

Chapitre 2

Les cristaux

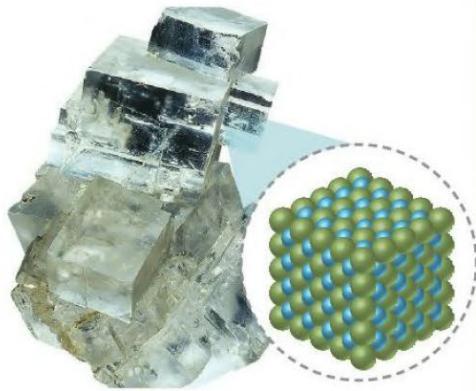
1

Les solides cristallins et les solides amorphes

- ▶ À l'échelle microscopique, les entités chimiques (atomes, ions ou molécules) constituant les **solides cristallins** s'agencent de manière ordonnée et régulière (périodique).
- ▶ À l'échelle macroscopique, cette organisation conduit à la formation de cristaux aux formes géométriques bien définies.
- ▶ Au contraire, les **solides amorphes** (le verre, par exemple) ne présentent aucune organisation particulière à l'échelle microscopique : les entités chimiques se répartissent de manière aléatoire. Les solides amorphes n'ont donc pas de forme géométrique précise.

LES SAVOIR-FAIRE À MAÎTRISER

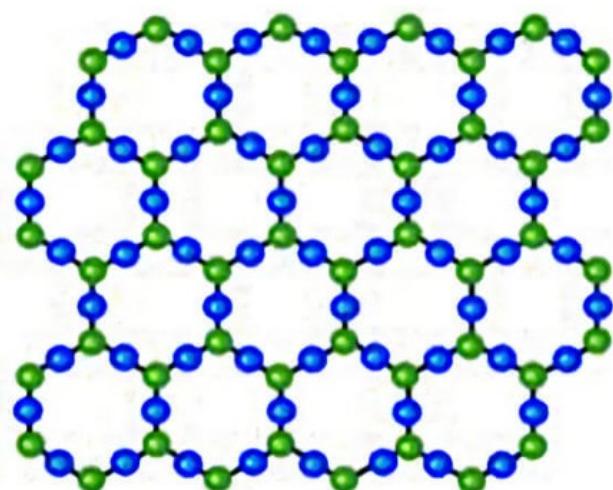
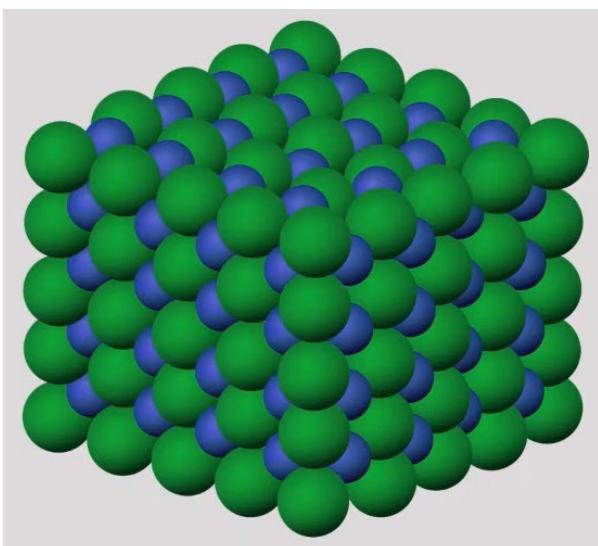
- ✓ Utiliser une représentation 3D informatisée du cristal de chlorure de sodium.
- ✓ Relier l'organisation microscopique d'un cristal à sa structure macroscopique.



Le cristal de chlorure de sodium (constituant majoritaire du sel de cuisine) est présent dans certaines roches ou est issu de l'évaporation de l'eau de mer.

Un solide cristallin (ou cristal) est un matériau solide dont les atomes, ions ou molécules sont arrangés selon une structure périodique et ordonnée en trois dimensions. Cette organisation répétitive forme une structure régulière appelée réseau cristallin, où les entités chimiques sont contenues dans des mailles élémentaires. Des exemples courants incluent le sel (chlorure de sodium), le quartz ou les diamants.

