

## Chapitre 2

### 1 L'état cristallin

Quelles sont les affirmations correctes sur l'état cristallin ?

- a. Tous les solides sont à l'état cristallin.
- b. La répétition périodique d'une maille élémentaire dans toutes les directions de l'espace forme un réseau cristallin.
- c. La maille élémentaire des cristaux du sel de table est du type cubique simple.
- d. La diversité des cristaux est liée à une possible infinité de formes géométriques des mailles élémentaires.

### 2 Structure et propriétés des cristaux cubiques

→ FICHE 5

Quelles sont les affirmations correctes au sujet de la maille ?

- a. Une maille cubique simple possédant huit sommets, le nombre d'entités pour cette maille est au minimum de huit.
- b. Plus la compacité d'une maille est grande, moins elle comporte de vides.
- c. La masse volumique d'un cristal est le volume de sa maille divisé par la masse de celle-ci.
- d. La compacité d'une maille est définie par le rapport du volume des entités sur le volume de la maille.

### 3 Les cristaux dans la nature

→ FICHE 6

1. Parmi les affirmations suivantes, lesquelles sont correctes ?

- a. Un minéral dont la maille élémentaire est cubique aura toujours la forme d'un cube à l'échelle macroscopique.
- b. Une roche est toujours formée de plusieurs cristaux d'un même minéral.
- c. Les roches volcaniques contiennent du verre, car elles se solidifient rapidement à partir d'une lave.
- d. Chez les êtres vivants, les structures cristallines n'existent pas.

2. Parmi les affirmations suivantes, lesquelles sont correctes ?

- a. Si un minéral de composition chimique donnée existe à l'état cristallin, alors il ne peut pas exister à l'état amorphe.
- b. Le granite est une roche qui s'est solidifiée très lentement car tous les éléments présents dans le magma ont eu le temps de s'organiser en réseaux cristallins.
- c. On peut dire qu'une roche est formée de plusieurs cristaux ou de plusieurs minéraux, car la définition de ces deux termes est identique.

### 4 Réviser le cours en huit questions flash

→ FICHES 1 à 3

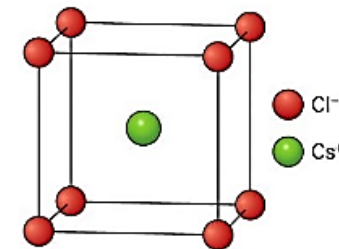
1. Quelle est la principale caractéristique de l'état cristallin ?
2. Comment s'appelle la plus petite structure d'un réseau cristallin ?
3. Comment qualifie-t-on un matériau dont la structure atomique n'est pas ordonnée ?
4. Quelle structure aura une roche issue d'un magma qui se refroidit lentement ?
5. À quoi correspond la compacité d'une maille élémentaire ?
6. Qu'est-ce qu'un cristal ?
7. Quels types de constituants solides peuvent former une roche ?
8. Où peut-on trouver des structures cristallines chez les organismes biologiques ?

### 5 Propriétés d'un cristal à maille cubique simple

→ FICHE 5

Le chlorure de césium peut être décrit en considérant une maille cubique simple dont les sommets sont occupés par des ions chlorure  $\text{Cl}^-$  (de rayon  $R_{\text{Cl}} = 181 \text{ pm}$ ) et dont le centre est occupé par un ion césium  $\text{Cs}^+$  ( $R_{\text{Cs}} = 169 \text{ pm}$ ).

#### Doc Maille d'un atome de césium



On donne les valeurs suivantes :

- côté de la maille :  $a = 404 \text{ pm}$  (1 picomètre =  $10^{-12} \text{ m}$ ) ;
- nombre d'Avogadro :  $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  ;
- masse molaire de l'ion césium  $\text{Cs}^+$  :  
 $M_{\text{Cs}} = 133 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;
- masse molaire de l'ion chlore  $\text{Cl}^-$  :  $M_{\text{Cl}} = 35,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

1. a. Déterminer le nombre d'ions  $\text{Cl}^-$  et  $\text{Cs}^+$  par maille.
- b. La maille du chlorure de césium est-elle électriquement neutre ?
2. Calculer la compacité de la maille du chlorure de césium afin d'en déduire le pourcentage de vide.
3. Calculer la masse volumique du chlorure de césium.

