Chapitre 2 : Les solides cristallins

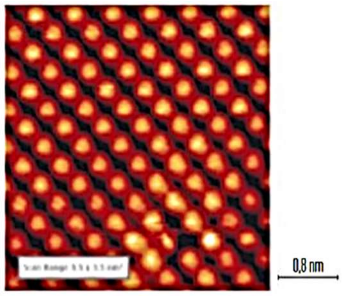
La matière peut s'organiser en structures régulières, constituées de cristaux, omniprésents dans notre environnement. L'état cristallin revêt une importance majeure, tant pour la connaissance de la nature (minéraux et roches, squelettes, …) que pour ses applications techniques.

I) La structure cristalline du chlorure de sodium

Un solide est constitué d'entités chimiques (atomes, ions ou molécules) qui, liées entre elles, lui donnent une forme propre. Si le sel et le verre sont tous deux des solides, l'étude de leur structure microscopique révèle des différences.

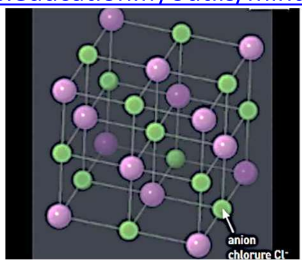
<u>Activité introductive :</u>

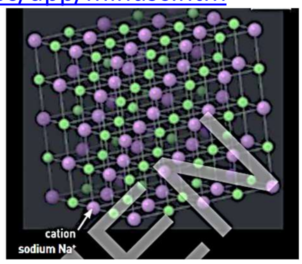
<u>Document 1</u> : Cristaux de chlorure de sodium à l'échelle macroscopique, microscopique et nanoscopique



Seuls les ions Cl- sont visibles. Les ions Na^+ sont trop petits.

<u>Document 2</u> : La structure du cristal de chlorure de sodium
http://www.librairiedemolecules.education.fr/outils/minusc/app/minusc.htm





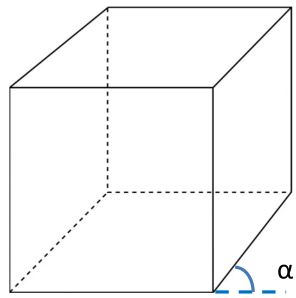
1) Indiquer quelle forme géométrique simple se retrouve dans le cristal de chlorure de sodium aux différentes échelles proposées. (doc 1)
   Cubique
2) Préciser quelle est la forme géométrique de la maille conventionnelle. Indiquer comment se répartissent les ions sodium Na^+ et chlorure Cl^- dans la maille conventionnelle (sommet, arrête, centre d'une face). (doc2).
   La forme géométrique de la maille est cubique. Les ions sodium sont situés à chaque sommet et au centre de chaque face. Les ions chlorures sont situés au milieu de chaque arête et au centre du cube.
3) Comparer le cristal et la maille conventionnelle. (Doc 1 et 2).
   Le cristal a une forme cubique comme la maille. Pour obtenir un cristal, on prend la maille (motif élémentaire) et on le duplique dans les 3 directions de la même façon.

<u>À retenir :</u>

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

II) Les caractéristiques de la structure cristalline cubique

1) Règles de la perspective cavalière

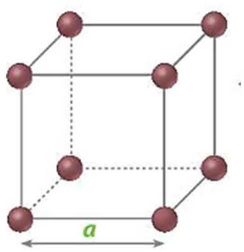


- ✓ les fuyantes, c'est-à-dire les droites perpendiculaires au plan frontal, sont parallèles entre elles et forment un angle α avec toute droite horizontale du plan frontal. Cet angle est appelé angle de fuite.
- ✓ toute longueur sur une fuyante est multipliée par un coefficient k, appelé coefficient de perspective. Ce coefficient est compris entre 0 et 1

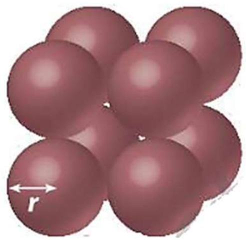
2) Compacité et masse volumique

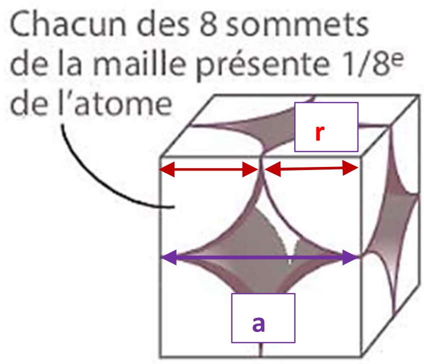
a) Structure cristalline de type cubique simple

Perspective cavalière



Modèle compact





Condition de tangence :
a = 2r

1) Combien y a-t-il d'entités N dans une maille ?

N = 1/8 x 8 = 1 entité par maille

2) Donner l'expression de a en fonction de r (condition de tangence).

D'après le schéma, a = 2r

3) Donner l'expression du volume $V_{entité}$ d'une entité (sphère) ?

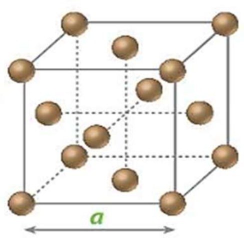
$V_{entité} = \frac{4}{3} \times \pi \times r^3$ avec r le rayon de la sphère

4) Donner l'expression du volume V_{maille} d'une maille (cubique) ?