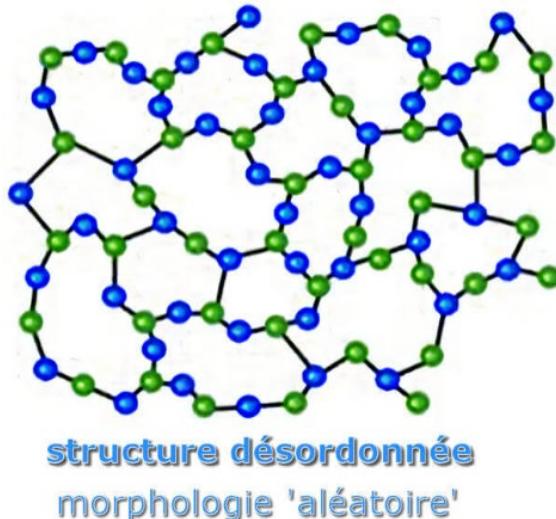
cristalline



structure ordonnée
morphologie stable et définie

Les solides amorphes sont des solides dont les atomes, ions ou molécules sont disposés de manière désordonnée, sans structure ordonnée à longue distance, contrairement aux solides cristallins. On parle également d'état vitreux pour ces matériaux qui sont formés par un refroidissement rapide d'un liquide, l'empêchant de s'organiser en un réseau cristallin. Des exemples courants incluent le verre, certains polymères, et les verres métalliques.

amorphe



2

Les types cristallins

- ▶ Les structures **cubiques simples** (a) et **cubiques à faces centrées** (b) sont deux exemples de types cristallins définis par une **maille cubique** sur laquelle les positions des entités chimiques sont différentes.
- ▶ L'organisation des types cristallins conditionne certaines des propriétés macroscopiques, dont la masse volumique.
- ▶ La **compacité C** est le rapport entre le volume des constituants de la maille et le volume de la maille :

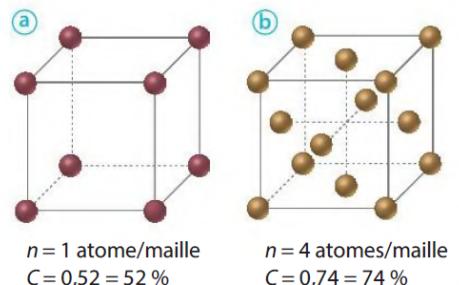
$$C = \frac{n \times V_{\text{atome}}}{a^3} = \frac{n \times \frac{4}{3} \times \pi \times r^3}{a^3}$$

Nombre d'atomes par maille Volume de l'atome (en m³) Rayon de l'atome (en m)

Longueur de l'arête de la maille (en m)

LES SAVOIR-FAIRE À MAÎTRISER

- ✓ Représenter la maille en perspective cavalière.
- ✓ Dénombrer le nombre d'atomes par maille et déterminer la compacité.
- ✓ Calculer la masse volumique d'un cristal.

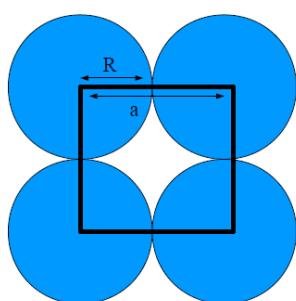


Maille : forme géométrique qui se répète de manière régulière pour former le cristal.

Type cubique à faces centrées : les atomes occupent les quatre sommets de la maille et le centre des faces.

Type cubique simple : les atomes occupent les quatre sommets de la maille.

Compacité du polonium :



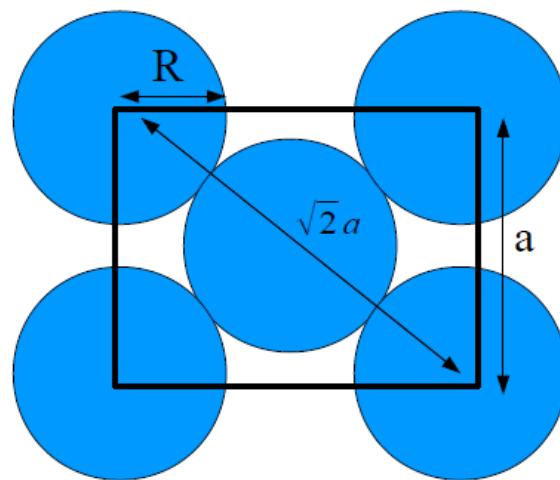
On se place dans le cadre du modèle des sphères dures tangentes .

$$V_{\text{maille}} = a^3 \quad \text{et} \quad V_{\text{motif}} = \frac{4}{3} \pi R^3$$