## 7 Masse volumique d'un cristal de glace

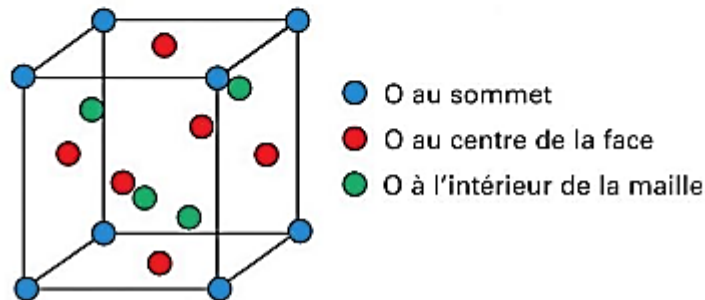
→ FICHE 5

L'une des variétés cristallisées de la glace a la structure représentée ci-dessous où seuls les atomes d'oxygène (O) ont été représentés, avec huit atomes aux sommets, six au centre des faces et quatre à l'intérieur de la maille.

On donne les valeurs suivantes :

- côté de la maille :  $a = 637 \text{ pm}$  (1 picomètre =  $10^{-12} \text{ m}$ ) ;
- nombre d'Avogadro :  $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  ;
- masse molaire d'une molécule d'eau :  $18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

### Doc Disposition des atomes d'oxygène dans la maille de glace



1. Déterminer le nombre d'atomes d'oxygène par maille.
2. Sachant que le nombre de molécules d'eau par maille est identique au nombre d'atomes d'oxygène par maille, calculer la masse volumique d'un cristal de glace. Quelle conclusion en tirer pour le cristal de glace par rapport à l'eau liquide ?



# Corrections

## 1 L'état cristallin

### Réponse b

L'affirmation **a.** est fausse, car certains solides sont amorphes : les entités qui les composent ne montrent pas l'organisation d'une structure cristalline.

L'affirmation **c.** est fausse, car les cristaux de sel de table ont une maille cubique à faces centrées.

L'affirmation **d.** est fausse, car il n'existe que sept formes géométriques de mailles élémentaires.

## 2 Structure et propriétés des cristaux cubiques

### Réponse b

L'affirmation **a.** est fausse, car les huit entités d'une maille cubique simple se partagent avec huit autres mailles : le nombre d'entités par maille est donc de  $8 \times 1/8$ , soit 1 entité par maille.

L'affirmation **c.** est fausse, car c'est l'inverse : la masse volumique d'un cristal est le rapport entre la masse de sa maille divisée par le volume de celle-ci.

## 3 Les cristaux dans la nature

### 1. Réponse c

L'affirmation **a.** est fausse, car une maille cubique peut s'empiler de différentes manières dans l'espace et donner un cristal macroscopique de forme géométrique différente du cube (octaédrique par exemple).

L'affirmation **b.** est fausse, une roche est bien formée de plusieurs cristaux, mais qui peuvent appartenir à différentes espèces minérales.

L'affirmation **d.** est fausse, car des structures cristallines existent dans les organismes vivants, en particulier dans les coquilles ou les squelettes.

### 2. Réponse b

L'affirmation **a.** est fausse, un minéral peut exister à l'état cristallin et à l'état amorphe selon les conditions de cristallisation, c'est le cas par exemple de la silice qui possède une forme cristallisée, le quartz, ou amorphe, l'opale.

L'affirmation **c.** est fausse, le cristal ne fait référence qu'à la structure ordonnée d'un minéral ; un minéral est défini par sa composition chimique.

## 4 Questions flash

1. L'état cristallin se caractérise principalement par l'arrangement répétitif et géométrique des entités d'un solide dans les trois directions de l'espace.

