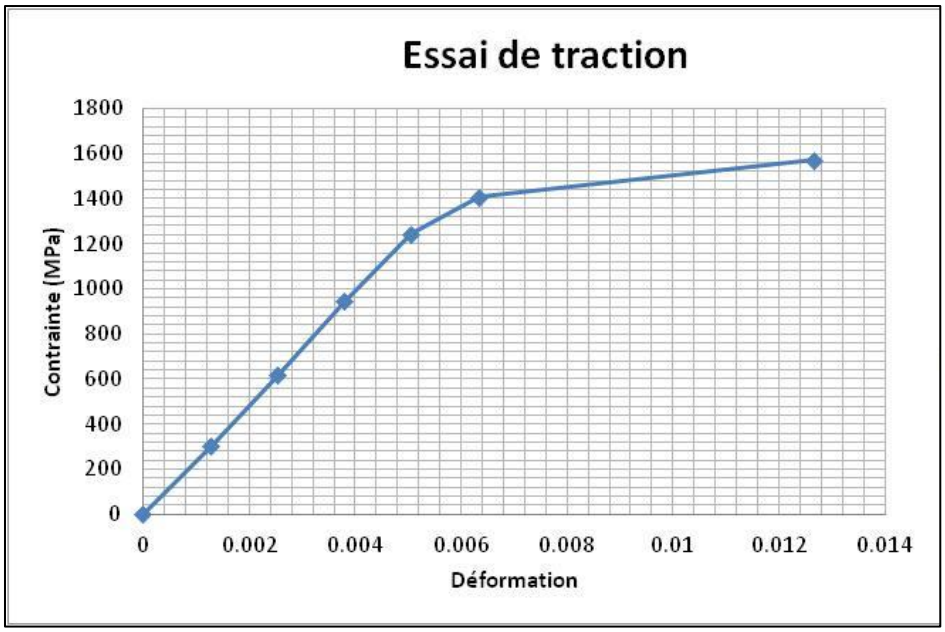
**Figure 1**




(D) Montrez graphiquement la valeur du $Re_{0.2\%}$ et indiquez la valeur. (2pts)

$Re_{0.2\%}$ = _____

**Figure 2**



#3) Une maille cubique de volume 0.0360 $nm^3$ est occupée par des atomes par un volume de 0.0245 $nm^3$ (5pts)

(A) Déterminez la compacité de cette maille. (1pt)

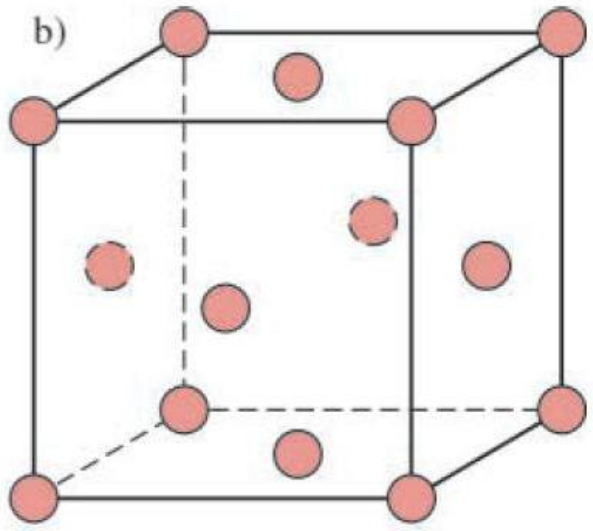
(B) Déterminez le type de maille élémentaire. (1pt)

(C) Déterminez le paramètre de maille (a) en nm (1pt)

(D) Déterminez le rayon atomique de cet élément. (2pts)