Tangence des plus proches voisins : $a = 2R$ d'où

$$c = \frac{1}{8R^3} \times \frac{4\pi R^3}{3} = \frac{\pi}{6} \simeq 0,52$$

Compacité pour structure cubiques à faces centrées



Volume de la maille :

$$V_{maille} = a^3$$

Volume du motif :

$$V_{motif} = \frac{4}{3}\pi R^3$$

La tangence des atomes plus proches voisins impose :

$$4R = a\sqrt{2}$$

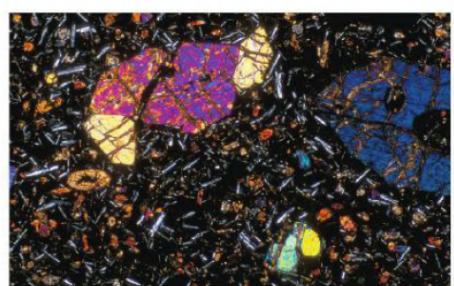
D'où la compacité :

$$c = 4 \times \frac{4}{3}\pi R^3 \times \frac{1}{16\sqrt{2}R^3} = \frac{\pi}{3\sqrt{2}} \simeq 0,74$$

3

Les roches, association de minéraux

- ▶ Une **roche** est formée de l'association d'un ou plusieurs **minéraux**, dont les propriétés dépendent de l'arrangement spatial des entités chimiques les constituant.
- ▶ Un composé de même formule chimique peut cristalliser, selon les conditions de pression et de température, en différents **polymorphes** possédant des propriétés macroscopiques différentes.
- ▶ La **structure cristalline** des roches résulte d'un **refroidissement lent** alors que la **structure amorphe** résulte d'un **refroidissement rapide**. Le basalte est un exemple de roche issue de la solidification rapide d'une lave.



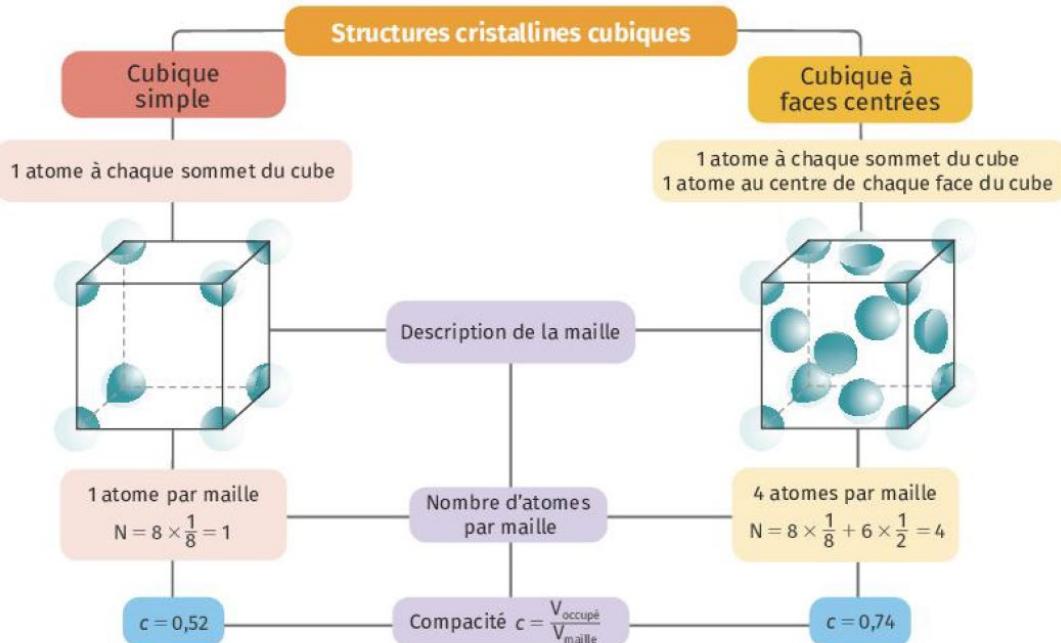
Lame mince de basalte (microscope optique, $\times 100$) : on observe du verre (en noir), quelques gros cristaux et de nombreux petits cristaux.

LES SAVOIR-FAIRE À MAÎTRISER

- ✓ Distinguer, en termes d'échelle et d'organisation spatiale, maille, cristal, minéral, roche et les identifier sur un échantillon ou une image.
- ✓ Mettre en relation la structure amorphe ou cristalline d'une roche et les conditions de son refroidissement.

Minéral : solide naturel inerte, le plus souvent cristallisé, et caractérisé par sa composition chimique ainsi que par l'agencement de ses éléments chimiques.

