

■ Structures cubiques

Ex-SM4.1 Le rayon atomique du sodium étant de $0,190 \text{ nm}$, calculer la densité de sodium métallique pour une structure cubique centrée ($M(\text{Na}) = 23,0 \text{ g.mol}^{-1}$).

Ex-SM4.2 Calculer l'arête a de la maille cubique du cuivre (système c.f.c.) dont la densité vaut $d = 8,96$. En déduire le rayon atomique du cuivre ($M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g.mol}^{-1}$).

Ex-SM4.3 On donne les paramètres cristallins des mailles cubiques des deux structures cristallines du fer :

- $a_\alpha = 0,286 \text{ nm}$ pour le fer α (système c.c.)

- $a_\gamma = 0,356 \text{ nm}$ pour le fer γ (système c.f.c.)

- 1) Calculer le rayon atomique du fer pour chacune des deux structures.
- 2) Calculer la densité du fer pour chacune de ces deux structures ($M(\text{Fe}) = 55,8 \text{ g.mol}^{-1}$).

■ Structures hexagonales

Ex-SM4.4 Le magnésium cristallise dans le système hexagonal compact (h.c.). On donne $a = b = 0,320 \text{ nm}$.

Calculer la hauteur c de la maille hexagonale. En déduire la masse volumique du magnésium ($M(\text{Mg}) = 24,3 \text{ g.mol}^{-1}$).

Ex-SM4.5 Le titane cristallise dans le système hexagonal compact (h.c.).

- 1) Décrire le contenu de la maille.
- 2) Calculer le rayon métallique du titane dont la densité vaut $4,51$, la compacité du solide étant de 74% . $M(\text{Ti}) = 47,90 \text{ g.mol}^{-1}$.

Ex-SM4.6 1) À la température ordinaire, le lithium ($M(\text{Li}) = 6,94 \text{ g.mol}^{-1}$) cristallise dans le système cubique centré (paramètre de maille $a = 0,350 \text{ nm}$). Calculer sa masse volumique. Dans un alliage constituant la coque d'un avion, quelle masse d'aluminium ($\rho(\text{Al}) = 2700 \text{ kg.m}^{-3}$) faut-il remplacer par du lithium pour permettre, toute autre caractéristiques étant inchangées, le transport d'un voyageur supplémentaire (avec ses bagages), soit 100 kg ?

- 2) Aux très basses températures, le lithium cristallise dans un système hexagonal de paramètres $a = 0,311 \text{ nm}$ et $c = 0,509 \text{ nm}$. Ce système est-il compact ?
- 3) Comparer la coordinence et la compacité pour les deux variétés allotropiques du métal.

■ Sites

Ex-SM4.7 Par action du dihydrogène sur le zirconium, on obtient un hydrure (insertion d'atomes H dans le réseau métallique) où le métal occupe les noeuds d'un réseau c.f.c.

- 1) Définir les deux types de sites et calculer, en fonction du rayon métallique r , leur rayon.
- 2) Pour l'atome d'hydrogène, le rayon attribué est de $0,037 \text{ nm}$. Sachant que pour le zirconium, $r = 0,162 \text{ nm}$, déterminer le type de site compatible avec les exigences de l'encombrement.
- 3) En fait les atomes d'hydrogène H se logent dans tous les autres sites : en déduire la formule de l'alliage.

■ Alliage

Ex-SM4.8 Le fer γ cristallise dans une structure c.f.c. On note a la longueur des arêtes du cube, ρ_1 la masse volumique et M_1 la masse molaire du fer γ .

1) On réalise un alliage par insertion d'atomes de carbone ($1,7\%$ de carbone en masse). On note y le nombre d'atomes de carbone par maille c.f.c., x le titre massique en carbone, et M_C la masse molaire du carbone. Exprimer y en fonction de x , M_1 et M_C . Calculer y .

Exprimer la masse volumique ρ_2 de l'alliage en fonction de ρ_1 et de x . Calculer ρ_2 .

2) On suppose maintenant que l'alliage est un alliage de substitution contenant toujours $1,7\%$ de carbone en masse. On note z le nombre d'atomes de carbone par maille c.f.c. Exprimer la masse volumique ρ_3 de l'alliage ainsi que z . Calculer ρ_3 et z .

