

COURS

Des édifices ordonnés : les cristaux

1^{re}

Programme d'enseignement scientifique de première générale — BO 2023 n°25 — MENE2312806A

Le verre d'une fenêtre est dur, transparent et cassant — et ce n'est pas un **cristal**. Le sel de table, lui, en est un, sans être ni beau ni rare. Ce qui fait un cristal n'est ni l'aspect ni la dureté : c'est la **répétition régulière** d'un motif dans les trois directions de l'espace.

1 Maille, motif, réseau

DÉFINITION

Le **motif** est le groupe d'atomes qui se répète ; la **maille** est le plus petit volume dont la répétition par translation engendre tout le **cristal**. Le réseau est l'ensemble des positions ainsi obtenues. Décrire un cristal, c'est donc décrire une maille et un motif — le reste s'en déduit par répétition, sans autre information.

RÈGLE

Un **cristal** se définit par la répétition régulière d'un **motif**, non par sa beauté ni par sa dureté. Une matière dépourvue de cet ordre à grande distance est dite **amorphe** : c'est le cas du verre, dont les atomes sont figés sans arrangement périodique.

$$\text{cristal} = \text{ordre périodique} \cdot \text{amorphe} = \text{désordre figé}$$

LE PIÈGE QUI COÛTE LE PLUS DE POINTS

Compter les atomes d'une maille comme s'ils lui appartenaient tous en entier. — Un atome placé à un **sommet** est partagé entre **huit** mailles voisines, un atome sur une **face** entre deux. Compter huit atomes pour un cube à sommets occupés donne un résultat huit fois trop grand, et fausse aussitôt la **compacité** comme la **masse volumique**. Le partage n'est pas une subtilité : c'est le calcul lui-même.

Le réflexe : Attribuer un **huitième** par sommet, une **moitié** par face, un entier au centre.

EXEMPLE

Combien d'atomes une maille cubique à faces centrées contient-elle réellement ?

- ① Huit sommets, chacun comptant pour un huitième :
 $8 \times 0,125 = 1$
- ② Six faces, chacune comptant pour une moitié :
 $6 \times 0,5 = 3$
- ③ On additionne :
 $1 + 3 = 4$

Quatre atomes par maille, et non quatorze comme le suggère le dessin.

2 Compacité

DÉFINITION

La **compacité** est la fraction du volume de la maille réellement occupée par les atomes, ceux-ci étant assimilés à des sphères. C'est un rapport de volumes : sans unité, toujours inférieur à 1. Elle mesure l'efficacité de l'empilement, et deux structures du même élément peuvent avoir des compacités très différentes.

$$\text{compacité} = \frac{V_{\text{atomes}}}{V_{\text{maille}}}$$

PROPRIÉTÉ

Dans une structure cubique simple, les atomes se touchent le long de l'arête : l'arête vaut deux rayons, la maille contient un atome, et la **compacité** vaut environ 0,52. Dans une structure cubique à faces centrées, les atomes se touchent le long de la diagonale d'une face : la maille en contient quatre, et la compacité monte à environ 0,74 — l'empilement le plus dense possible pour des sphères identiques.

3 Des cristaux partout

PROPRIÉTÉ

Un **minéral** est un solide naturel, de composition chimique définie et d'organisation **cristalline** : c'est un cristal au sens de ce chapitre. Une roche est un assemblage de tels minéraux. La taille de ces cristaux renseigne sur l'histoire de la roche : un refroidissement **lent** en profondeur laisse le temps aux cristaux de grossir, un refroidissement **rapide** en surface donne de très petits cristaux, voire un verre volcanique **amorphe**. Le vivant cristallise également — les coquilles et les squelettes calcaires sont bâtis sur des cristaux de carbonate de calcium.

CALCULER UNE COMPACITÉ OU UNE MASSE VOLUMIQUE

- ① Dénombrer les atomes **réellement** contenus dans la maille, partages compris.
- ② Exprimer l'**arête** de la maille en fonction du rayon des atomes.
- ③ Calculer le volume occupé par les atomes, puis celui de la maille.
La compacité est le rapport des deux : sans unité, et inférieure à 1.
- ④ **Diviser** la masse contenue dans la maille par son volume pour obtenir une **masse volumique**.
- ⑤ Vérifier l'**ordre de grandeur** du résultat avant de conclure.

À VÉRIFIER

- Ai-je défini le **cristal** par la périodicité, non par l'apparence ?
- Ai-je compté les atomes en tenant compte des **partages** ?
- Ai-je exprimé l'arête en fonction du rayon avant de calculer ?
- Ai-je vérifié que la **compacité** est inférieure à 1 ?
- Ai-je relié la taille des cristaux à la vitesse de refroidissement ?

À RETENIR

- **Cristal** = répétition périodique d'un **motif**. Ni beauté ni dureté.
- **Amorphe** : pas d'ordre à grande distance. Exemple : le verre.
- Atome de sommet = $1/8$; atome de face = $1/2$; centre = 1.
- Cubique simple : 1 atome par maille, **compacité** $\approx 0,52$.
- Cubique à faces centrées : 4 atomes, compacité $\approx 0,74$.
- La compacité est sans unité et toujours inférieure à 1.
- Refroidissement lent $\rightarrow$ gros cristaux ; rapide $\rightarrow$ petits ou verre.
- Un **minéral** est un cristal naturel ; une roche en assemble plusieurs.