

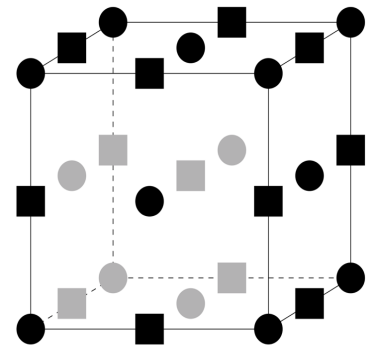
Travaux dirigés de Chimie n° 4

Exercice 1 : L'oxyde de Magnésium (CCS 2017)

L'oxyde magnésium est un cristal ionique.

Il est constitué d'un réseau d'anions oxygènes O^{2-} formant une structure cubique à faces centrées, les cations magnésium Mg^{2+} occupant le centre du cube et le milieu de chacune de ses arêtes.

Dans la figure ci-contre, les ions O^{2-} sont représentés par des cercles et les ions Mg^{2+} par des carrés (centre du cube et milieux des arêtes).



1. Déterminer la population de la maille.
2. Vérifier que cette structure est bien en accord avec la formule de l'oxyde MgO .
3. Déterminer la masse volumique de MgO . Le paramètre de maille est $a = 4,21 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.

Données : $M(O) = 16,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ $M(Mg) = 24,3 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Exercice 2 : Le cuivre et ses alliages

Le cuivre peut être utilisé pur, notamment dans des pièces exploitant sa haute conductivité électrique, ou bien en alliage, tel que le laiton (alliage cuivre-zinc) et le bronze (alliage cuivre-étain).

1. Le cuivre pur cristallise dans un réseau cubique à faces centrées (CFC) de paramètre $a = 361 \text{ pm}$.
 - a. Représenter la maille du cuivre et déterminer sa population.
 - b. Déterminer la masse volumique du cuivre.
2. Lorsqu'un atome d'un autre métal a un rayon atomique voisin de celui du cuivre, il peut former des alliages dits de substitution, où il remplace un ou plusieurs atomes de cuivre par maille. L'alliage $Cu - Ag$ est utilisé pour augmenter la résistance à la température. Dans cette structure, les atomes d'argent remplacent les huit atomes de cuivre aux sommets de la maille CFC.
 - a. Représenter la maille de cet alliage.
 - b. Déterminer les proportions d'atomes de chaque espèce dans le cristal et en déduire la formule chimique de l'alliage.
3. Le laiton est l'alliage de cuivre le plus fabriqué. Sa structure peut être décrite par un réseau cubique simple hôte d'atome de cuivre, avec un atome de zinc au centre de la maille cubique.
 - a. Représenter la maille de cet alliage.
 - b. Déterminer les proportions d'atomes de chaque espèce dans le cristal et en déduire la formule chimique de l'alliage.
 - c. Le paramètre de maille étant $a' = 303 \text{ pm}$ pour cet alliage, quelle est sa masse volumique ?

Données : $M(Cu) = 63,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ $M(Zn) = 65,4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Exercice 3 : A propos du chrome : (CCS 2007)**Le chrome métallique :**

Le chrome métallique Cr cristallise dans un réseau cubique centré d'arête a . Les atomes de chrome sont assimilés à des sphères dures de rayon : $R(Cr) = 118 \text{ pm}$.

1. Faire un schéma de la maille d'une telle structure.
2. Combien une maille cubique centrée compte-t-elle, en propre, d'atomes de chrome ?
3. En supposant qu'il y ait dans une telle structure un contact entre les atomes sur la grande diagonale du cube, déterminer numériquement le paramètre de maille a .
4. Dédurre des résultats précédents la masse volumique du chrome.

Données : $M(Cr) = 52,0 \text{ g. mol}^{-1}$ $N_A = 6,022.10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Les oxydes de chrome :

On considère deux oxydes de chrome CrO_3 et Cr_2O_3 . La structure de l'un des deux peut être décrite par une maille cubique : les ions chrome occupent les sommets du cube et les ions oxyde O^{2-} le milieu des arêtes.