Deux structures cristallines communes dans la nature



Diversité des cristaux et conditions de cristallisation

Du plus petit au plus grand

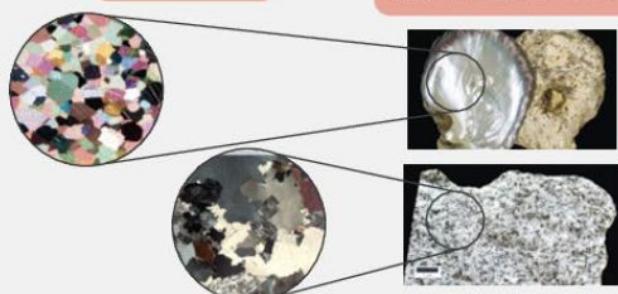
De la formule chimique...

Ex. : la calcite CaCO_3

aux cristaux...

Ex. : le quartz SiO_2

... jusqu'aux êtres vivants et aux roches.



Une cristallisation sous conditions

Un magma ou une lave



CAUSE

Un refroidissement rapide ou lent



CONSÉQUENCE

Un arrangement spatial différent selon les atomes (ex. : O ou Si)

Une même formule chimique (ex. : Al_2SiO_5)

CAUSE
Des conditions de pression et de température variables

CONSÉQUENCE
Différents systèmes cristallins possibles



Exercices

Exercice 01 .Répondre aux questions suivantes :



Mémorisation active

Pour ancrer les notions dans ma mémoire, je travaille le cours en me posant les questions ci-contre plusieurs fois dans l'année.

1. Qu'est-ce qui distingue un solide cristallin d'un solide amorphe ?

2. Qu'est-ce qu'une maille ?

3. Qu'est-ce qui détermine les propriétés macroscopiques d'un cristal ?

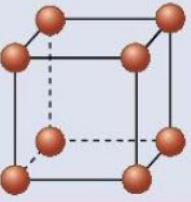
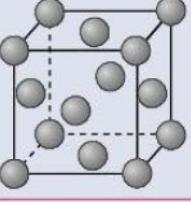
4. De quoi est composée une roche ?

5. Quelle structure obtient-on en cas de refroidissement rapide ?

Exercice 02 .Répondre aux questions suivantes :

Situations	Réflexes
Qu'est-ce qu'un cristal ?	
A quoi correspond une maille élémentaire dans un cristal ?	
Comment sont placés les différentes entités dans un réseau cubique simple ?	
Comment sont placés les différentes entités dans un réseau cubique faces centrées ?	
Qu'est-ce que la multiplicité Z d'une maille ?	
Comment calcule-t-on la masse volumique d'une maille ?	
Que mesure la compacité C d'une maille élémentaire ?	
Comment calcule-t-on la compacité d'une maille élémentaire ?	

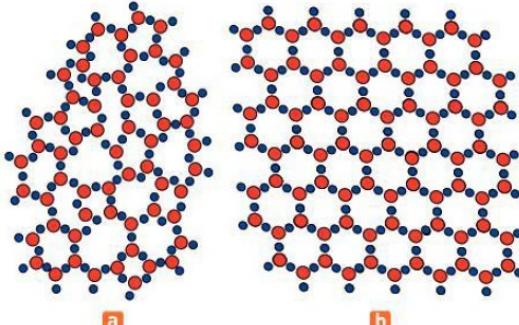
Exercice 03. Pour chaque question, choisir la ou les bonnes réponses.

	1	2	3
A - Le chlorure de sodium :	est constitué de molécules.	est un cristal.	possède une maille cubique.
B - 	Il s'agit de la maille d'une structure cubique à faces centrées.	On dénombre huit entités par maille.	On dénombre une entité par maille.
C - 	C'est une représentation en perspective cavalière.	Il s'agit de la maille d'une structure cubique simple.	On dénombre quatre entités par maille.
D - La compacité :	s'exprime en m ³ .	est toujours supérieure à 1.	est plus petite pour une structure cubique simple que pour une structure cubique à faces centrées.
E - On peut trouver des cristaux :	dans les roches.	dans les végétaux.	dans certains organes d'un être humain.

4 Connaître les notions essentielles

Recopier et compléter la phrase ci-dessous en utilisant les mots suivants : maille(s) ; roche(s) ; cristal(aux) ; minéral(aux).

Les sont formées par l'association de d'un ou plusieurs qui peuvent être décrits par la répétition d'.....