**#4)** (5pts)

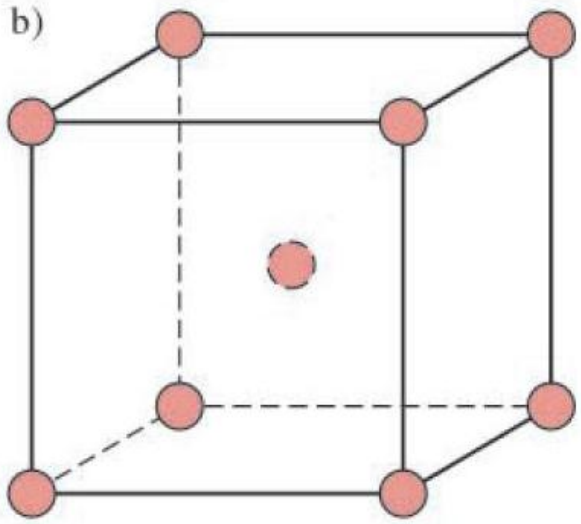
(A) Dans une maille élémentaire cubique face centrée, tracez les directions [110] et [111] (2pts)




(B) Calculez la densité d'atomes par nm sur ces deux directions, s'il s'agit d'une maille cubique faces centrées avec un rayons atomique de 0.1849 nm. (3pts)

**#5)** (5pts)

(A) Dessinez le plan (110) dans une maille cubique centrée (1pt)




(B) Montrez l'arrangement des atomes dans ce plan s'il s'agit d'un cubique centré (indiquez les mesures des côtés) (2pts)

(C) Calculez le nombre d'atomes par mètre carré pour ce plan où le paramètre de maille (*a*) est 0,35 nm. (2pts)

**#6)** À 600°C, il y a 2000 lacunes dans un volume quelconque. Sachant que le nombre de sites atomiques et l'énergie de formation sont constants entre 500°C et 1000°C, calculez le nombre de lacunes à 1000°C. $Q_L = 0.15$ eV, $k = 8.62 * 10^{-5}$ eV/K. (5pts)

**#7)** (5pts)

(a) Écrivez l'équation de loi de Bragg (1pts)

(b) Le pic (110) du fer survient à un angle $2\theta = 44°$ (figure ci-dessous). Calculez le paramètre de maille du fer. (2pts)

(c) Quel est l'angle de diffraction pour le pic (211)? Comparez votre résultat avec la figure ci-dessous. (2pts)

(sachant que $\lambda$=0,154 nm)

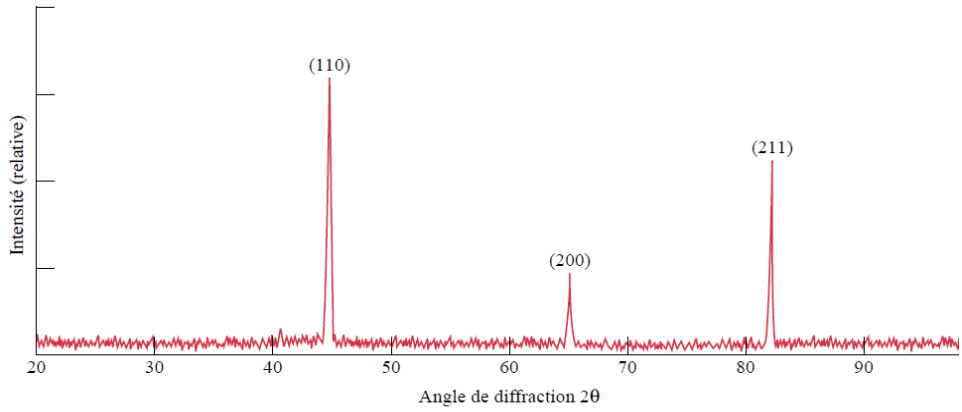



**FIGURE 3.20** Diagramme de diffraction d'un échantillon de fer-α polycristallin.

**#8)** La dureté d'un acier doit être déterminer. En utilisant un appareil de dureté Brinell avec une charge de 500kg et une bille de carbure de diamêtre 10 mm vous obtenez un diamètre d'indentation de 1.67 mm. Quelle sera sa dureté Brinell? (3pts)