5. Quelle est la charge des ions Chrome dans chacun des deux oxydes.
6. Quel est la formule de l'oxyde décrit par la structure ci-dessus ?

Pour aller plus loin

Exercice 4 : La chromite

Le principal minéral de chrome est la chromite $Fe_xCr_yO_z$.

Le chrome s'y trouve sous la forme d'ions Cr^{3+} et l'oxygène sous la forme d'ions O^{2-} . Les ions du fer sont, quant à eux, sous la forme d'ions Fe^{q+} .

La chromite cristallise dans une structure que l'on peut décrire de la manière suivante :

- Les ions de l'oxygène forment un réseau cubique à faces centrées.
- Ceux du chrome occupent les centres de 4 des arêtes et le centre du cube.
- Un ion du fer se trouve au centre de l'un des petits cubes d'arête $a/2$ contenus dans la maille cubique (a étant le paramètre de la maille).

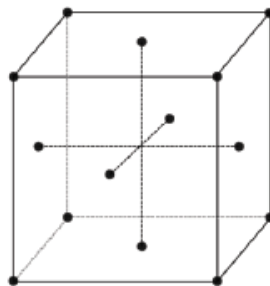
1. Représenter la maille conventionnelle du réseau cubique à faces centrées formé par les ions de l'oxygène.
2. Comment se nomme le site où se trouve l'ion Fer ? Comment se nomment les sites où se trouve l'ion Chrome ?
3. Dénombrer les différents types d'ions contenus dans une maille.
4. Quelle est la formule de la chromite ? En déduire la charge des ions Fer contenus dans ce minéral.

Exercice 5 : Alliage de Fer (CCINP 2019)

L'examen des propriétés du fer, qui est un métal gris, révèle qu'il n'est pas mécaniquement très performant. Il manifeste en effet une faible résistance à la traction et une faible dureté. De plus, il est très peu résistant à la corrosion. Pour augmenter les performances mécaniques du fer, il faut diminuer ses possibilités de déformation, en insérant par exemple des atomes étrangers dans la structure cristallographique.

Les aciers sont des alliages d'insertion fer-carbone. Ils présentent de nombreux avantages tels qu'une forte résistance aux chocs et à la déformation. Ils sont de plus recyclables. Ils sont obtenus en insérant des atomes de carbone de petits rayons ($r = 77 \text{ pm}$) dans les sites interstitiels de la structure du Fer.

L'austénite est un alliage dans lequel le fer peut adopter une structure de type cubique à faces centrées.



Exemple de structure cubique à faces-centrées. La longueur de l'arête du cube est notée a

1. Déterminer le nombre d'atomes de fer dans une maille, noté N .
2. Sachant que la masse volumique du fer est $m = 7,6 \text{ g.cm}^{-3}$, montrer que le paramètre de maille vaut $a = 3,7.10^{-10} \text{ m}$
3. Sachant que les sphères figurant les atomes sont en contact suivant la diagonale d'une face, vérifier que le rayon d'un atome de fer γ est d'environ $1,3.10^{-10} \text{ m}$.
4. Reproduire la structure cubique à faces centrées sur votre copie. A l'aide de croix rouges, indiquer la position des sites octaédriques.
5. Quel doit-être le rayon maximal d'un atome s'insérant dans un site octaédrique pour créer un alliage ?
6. Comparer cette valeur au rayon d'un atome de carbone. Quel peut être l'effet de l'insertion d'un atome de carbone dans la maille ?

Données : $M(\text{Fe}) = 56,0 \text{ g.mol}^{-1}$

$N_A = 6,022.10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Capacités exigibles :

- Décrire un cristal parfait comme un assemblage de mailles parallélépipédiques.
- Déterminer la formule chimique qui représente un cristal parfait, sa structure étant donnée.
- Déterminer la valeur de la masse volumique d'un cristal parfait.

QCM d'entraînement :