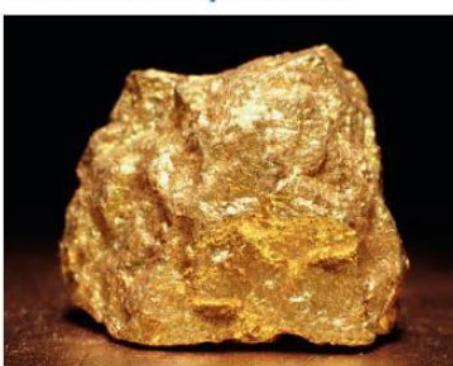


5 Reconnaître un cristal

- Laquelle des deux représentations suivantes peut correspondre à un cristal ? à du verre ? Justifier.

- Pourquoi certaines roches contiennent-elles du verre ?

6 Masse volumique de l'or



L'or est un métal constitué d'atomes de symbole Au. Sa **structure cristalline** est cubique à faces centrées.

Données : Pour l'or, paramètre de maille : $a = 408 \text{ pm}$ / Masse atomique : $m_{\text{Au}} = 3,27 \times 10^{-25} \text{ kg}$.

- Représenter** la maille en perspective cavalière.
- Déterminer** le nombre d'atomes d'or par maille.

- En déduire** la masse volumique ρ de l'or et la comparer à la valeur de référence : $\rho_{\text{Au}} = 1,93 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

 **les clés de l'énoncé**

- Le type de **structure cristalline** conditionne les propriétés macroscopiques dont la **masse volumique**.
- Le paramètre de maille a d'une maille cubique est la **longueur du côté du cube**.
- La masse atomique de l'or permet de calculer la **masse d'une maille**.

7

Masse volumique du cuivre

Le cuivre est un métal constitué d'atomes de symbole Cu qui cristallise dans la structure cubique à faces centrées.

Données : Pour le cuivre, paramètre de maille : $a = 361 \text{ pm}$ / Masse atomique du cuivre : $m_{\text{Cu}} = 1,05 \times 10^{-25} \text{ kg}$.



1. Représenter la maille en perspective cavalière.
2. Déterminer le nombre d'atomes de cuivre par maille.
3. En déduire la masse volumique du cuivre et la comparer à la valeur de référence : $\rho_{\text{Cu}} = 8,9 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

11

Structure cristalline du polonium

Les cristaux de polonium sont constitués d'atomes organisés selon la structure cubique simple.

1. a. Représenter en perspective cavalière la maille du cristal de polonium.
- b. Déterminer le nombre d'atomes de polonium par maille.
2. a. En considérant les atomes sphériques et tangents, établir la relation entre le paramètre de maille a_{Po} et le rayon R des atomes de polonium.

- b. En déduire par un calcul la compacité du polonium.
3. Déterminer la valeur de la masse volumique ρ_{Po} du polonium et comparer cette valeur à la valeur de référence $\rho_{\text{Po}} = 9,15 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

Données : Pour le polonium, paramètre de maille :

$a_{\text{Po}} = 336 \text{ pm}$ /

Masse atomique du polonium : $m_{\text{Po}} = 3,47 \times 10^{-25} \text{ kg}$.

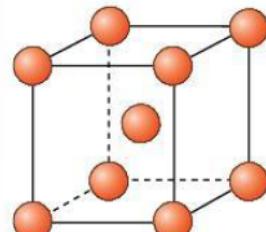
Prépa
BAC

CONTROLE CONTINU

13 Structures cristallines du fer

À la pression atmosphérique, le fer existe sous différentes structures cristallines selon la température. En dessous de 910 °C, le fer est sous la forme dite α (figure). Entre 910 et 1 394 °C, le fer est dit fer γ , sa structure est cubique à faces centrées.

1. La maille du fer α est-elle celle d'une structure cubique simple ? Pourquoi ?
2. a. Représenter en perspective cavalière la maille du cristal de fer γ .
- b. Déterminer le nombre d'atomes par maille.
3. a. En considérant les atomes sphériques et tangents dans la maille du fer γ , établir la relation entre le paramètre de maille $a_{\text{Fe}\gamma}$ et le rayon R des atomes de fer.
- b. En déduire par un calcul la compacité du fer γ .
- c. La structure des cristaux de nickel est aussi cubique à faces centrées. Quelle est la valeur de sa compacité si l'on considère les atomes de nickel sphériques et tangents ? Justifier.
4. a. Déterminer la valeur de la masse volumique ρ_γ du fer γ .
- b. Comparer cette valeur à celle de la masse volumique du fer α : $\rho_\alpha = 7,53 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Conclure.



Maille du fer α .

Données : Paramètre de maille du fer γ : $a_{\text{Fe}\gamma} = 365 \text{ pm}$ / Masse atomique du fer : $m_{\text{Fe}} = 9,28 \times 10^{-26} \text{ kg}$.