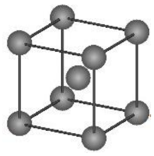


Première
Enseignement Scientifique

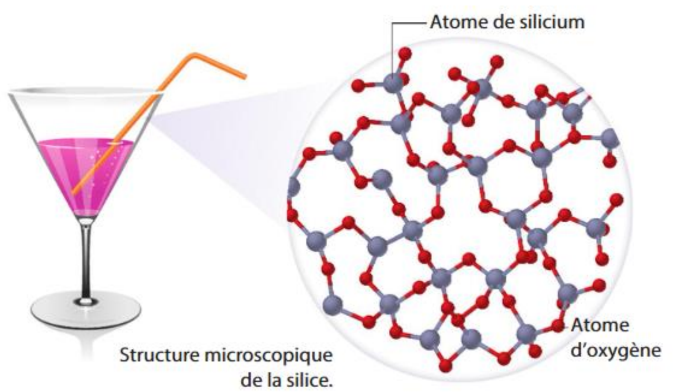
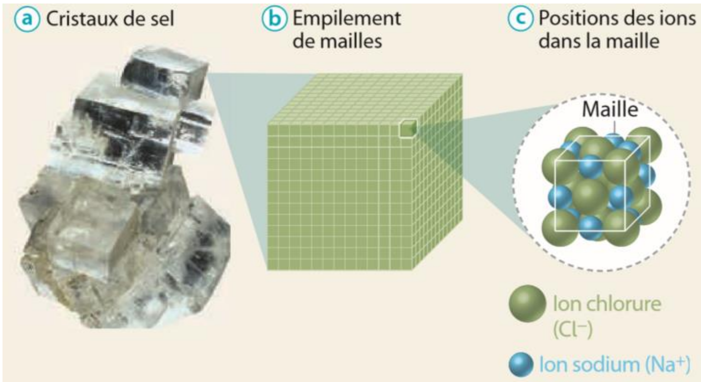
*Thème* : Une longue histoire de la matière

Chapitre 5 : **Les cristaux**

Les cristaux englobent les pierres précieuses, mais également des composés plus communs comme des flocons de neige, des grains de sucre ou les métaux. La science qui étudie les cristaux s'appelle la …………………………………….
Ses applications sont innombrables, comme la mise au point de matériaux pour le stockage informatique ou pour les écrans plats de télévision.

## I Les solides cristallins et les solides amorphes

Un **solide** est constitué ………………………………………… (atomes, ions, molécules) qui sont ……………… …………………… et donnent une forme particulière au solide. Si on s'intéresse à l'organisation des entités à l'……………………………………….. , on peut distinguer deux catégories de solides, dont voici des exemples :

| **Le verre** | **Le sel de cuisine** |
|---|---|
|  |  |
| Le verre est composé principalement de silice, de formule $SiO_2$. | Le sel a pour nom chimique le chlorure de sodium. Il est composé d'ions chlorure de formule $C\ell^-$ et d'ions sodium de formule $Na^+$. |

1) Quelle différence observe-t-on dans la disposition des entités chimiques entre le verre et le sel ?

…………………………………………………………………………………………………………………
…………………………………………………………………………………………………………………

2) Quelle forme géométrique reconnaît-on dans les cristaux de sel à notre échelle ? A l'échelle microscopique, qu'est-ce qui possède également cette forme géométrique ?

…………………………………………………………………………………………………………………
…………………………………………………………………………………………………………………

3) Quel solide peut être qualifié de « solide amorphe » et lequel de « cristallin » ? *Amorphe : terme venant de la racine grecque morphos (forme) associée au préfixe privatif « a » pour signifier « sans forme »*

…………………………………………………………………………………………………………………

**Un solide est constitué d'entités chimiques (atomes, ions ou molécules) ……………………………………**
**A l'échelle microscopique, on peut distinguer deux catégories de solides selon la disposition des entités qui les composent :**

- **Les <u>solides …………………………</u> (« sans forme »). Les entités chimiques sont disposées ……………………………………………………… et n'ont aucune organisation particulière.**
  **A l'échelle macroscopique, les solides amorphes n'ont ……………………………………………… ……………………………………………………**