**#9)** Calculez la dureté Vickers (HV) du matériaux si vous utilisé une charge de 100kgf et vous mesurez 2 diagonales $d_1$ = 0.87mm et $d_2$ = 0,91mm (2pts)

**#10** : Selon les données contenue dans le tableau ci-bas (10pts)

| | Rayon atomique | Paramètre de maille | Électrons de valence | Électroné-gativité | Type de liaisons | Type de maille |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Cuivre | 0,1278 nm | 0,3615 nm | 1 | 1,90 | Métallique | CFC |
| Plomb | 0,1750 nm | 0,4949 nm | 4 | 2,33 | Métallique | CFC |
| Nickel | 0,1246 nm | 0,3524 nm | 2 | 1,91 | Métallique | CFC |
| Étain | 145 pm | | 4 | 1,96 | Métallique | quadratique |
| Fer | 0,1241 nm | 0,2866 nm | 2 | 1,83 | Métallique | CC |
| Carbone | 70 pm | 107,98 pm | 4 | 2,55 | covalente | CFC |

(i) Quels éléments lorsque mélangés à différentes fractions donneraient un diagramme de phases binaire isomorphe? (2pts)

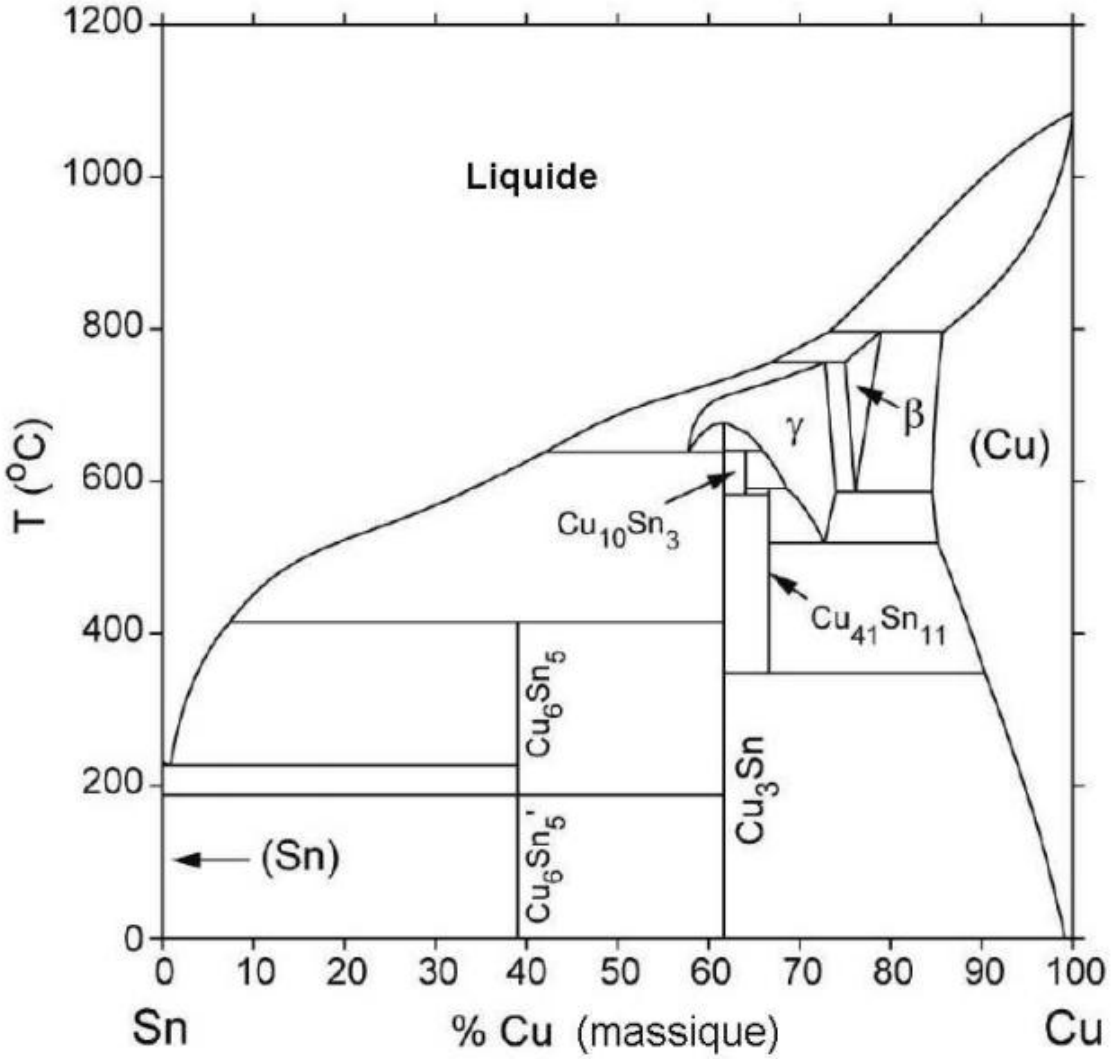
(ii) Nommez 3 raisons qui justifient pourquoi un diagramme de phases binaire isomorphe est obtenu : (3pts)

