

Contrôle Continu
Propriétés de base des matériaux
Durée : 2 heures

Exercice 1. L'or métallique cristallise dans un réseau cubique à faces centrées CFC. Les atomes d'or sont assimilés à des sphères rigides de rayon $R = 144,2 \text{ pm}$. Par ailleurs, l'or peut former de nombreux alliages, par insertion ou substitution.

1. Représenter la maille élémentaire de l'or en projection cotée sur le plan (x,y) . Etablir la relation entre le rayon R et le paramètre a de la maille. Calculer a .
2. Les plus grands sites d'insertion dans la maille sont les sites octaédriques. Sur le schéma de la maille élémentaire, préciser le nombre et la position de ces sites octaédriques. Établir la condition pour qu'un atome étranger, de rayon R_O , puisse occuper un site octaédrique.
3. L'or blanc des joailliers est un alliage d'or et de nickel. Le nickel a un rayon métallique $R' = 124,6 \text{ pm}$. Montrer que le nickel ne peut pas former d'alliage d'insertion avec l'or. Un alliage Au-Ni a une maille CFC dans laquelle un des atomes d'or situé au sommet est substitué par un atome de nickel. La masse volumique de cet alliage est $17,63 \text{ g.cm}^{-3}$. Déterminer le nouveau paramètre a' de cette maille.
 $M_{Au} = 197,0 \text{ g.mol}^{-1}$, $M_{Ni} = 58,3 \text{ g.mol}^{-1}$, $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Exercice 2. Le titane, à basse température, se trouve sous une forme cristalline hexagonale compacte $Ti - \alpha$. La maille est un prisme droit à base hexagonale, de côté a et de hauteur c . Elle contient donc trois pseudo-mailles.

1. Quel est le nombre d'atomes présents dans la pseudo-maille. Justifier votre réponse à l'aide d'un schéma. Représenter la pseudo-maille en projection cotée sur le plan (x,y) .
2. Exprimer en fonction des paramètres a et c , le volume V de la pseudo-maille. Calculer la masse volumique de $Ti - \alpha$ en (g.cm^{-3}) . Le titane est très utilisé dans l'industrie aéronautique. Commenter en comparant avec le fer $\rho = 7,86 \text{ g.cm}^{-3}$.
3. Dans le cas d'un hexagonal compact parfait, les atomes sont assimilés à des sphères dures de Rayon R et toutes les sphères sont tangentes entre elles. Déterminer l'expression de paramètre c de la maille en fonction de a .
4. Déterminer la valeur de la coordinence d'un atome de titane. Justifier.
5. Calculer la compacité d'un réseau hexagonal compact parfait.
6. Le cas étudié n'est pas tout à fait parfait, quelle est la distance entre deux atomes de titane proches voisins suivant l'axe c . Conclure.

Contrôle terminal
Propriétés de base des matériaux
Durée : 2 heures

Exercice 1. On considère un réseau *monoclinique*, défini par $(a \neq b \neq c, \alpha = \gamma = \frac{\pi}{2}$ et β quelconque).

1. Sur un même schéma, représenter les vecteurs \vec{a}, \vec{b} et \vec{c} du réseau direct et \vec{a}^*, \vec{b}^* et \vec{c}^* du réseau réciproque associé au réseau monoclinique. On s'intéresse uniquement aux sens et directions de ces vecteurs et on tracera la projection des deux réseaux sur le plan (101), à partir de la même origine.
2. Calculer le volume de la maille monoclinique, justifier le choix de la formule utilisée.
3. Calculer la norme des vecteurs \vec{a}^*, \vec{b}^* et \vec{c}^* et les angles qu'ils forment entre eux. En déduire la nature du réseau réciproque.
4. Soit d_{hkl} la distance interréticulaire entre deux plans de la famille (hkl) et \vec{N}_{hkl}^* un vecteur du réseau réciproque qui a les mêmes indices h, k, l . Quelle relation existe-t-il entre d_{hkl} et \vec{N}_{hkl}^* .
5. Déterminer l'expression de d_{hkl} dans le cas d'un réseau monoclinique.
6. Quel est l'intérêt d'utiliser le réseau réciproque? Déterminer l'expression de l'angle θ entre les plans (hkl) et $(h'k'l')$ du réseau direct.
7. Calculer l'angle θ formé par les plans (103) et (301) dans une maille monoclinique, caractérisée par $a = 4,685\text{Å}, b = 3,423\text{Å}, c = 5,132\text{Å}$ et $\beta = 99,52^\circ$.

Exercice 2. Dans un matériau semi-conducteur, la densité d'état des trous dans la bande de valence est donnée par :

$$N_V(E) = \frac{8\pi\sqrt{2}}{h^3} (m_h^*)^{3/2} \cdot \sqrt{E_V - E}$$

La fonction de distribution de *Fermi-Dirac* pour les électrons est :

$$f_n(E) = \frac{1}{1 + \exp[(E - E_F)/kT]}$$

1. Que représente-t-elle la fonction $f_n(E)$?
2. Qu'est ce qu'un semi-conducteur non dégénéré? déterminer dans ce cas la fonction de distribution pour les trous $f_p(E)$ à partir de $f_n(E)$.
3. Déterminer la densité de trous $p(T)$ pour un semi-conducteur non dégénéré.

On donne : $\int_0^\infty x^{1/2} \exp[-x] dx = \frac{\sqrt{\pi}}{2}$.

4. Simplifier l'expression précédente de $p(T)$ en prenant

$$N_V(T) = 2 \cdot \left(\frac{2\pi \cdot m_h^* \cdot kT}{h^2} \right)^{3/2}$$

5. Quelle est la différence entre $N_V(E)$ et $N_V(T)$.
6. A partir de la question 4, donner l'expression de la densité des électrons dans la bande de conduction.
7. Définir ce qu'est la densité des porteurs intrinsèques. Montrer qu'elle peut s'écrire sous la forme $n_i(T) \simeq A \cdot T^{3/2} \cdot \exp[-E_g/2kT]$
8. Définir ce qu'est le niveau de Fermi intrinsèque E_{Fi} . Déterminer son expression en fonction des masses effectives m_e^* et m_h^* .
9. Qu'est ce qu'un semi conducteur de type P ? Pour ce matériau, exprimer la densité des trous p en fonction de la densité intrinsèque n_i et le niveau de Fermi intrinsèque E_{Fi} . Que peut-on en déduire concernant la position du niveau de Fermi E_F dans un semi-conducteur de type P par rapport au niveau de Fermi E_{Fi} .

Données : $M_{Ti} = 47,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $a = 295,1 \text{ pm}$ et $c = 468,6 \text{ pm}$.

Exercice 3. Le germanium cristallise dans le système de type diamant de paramètre de maille $a = 566 \text{ pm}$. Sa masse atomique molaire vaut $M_{Ge} = 72,6 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

1. Représenter la maille en projection cotée sur le plan (x,y) .
2. Indiquer le motif, le réseau de Bravais et les translations de réseau.
3. Déterminer le nombre d'atomes par maille et la coordinence de chaque atome
4. Calculer le rayon atomique de cet élément.
5. Évaluer la compacité de la maille. Conclure.
6. Calculer sa masse volumique.

817,6