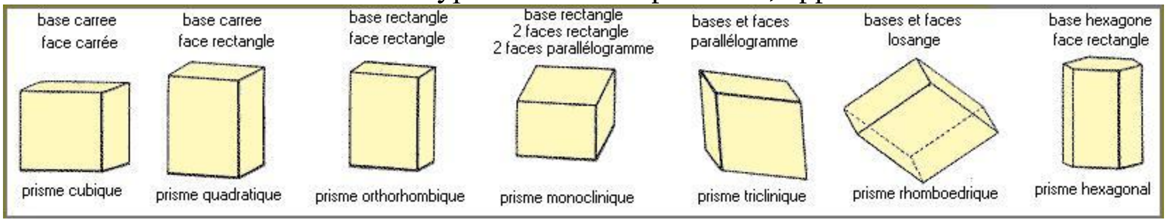
- **Les <u>solides</u> …………………………. Les entités chimiques sont disposées …………………………… …………………………………… On décrit cet agencement grâce à une ………………… , forme géométrique ……………………………………………………….. A l'échelle macroscopique, cette organisation conduit à la formation de …………………… aux formes géométriques bien précises.**

Comme le chlorure de sodium, de nombreux solides sont des cristaux.

**Un <u>cristal</u> est** ……………………………………………………………………………………… ………………………………………………………………

**La <u>maille</u> est** ………………………………………………………………………………………… ……………………………………………………………………………………………………………

Le type de cristal est défini par ……………………………………………………………………………… ……………………………………………………………… dans la maille.
Il existe sept formes de mailles et, pour chacune d'elle, plusieurs façons possibles de placer les entités chimiques à l'intérieur. On obtient au total 14 types de cristaux possibles, appelés « réseaux ».



*Les sept formes de mailles*

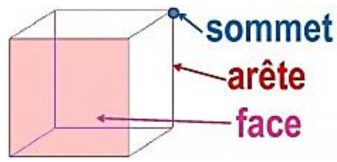
## II <u>Description des structures cristallines</u>

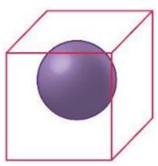
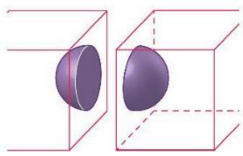
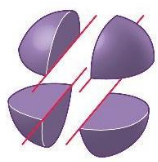
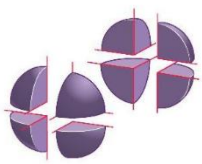
### 1) <u>Le nombre d'atomes par maille</u>

Selon sa position dans une maille, un atome peut « …………………… » sur la maille voisine, toutes les mailles étant accollées les unes aux autres.

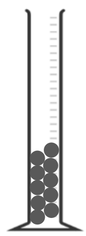
L'atome n'appartient alors pas « entièrement » à sa maille. On ne le compte pas pour « 1 » mais ……………………….. qui dépend de sa position dans la maille.

Petit rappel : le cube




| **Place de l'atome** | Au centre  | Sur une face  | Sur une arête  | Sur un sommet  |
|---|---|---|---|---|
| **L'atome est :** | entièrement dans la maille | partagé entre …… mailles | partagé entre …… mailles | partagé entre …… mailles |
| **L'atome compte pour :** | | | | |

### 2) <u>La compacité</u>

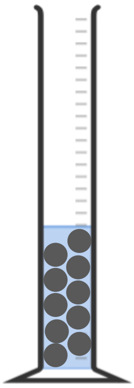


*<u>Expérience bureau</u>* : mesure de la compacité d'un réseau de billes dans une éprouvette graduée.
On verse des billes (représentant des atomes) dans une éprouvette graduée jusqu'à la graduation de 100 mL.

1) *Le volume réellement occupé par les billes est-il de 100 mL ? Pourquoi ?*

.........................................................................................................................................

Le but de l'expérience est de mesurer le volume réellement occupé par les billes puis de comparer ce volume à 100 mL.
Pour cela, on va ajouter de l'eau dans l'éprouvette avec les billes jusqu'à 100 mL. Celle-ci va « combler » les espaces vides entre les billes et on va mesurer le volume de l'eau ajoutée.



- Poser l'éprouvette graduée avec les billes sur la balance et appuyer sur la touche « tare » (m = 0 g).
- Ajouter de l'eau dans l'éprouvette graduée jusqu'à 100 mL. Mesurer la masse d'eau ajoutée : $m_{eau}$ = ..................

2) *Calculer le volume d'eau $V_{eau}$ correspondant à cette masse (masse volumique de l'eau : $\rho_{eau} = 1{,}0\ g.mL^{-1}$).*

.........................................................................................................................................
.........................................................................................................................................

3) *En déduire le volume réellement occupé par les billes $V_{billes}$.*

.........................................................................................................................................