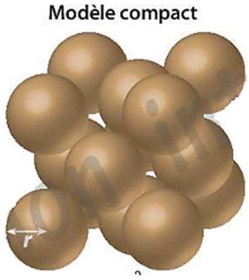
$V_{maille} = a^3 = (2r)^3 = 8r^3$

b) Structure cristalline de type cubique à faces centrées

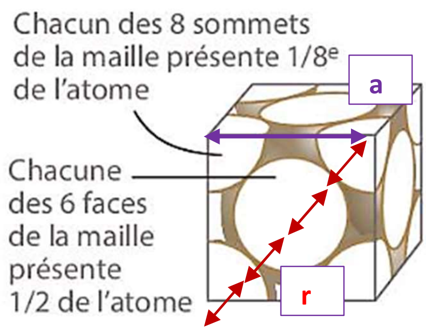
Perspective cavalière



Modèle compact



Condition de tangence :
$a = \frac{4}{\sqrt{2}} r$



1) Combien y a-t-il d'entités N dans une maille ?

N = 6 x ½ + 8 x 1/8 = 3 + 1 = 4 entités par maille

2) Donner l'expression de la diagonale du carré (en rouge) en fonction de a.

D'après le théorème de Pythagore, on a : $a^2 + a^2 = 2a^2$ =hypoténuse^2 donc hyp = $\sqrt{2} \times a$

3) Donner l'expression de a en fonction de r (condition de tangence).

$\sqrt{2} \times a = 4r$ donc $a = \frac{4}{\sqrt{2}} r$

4) Donner l'expression du volume $V_{entité}$ d'une entité (sphère) ?

$V_{entité} = \frac{4}{3} \times \pi \times r^3$ avec r le rayon de la sphère

5) Donner l'expression du volume V_{maille} d'une maille (cubique) ?

$V_{maille} = a^3 = (\frac{4}{\sqrt{2}} r)^3 = (\frac{4}{\sqrt{2}})^3 \times r^3$

c) Compacité

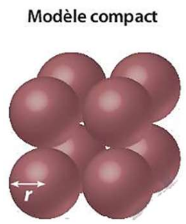
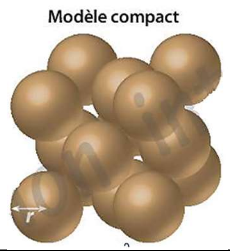
La compacité est le rapport entre le volume des constituants de la maille et le volume de la maille :

$$\boxed{C = \frac{N \times V_{entité}}{V_{maille}}}$$ où N est le nombre d'entités par maille.

Or, $V_{entité} = \frac{4}{3} \times \pi \times r^3$ où r est le rayon de l'atome
Et $V_{maille} = a^3$ où *a* est le paramètre de la maille (côté du cube)

D'où $$\boxed{C = \frac{N \times \frac{4}{3} \times \pi \times r^3}{a^3}}$$

Exemples : Calculer la compacité des deux types de structures cristalline

	Structure cubique simple	Structure cubique à faces centrées
Maille		
Nombre d'entités par maille N	1	4
Valeur de a en fonction de r	a = 2r	a = $\frac{4}{\sqrt{2}}$ r
Compacité	$C = \frac{1 \times \frac{4}{3} \times \pi \times r^3}{8\, r^3} = \frac{\pi}{6}$ = 0,52	$C = \frac{4 \times \frac{4}{3} \times \pi \times r^3}{(\frac{4}{\sqrt{2}})^3 \text{ x } r^3} = \frac{16\pi}{3(\frac{4}{\sqrt{2}})^3} = 0{,}74 =$

d) Masse volumique

La masse volumique est le rapport de la masse des atomes présents dans une maille sur le volume de la maille :

$$\boxed{\rho = \frac{N \times m_{atome}}{a^3}}$$

Si la masse de l'atome est exprimée en kg et le paramètre *a* en mètres, alors ρ est en **kg.m^{-3}.**

Exemples : Calculer la masse volumique de l'atome de polonium (structure cubique simple) et de l'atome d'argent (structure cubique à faces centrées)

	Structure cubique simple (polonium, Po)	Structure cubique à faces centrées (Argent, Ag)
Masse de l'atome et Rayon de l'atome	$m_{polonium}$ = 3,47 x 10^{-25} kg $r_{polonium}$ = 0,168 nm	m_{argent} = 1,79 x 10^{-25} kg r_{argent} = 0,145 nm
Nombre d'entités par maille	**1**	**4**
Valeur de a en fonction de r	a = 2r	a = $\frac{4}{\sqrt{2}}$ r

Masse volumique	$\rho = \frac{1 \times m_{atome}}{8 * r^3} = \frac{1 \times 3{,}47 * 10^{-25}}{8 * (0{,}168 * 10^{-9})^3}$ = 9 148 kg.m^{-3}	$\rho = \frac{4 \times m_{atome}}{(\frac{4}{\sqrt{2}}\ \mathrm{r})^3} = \frac{4 \times 1{,}79 * 10^{-25}}{(\frac{4}{\sqrt{2}} * 0{,}145 * 10^{-9})^3}$ = 10 379 kg.m^{-3}

Quelques vidéos utiles :

Bilan