(iii) Quels éléments lorsque mélangés à différentes fractions donneraient un diagramme de phases eutectique? (2pts)

Quelle serait la température eutectiques? (1pt)

(iv) Indiquez la composition de l'alliage eutectique en % massique. (2pts)

**#11** : Vous obtenez le diagramme de phase suivant :




(i) Tracez sur le diagramme de phase un segment vertical à 30%m de Cu. (1pt)
Selon le segment tracé

(ii) Quelle est la phase en présence à 800 °C? Indiquez aussi sa composition en % massique de Cu. (1pt)

(iii) Quelles sont les phases en présence à 500°C? Indiquez leur composition en % massique de Cu. (1pt)

(iv) À 500°C, quels sont le pourcentage de liquide et le pourcentage de solide? (1pt)

(v) Quels sont les phases présentes à 300°C? (0,5 pt)

(vi) Quels sont les phases présentes à 100°C? (0,5 pt)

**#12** : Le coefficient de diffusion du cuivre dans l'aluminium à 500°C est de $4.8 * 10^{-14}$ $m^2/s$. Quel serait le coefficient de diffusion à 700°C s'il faut 2h pour obtenir la même concentration qu'en 10h à 500°C (indice : c'est à un point précis avec la même concentration). (5pts)

**#13** : Calculez l'énergie d'activation en électronvolt (eV) du magnésium diffusant dans l'aluminium. Le $D_0 = 1,2 \times 10^{-4}$ $m^2/s$, le coefficient de diffusion (D) à 550 °C est de $1,9X10^{-13}$ $m^2/s$. (5pts)

**#14** : Un fil d'aluminium de 10 m de longueur à une température de -2°C et est immobilisé. (i) De combien de °C devrait être chauffé le fil pour obtenir une contrainte de 90 MPa. $\alpha = 23.6 \times 10^{-6}$ (1/°C) et E = 69 GPa. (3pts) (ii) Quelle serait la déformation. (1pt) (iii) Quelle serait la contrainte si le fil était en acier avec la déformation obtenue (1pt)?

**#15** : <u>Propriétés électriques</u> : Selon la théorie de bandes expliquez (phrases et schéma) (5pts)

Conducteur : (2pts)

Isolant : (2pts)

Semi-conducteur : (1pt)

**#16** :

(i) Quels types de liaisons sont présents dans les céramiques? (1pt)

(ii) Quel type de liaison donne les céramiques les plus dures? (1pt)