4) *Calculer la **compacité** du réseau de billes définie par la relation :* $\mathbf{c = \dfrac{V_{billes}}{100\ mL}}$

.........................................................................................................................................

En réalité, sur les 100 mL dans l'éprouvette graduée, seul ............ de ce volume est occupé par les billes ! Le reste est de l'espace vide (en réalité dans l'expérience, rempli d'air ou d'eau).

**La compacité, notée c, est un nombre ................................ et compris entre 0 et 1. Elle représente**

.........................................................................................................................................

...................................... **Elle se calcule par la relation :**

Plus la compacité d'un cristal est grande, plus celui-ci est compact, moins il y a d'espace vide entre les atomes.

### 3) La masse volumique

La masse volumique est une grandeur macroscopique, puisqu'elle peut se mesurer à notre échelle. Cependant, il est possible de la calculer à partir de la structure microscopique de la maille.
La ................................................ dans la maille a une ...................................................
..................................................................

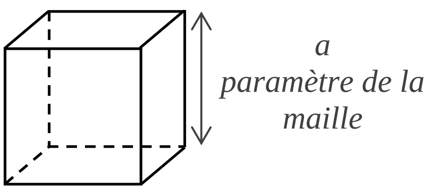
**La masse volumique ρ (lettre grecque « rhô ») se calcule par la relation :**

ρ :en $kg.m^{-3}$
masse : en kg
volume : en $m^3$

*Remarque* : « masse des atomes dans la maille » = « ................................................................. »

## III Les mailles cubiques

Les cristaux les plus simples peuvent être décrits par une **maille cubique** (en forme de cube). La longueur de ....................... de cette maille est notée **......** et se nomme le ................................................



## 1) Le réseau cubique simple (CS)

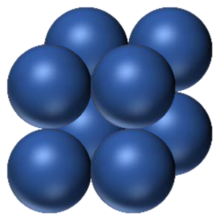
Le ………………………… est le seul métal qui cristallise dans un réseau appelé « réseau cubique simple ». C'est le premier élément découvert par …………………………………… , en juillet 1898, au cours de leurs recherches sur la radioactivité. Le mot polonium a été ainsi choisi en hommage aux origines polonaises de Marie Curie, née Maria Skłodowska.

### Description du réseau cubique simple

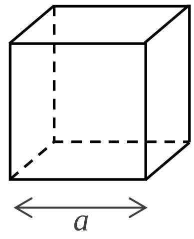
**Dans le réseau cubique simple :**

- ……………………………………………………………… ………………………………………………………………
- ……………………………………………………………… ………………………………………………………………

**Modèle compact**



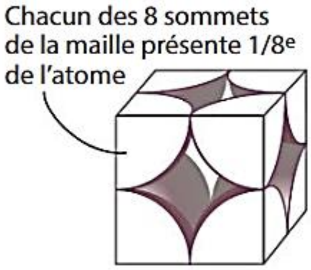
**Perspective cavalière**




### Nombre d'atomes par maille

**Nombre N d'atomes par maille pour un réseau cubique simple :**

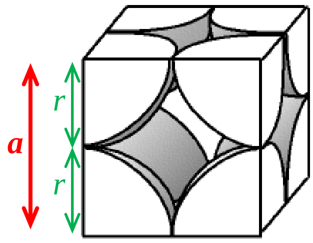
**N =**




*Remarque* : Si la question du nombre d'atomes par maille est posée, il faut justifier la réponse comme ci-dessus !

### Relation entre rayon de l'atome et paramètre de maille

Les cristaux sont réalisés par empilement d'atomes, modélisés par des sphères supposées indéformables. Certains atomes doivent donc se toucher et d'autres non. Lorsqu'ils se touchent, on dit que les atomes sont ……………………… entre eux.




Dans le réseau cubique simple, les atomes sont …………………………………… ……………………….

On trouve ainsi la relation entre le rayon de l'atome $r$ et le paramètre de maille $a$ :

### Compacité

La compacité de la structure correspond au volume occupé par les atomes par rapport au volume de la maille.

$$c = \frac{\text{Volume occupé par les atomes}}{\text{Volume de la maille}}$$

- Ici, la maille est un cube de côté $a$, donc ………………………………
- Les atomes sont des sphères. Il n'y a qu'un seul atome dans la maille du réseau cubique simple, donc le volume occupé par cet unique atome vaut ……………………..