2. Le plus petit volume d'une structure cristalline est la maille élémentaire.

3. Un matériau dont la structure atomique n'est pas ordonnée est dit amorphe.

4. En se refroidissant lentement, un magma formera une roche magmatique entièrement cristallisée.

5. La compacité correspond au rapport entre le volume occupé par les entités d'une maille divisé par le volume total de celle-ci.

6. Un cristal représente la structure ordonnée d'un minéral.

7. Une roche peut être constituée de cristaux du même minéral ou de plusieurs minéraux et, dans le cas des roches volcaniques, d'un verre amorphe.

8. Des structures cristallines existent chez de nombreux organismes biologiques dans leurs squelettes (interne ou externe), dans les dents...

## 5 Propriétés d'un cristal à maille cubique simple

1. **a.** Les ions  $\text{Cl}^-$  sont situés au sommet de la maille. Ils sont partagés avec huit autres mailles et ne comptent donc chacun que pour  $1/8$  de maille : il y a donc 1 atome de  $\text{Cl}^-$  par maille. L'ion  $\text{Cs}^+$  situé au centre de la maille n'est pas partagé : il y a donc 1 atome de  $\text{Cs}^+$  par maille.

**b.** La maille du chlorure de césium est électriquement neutre, car elle contient un ion positif et un ion négatif par maille.

2. En considérant que les ions  $\text{Cl}$  ont un rayon de 181 pm et que celui de  $\text{Cs}$  a un rayon de 169 pm, le volume occupé par les ions est de :

$$V_{\text{ions}} = 1 \times \frac{4}{3} \times \pi \times (181 \times 10^{-12})^3 + 1 \times \frac{4}{3} \times \pi \times (169 \times 10^{-12})^3$$

Le volume de la maille de chlorure de césium est de :  $V_{\text{maille}} = (552 \times 10^{-12})^3 \text{ m}^3$ .

D'où une compacité  $\frac{V_{\text{ions}}}{V_{\text{maille}}}$  de 0,28 (28 %), soit 72 % de vide.

3. La détermination de la masse volumique du chlorure de césium nécessite de calculer la masse de sa maille puisque son volume est connu.

La maille de chlorure de césium ne comportant qu'une seule entité de chaque ion, on a :

$$1 \times \frac{M_{\text{Cs}}}{N_A} + 1 \times \frac{M_{\text{Cl}}}{N_A}, \text{ soit } 1 \times \frac{133 \times 10^{-3}}{6,02 \times 10^{23}} + 1 \times \frac{35,5 \times 10^{-3}}{6,02 \times 10^{23}}$$

D'où une masse volumique  $\rho = 4\,242 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

## 7 Masse volumique d'un cristal de glace

1. Les atomes d'oxygène situés aux sommets de la maille sont partagés avec huit autres mailles, ils ne comptent que pour  $1/8$  soit  $8 \times 1/8 = 1$ . Ceux qui sont situés aux milieux des faces sont partagés avec deux autres mailles, ils ne comptent que pour  $1/2$ , soit  $6 \times 1/2 = 3$ . Les atomes d'oxygène situés à l'intérieur de la maille ne sont pas partagés, donc ils comptent pour quatre atomes par maille. Il y a donc un total de  $1 + 3 + 4$ , soit huit atomes d'oxygène par maille.

2. Le calcul de la masse volumique de la glace nécessite de calculer la masse de sa maille et son volume.

Le nombre de molécule d'eau par maille étant identique au nombre d'atomes d'oxygène par maille, il y a huit molécules d'eau par maille. La masse de la maille

de la glace est de :  $8 \times \frac{M_{\text{eau}}}{N_A}$ , soit  $8 \times \frac{18 \times 10^{-3}}{6,02 \times 10^{23}}$ .

Le volume de la maille de la glace est :  $V_{\text{maille}} = (637 \times 10^{-12})^3 \text{ m}^3$ .

D'où une masse volumique  $\rho = 925 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ , soit une densité  $d = \rho/\rho_{\text{eau}}$  de 0,9.

La glace a donc une masse volumique (ou une densité) plus faible que l'eau liquide, c'est pourquoi elle flotte sur celle-ci !