Données : $\rho_1 = 7,92 \text{ g.cm}^{-3}$; $M_C = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_1 = 55,8 \text{ g.mol}^{-1}$.

■ Cristaux ioniques

Ex-SM4.9 L'oxyde FeO a la structure de $NaCl$. La décrire. Le paramètre cristallin vaut $a = 0,430 \text{ nm}$. Cette valeur est-elle en accord avec les rayons ioniques : $r(Fe^{2+}) = 0,075 \text{ nm}$ et $r(O^{2-}) = 0,140 \text{ nm}$?

Ex-SM4.10 La cuprite, Cu_2O , cristallise dans le système cubique : les ions O^{2-} constituent un réseau c.c. et les ions Cu^+ occupent le milieu de 4 des 8 demi-diagonales du cube.

- 1) Quel est le contenu de la maille ?
- 2) Calculer la coordinence de chaque ion.
- 3) Calculer le paramètre cristallin, la densité de la cuprite valant $d = 0,60$; avec $M(Cu_2O) = 143,1 \text{ g.mol}^{-1}$.

Ex-SM4.11 Un certain oxyde de titane, TiO , cristallise dans le système $NaCl$: $a = 0,418 \text{ nm}$ pour le paramètre cristallin et $\rho = 5,0 \text{ g.cm}^{-3}$. Ces valeurs sont-elles compatibles ? Proposer une explication. On donne : $M(TiO) = 63,9 \text{ g.mol}^{-1}$.

Ex-SM4.12 Le spinelle $Mg_xAl_yO_4$ est un composé ionique Mg^{2+}, Al^{3+}, O^{2-} où les ions oxygène constituent une structure c.f.c.

- 1) Déterminer les entiers x et y .
- 2) Les ions Mg^{2+} occupent des sites tétraédriques et les ions Al^{3+} , des sites octaédriques. Calculer le taux d'occupation de ces deux types de sites.

■ Cristaux covalents

Ex-SM4.13 Le silicium cristallise dans le même système cristallin que le diamant. Calculer le rayon de l'atome sachant que la masse volumique du silicium vaut $\rho(Si) = 2,33 \text{ g.cm}^{-3}$. Comparer avec l'atome de carbone pour lequel $r = 0,077 \text{ nm}$, et expliquer la différence. On donne $M(Si) = 28,1 \text{ g.mol}^{-1}$.

Ex-SM4.14 Une variété allotropique de la silice, SiO_2 , appelée cristobalite, a la structure suivante : les atomes de silicium sont placés comme ceux du carbone dans le diamant, et il y a un atome d'oxygène entre deux de atomes de silicium.

- 1) Quel est le contenu d'une maille ? En déduire le paramètre cristallin a , la densité de la cristobalite étant $d = 2,32$ et $M(SiO_2) = 60,1 \text{ g.mol}^{-1}$.
- 2) Déterminer la coordinence de chaque atome.
- 3) Comment expliquer la stabilité de cet édifice tridimensionnel ?

■ Cristaux moléculaires

Ex-SM4.15 La carboglace ($CO_{2(s)}$, dioxyde de carbone solide) a une structure c.f.c., les noeuds du réseau étant occupés par les molécules de dioxyde de carbone.

On donne $M(CO_2) = 44 \text{ g.mol}^{-1}$ et $d = 1,56$.

Calculer le paramètre cristallin a et en déduire la distance d entre les atomes de carbone de deux molécules voisines. Comparer d à la longueur de la liaison $C = O$ ($l = 0,12 \text{ nm}$) de la molécule CO_2 . Expliquer cette différence.

Ex-SM4.16 La glace peut être décrite de la façon suivante : soit une maille de type hexagonal compact de molécule d'eau ; on lui superpose une seconde maille h.c. déduite de la précédente par une translation de $\frac{3c}{8}$, c étant la hauteur de la maille h.c.

- 1) Préciser le contenu de la maille constitué par la maille initiale dans laquelle il faut ajouter la contribution due à la translation.
- 2) La densité valant $d = 0,92$, calculer la distance la plus faible entre les deux atomes d'oxygène.