**#17** : Selon le tableau suivant :

***Résistance à la rupture*** *(température ambiante)*

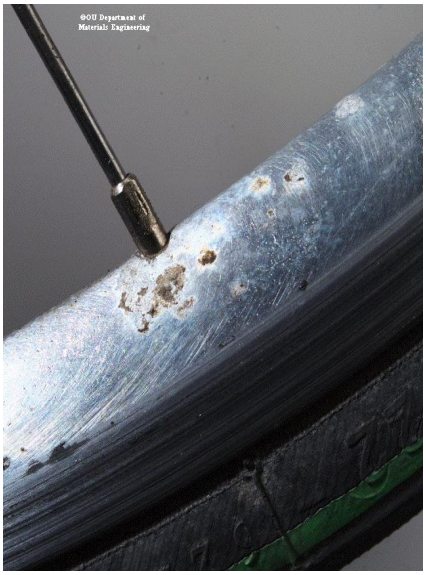
| $\sigma_R$ (MPa) | $Al_2O_3$ | Y-TZP | $Si_3N_4$ | SiC |
|---|---|---|---|---|
| Traction | 180 | 360 | 270 | 250 |
| Flexion | 320 | 500 | 480 | 470 |
| Compression | 1800 | 3500 | 1500 | 2100 |

(i) Quelle céramique offre les moins bonnes propriétés mécaniques en compression (2pt)

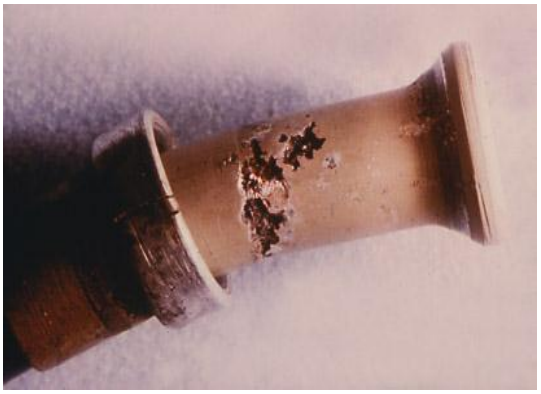
(ii) Quelle céramique offre les meilleures propriétés mécaniques en flexion (2pt)

**#18** Quel métal va corroder dans les systemes suivants. Selon les images fournies, identifiez les métaux (avec une flèche)? (5 pts) :

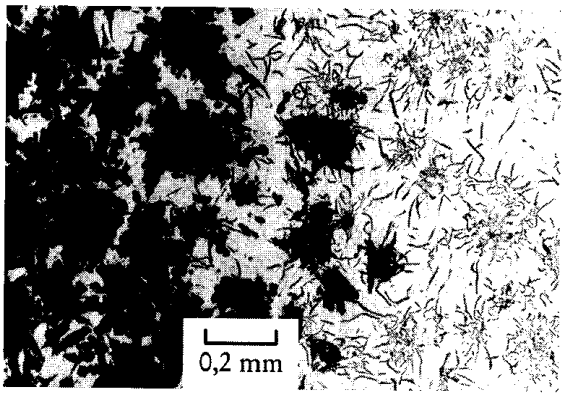
Fe-Al




Cr-Al



Cu-Al




Acier : Fe-C

Expliquez qu'est-ce que la protection cathodique et donnez un exemple 2

**#19** : Une plaque de cuivre est soumise à un environnement corrosif pendant 90 jours. Sachant que la surface de la pièce est de 1000 $cm^{2}$, sa masse atomique 63.55 g/mole et sa densité 8,96 $g/cm^3$. Le courant de corrosion est de 10 µA. (i) calculez la perte de masse (ii) calculez le taux de corrosion (cm/an). (la perte de masse est uniforme et seule la surface de 1000 $cm^2$ est touchée. (4 pts)

**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 |

**Perte de masse:** loi de Faraday

$$\boxed{m = \frac{A\, i_{corr}\, t}{n\, F}}$$

où

$m$: perte de masse [g]

$A$: masse atomique de l'anode

$i_{corr}$: courant de corrosion [A]

$t$: temps [s]

$n$: nb d'électrons de valence

$F$: constante de Faraday = 96 500 C