

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION MAI 2014

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

**STRUCTURE DES MATÉRIAUX**  
**14-MT-A4**

- *Cet examen contient un maximum de 112 points, qui seront convertis sur 100.*
- *Répondez à toutes les questions.*

**Question 1. (5+5+5+10 points)**

1) Pourquoi les liens atomiques se forment?

2) Décrire les différents types de liens atomiques.

3) Calculer le pourcentage de lacunes dans le cuivre à (a) 700°C et (b) juste sous son point de fusion (1082°C). Utilisez une énergie d'activation pour la formation d'une lacune de 0.90 eV/atome.

4) Pour deux éléments, A et B, possédant un lien ionique, les énergies d'attraction et de répulsion,  $E_A$  et  $E_R$  (en électron volts par paire A-B) varient en fonction de la distance ( $r$  en nanomètres) entre les deux ions comme suit:

$$E_A = \frac{-1.32}{r} \quad \text{et} \quad E_R = \frac{6.55 \cdot 10^{-6}}{r^8}$$

(a) En assumant l'énergie potentielle nette,  $E_N$ , étant la somme des énergies d'attraction et de répulsion, dessinez ces trois énergies ( $E_A$ ,  $E_R$  et  $E_N$ ) en fonction de la distance inter-ionique sur un graphique, et trouvez la distance entre ces deux ions à l'équilibre. (b) Quelle est la force théorique de rupture de ce lien.

**Question 2 (5+5+5+5+5 points)**

1) Pourquoi la majorité des matériaux sont polycristallins et ont des propriétés isotropiques?

2) Pourquoi les matériaux céramiques sont fragiles?

3) Expliquez comment les joints de grains influencent la résistance mécanique et la rupture.

4) Quel est l'effet de la température sur la courbe contrainte-élongation d'un métal?

5) À l'échelle atomique, quelle est la différence entre la déformation plastique et élastique?

**Question 3 (10+6+10 points)**

1) Plusieurs matériaux céramiques cristallisent avec la structure cristalline du chlorure de sodium (structure sel). L'oxyde de magnésium (MgO) est l'une d'elle. (a) calculez le paramètre de maille de cette structure. (b) calculez la compacité. ( $r_{\text{Mg}^{2+}} = 0.072\text{nm}$  and  $R_{\text{O}^{2-}} = 0.14\text{nm}$ )

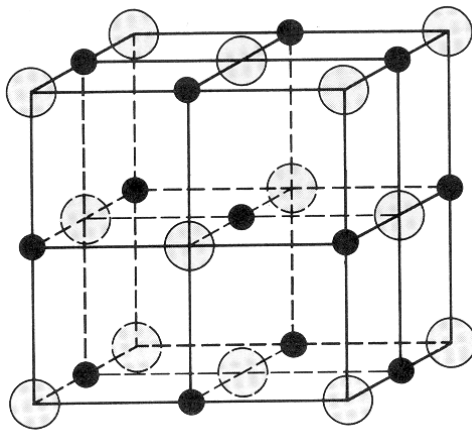


FIGURE 13.2 A unit cell for the rock salt, or sodium chloride (NaCl), crystal structure.



2) Dessinez, calculez et comparez les densités linéaires des directions [100], [110] et [111] dans les structures cristallines (a) CC et (b) CFC. Considérez le paramètre de maille "a", et le rayon atomique "r".

3) Calculez la densité planaire des plans (100), (110) et (111) pour une structure cristalline (a) CC et (b) CFC. (c) Que signifient ces valeurs? Considérez le paramètre de maille "a", et le rayon atomique "r".

**Question 4 (5+5+5 points)**

1) Un alliage a un module d'élasticité de 350 GPa, une limite d'élasticité de 872 MPa, une contrainte d'écoulement de 1000 MPa à une déformation de 0.3. Si pour cet alliage, la striction apparaît à une déformation de 0.45, déterminez la contrainte de traction maximale.

2) Poursuivant avec l'alliage ci-dessus, si une charge est imposée sur un cylindre de 10mm de diamètre, jusqu'au point de striction (avant le début de la déformation inhomogène) et que la charge est immédiatement enlevée, quel sera le diamètre final de ce cylindre, considérant le retour élastique.

3) Pour les matériaux métalliques, la limite élastique peut être variée par la taille de grain via le contrôle des procédés thermomécaniques. Pour un métal donné, une taille de grain de 7μm résulte en une limite élastique de 640 MPa, alors qu'une taille de grains de 10μm résulte en une

limite élastique de 550 MPa. Quelle taille de grains est requise pour obtenir une limite élastique de 1000 MPa.

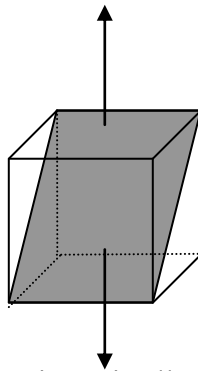
**Question 5 (5+6 points)**

1) Pourquoi les boîtiers de téléviseur sont fabriqués en plastique au lieu du bois ou du métal?

2) Le bois, l'acier et le béton sont tous utilisés comme matériau de construction pouvant supporter la charge de la structure. Donnez des avantages et inconvénients de chacun de ces matériaux dans ce rôle.

**Question 6 (5 + 5 points)**

Supposons que le plan de glissement actif d'un monocristal est le plan en gris, et une contrainte en tension est imposée comme illustré par les flèches,



1) Si ce monocristal est CFC, quelle direction cristallographique sera responsable de la plus faible limite élastique lorsque que contraint sous tension?

2) Si la contrainte critique en cisaillement de ce monocristal est de 300 MPa, calculez la limite élastique pour cette direction cristallographique que vous considérez comme favorable.