

# Solides cristallins

## I - Cuivre

Calculer l'arête  $a$  de la maille cubique du cuivre (système cubique à faces centrées compact) dont la densité vaut  $d = 8,96$ . En déduire le rayon atomique de Cu.

$$M_{\text{Cu}} = 63,5 \text{ g mol}^{-1}.$$

## II - Niobium

Le niobium Nb, élément de numéro atomique  $Z = 41$ , cristallise à température ambiante dans une structure cubique centrée, de paramètre de maille  $a = 330 \text{ pm}$ , les atomes se situant sur les sommets du cube et un au centre de celui-ci.

1. Faire un schéma de la maille.
2. Déterminer la population de la maille, notée  $n$ .
3. Calculer la masse volumique  $\rho$  du niobium, et exprimer le résultat numérique en  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .
4. Déterminer le rayon atomique  $R$  du niobium (le contact entre les sphères dures a lieu sur les diagonales principales du cube).
5. Définir et calculer la compacité de la structure cubique centrée (c.c.).

*Données* : masse molaire du niobium  $M = 92,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

## III - Rhodium

Le Rhodium possède une structure cubique à faces centrées compacte ( $a = 380 \text{ pm}$ ).

1. Calculer sa masse volumique et sa compacité.
2. Quels sont les rayons des sites interstitiels octaédriques et tétraédriques ?
3. Quelle serait la compacité si tous les sites octaédriques étaient occupés par des sphères de rayon maximal ?
4. Même question dans le cas d'une occupation de tous les sites tétraédriques.

$$M_{\text{Rh}} = 102,9 \text{ g mol}^{-1}.$$

## IV - Cristaux ioniques

1. Le monoxyde de fer FeO a la structure de NaCl.
  - (a) Décrire celle-ci.
  - (b) Le paramètre cristallin vaut  $a = 430 \text{ pm}$ . Cette valeur est-elle en accord avec les rayons ioniques  $R^+ = 75 \text{ pm}$  et  $R^- = 140 \text{ pm}$  ?
2. Le spinelle  $\text{Mg}_x\text{Al}_y\text{O}_4$  est un composé ionique de  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  et  $\text{O}^{2-}$ , ces derniers constituant une structure cfc.
  - (a) Déterminer les entiers  $x$  et  $y$ .
  - (b) Sachant que les ions magnésium occupent des sites tétraédriques et les ions aluminium des sites octaédriques, calculer le taux d'occupation de ces deux types de sites (nombre de sites occupés / nombre de sites total).

## V - Structure du laiton

Les alliages métalliques sont très courants, par exemple le laiton (cuivre et zinc) ou le bronze (cuivre et étain). On distingue deux types d'alliages :

- dans un alliage de substitution, les deux métaux concernés ont la même structure cristalline à l'état pur et ont des rayons atomiques assez proches ; une partie des atomes d'un métal est remplacée par des atomes de l'autre type ;
- dans un alliage d'insertion, l'un des atomes est nettement plus petit que l'autre et se glisse dans les sites interstitiels du réseau hôte.

Le laiton  $\beta$  est un alliage de cuivre et de zinc dans lequel le zinc occupe les sommets d'un cube et le cuivre occupe le centre du cube. On peut formuler deux hypothèses :

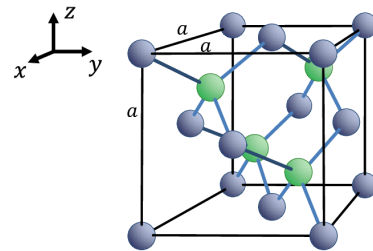
- le zinc occupe les nœuds d'un réseau cubique simple et le cuivre vient s'insérer dans les sites cubiques ;
- le zinc occupe les nœuds d'un réseau cubique centré et le cuivre vient se substituer au zinc qui est au centre de la maille.

1. Dans les deux cas, quelle est la formule chimique du laiton ?
2. En étudiant les paramètres de maille et les contraintes d'occupation dans les deux cas, déterminer si le laiton est un alliage d'insertion ou un alliage de substitution.
3. Calculer la masse volumique et la compacité du laiton.

Données :  $R(\text{Cu}) = 128 \text{ pm}$  ;  $R(\text{Zn}) = 137 \text{ pm}$  ;  $M_{\text{Cu}} = 63,546 \text{ g mol}^{-1}$  ;  $M_{\text{Zn}} = 65,39 \text{ g mol}^{-1}$ .

## VI - Structure du diamant

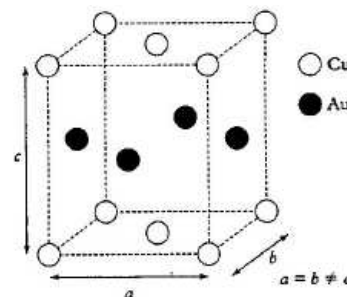
La structure de la maille du diamant peut être rapprochée d'une maille cubique faces centrées possédant un atome de carbone sur chaque nœud du réseau et dans lequel la moitié des sites tétraédriques de la maille sont occupés par des atomes de carbone de façon alternée (voir figure ci-contre). La distance pour une liaison carbone-carbone dans le diamant est  $d = 154 \text{ pm}$ .



1. Dans quelle catégorie de cristal classe-t-on le diamant ?
2. Préciser la coordinence des atomes de carbone dans le diamant.
3. Calculer la compacité et la masse volumique du diamant.
4. Le diamant est-il un bon conducteur électrique ? Proposer une explication.

## VII - Une maille orthorhombique

L'or des bijoutiers est souvent un alliage cuivre-or. L'alliage présenté ci-contre est un alliage de substitution, c'est à dire que dans la maille du cuivre, certains atomes ont été remplacés par des atomes d'or. La tangence des atomes a lieu suivant les diagonales des faces du parallélépipède rectangle.



1. Quelles sont les valeurs de  $a$ ,  $b$  et  $c$  en fonction de  $r_{\text{Cu}}$  et  $r_{\text{Au}}$  ?
2. Combien y-a-t-il d'atomes de cuivre et d'or par maille ?

3. Quelle est la fraction massique de l'or dans cet alliage ? On exprimera cette fraction en carats. On précise qu'un carat est la quantité d'or contenue dans un alliage, exprimée en vingt-quatrièmes de la masse totale.
4. Quelle est la masse volumique de cet alliage ?

Données :  $r_{\text{Cu}} = 128 \text{ pm}$  ;  $r_{\text{Au}} = 147 \text{ pm}$  ;  $M(\text{Cu}) = 63,55 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;  $M(\text{Au}) = 196,97 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ . réponse : 1.  $a = b = 362 \text{ pm}$  et  $c = 414 \text{ pm}$  2.  $N_{\text{Cu}} = N_{\text{Au}} = 2$  3.  $w_{\text{Au}} = 0,76$  soit 18 carats 4.  $d = 16$