$(2 \times r)^3 = (2 \times r) \times (2 \times r) \times (2 \times r)$
$(2 \times r)^3 = 2 \times 2 \times 2 \times r \times r \times r$
$(2 \times r)^3 = 8 \times r^3$

On obtient : c =

$$\frac{\frac{a}{b}}{c} = \frac{a}{b \times c}$$

On remplace $a$ par $2 \times r$ :

Après simplification, il reste :

### Masse volumique

Sachant que la masse de l'atome de polonium est $m = 3{,}49 \times 10^{-25}$ kg et que son rayon est $r = 1{,}68 \times 10^{-10}$ m, calculer la masse volumique ρ du polonium.

## 2) Le réseau cubique à faces centrées (CFC)

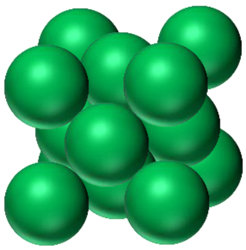
L'or, le cuivre et le fer à certaines températures cristallisent dans un réseau appelé « réseau cubique à faces centrées ».

### Description du réseau cubique à faces centrées

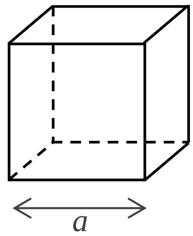
**Dans le réseau cubique à faces centrées :**

- ……………………………………………………………………
  ……………………………………………………………………
- ……………………………………………………………………
  ……………………………………………………………………

**Modèle compact**



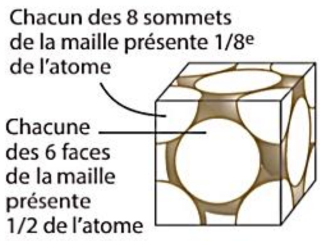
**Perspective cavalière**




### Nombre d'atomes par maille

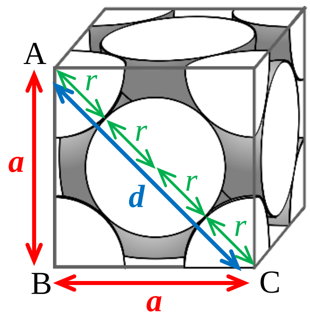
**Nombre N d'atomes par maille pour un réseau cubique à faces centrées :**

**N =**




### Relation entre rayon de l'atome et paramètre de maille

Dans le réseau cubique à faces centrées, les atomes ne se touchent pas selon l'arête du cube ! Ils sont **tangents selon la diagonale de la face du cube**.




- Sur la diagonale notée *d* de la face, on a un atome au centre de la face qui est tangent avec deux atomes aux sommets de part et d'autre.
  On a donc : ……………………………
- Dans le triangle rectangle ABC, le théorème de Pythagore donne :
  …………………………… On en déduit : …………………………
  ……………………………………………………

………………
………………… } Donc : ……………………… On en déduit :

On simplifie :

*Astuce*
multiplier en haut et en bas par $\sqrt{2}$

On obtient :

## Compacité

La compacité se calcule toujours par : $c = \dfrac{\text{Volume occupé par les atomes}}{\text{Volume de la maille}}$

- Ici, la maille est un cube de côté *a*, donc ……………………….
- Il y a **quatre** atomes dans la maille du réseau cubique à faces centrées, donc le volume occupé par ces 4 atomes vaut ………………………………

On obtient : $c =$

On remplace $a$ par $2 \times \sqrt{2} \times r$ :

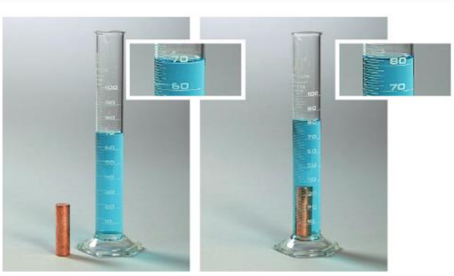
Après simplification, il reste :

C'est la structure ………………………………… qui existe.

## Masse volumique

➢ ***Expérience bureau*** **: mesure de la masse volumique d'un solide en cuivre**

- Prendre le solide en cuivre, le peser et noter sa masse : m = ………………
- Remplir la grande éprouvette graduée avec $V_{eau}$ = 60 mL d'eau.
- Plonger doucement le solide dans l'eau de l'éprouvette.
- Mesurer le nouveau volume d'eau dans l'éprouvette graduée et le noter : $V_{eau + solide}$ = ……………………




*1) Calculer le volume du solide.*

……………………………………………………………………………

*2) Calculer la masse volumique ρ du solide en cuivre en $kg.m^{-3}$.*

…………………………………………………………
…………………………………………………………
…………………………………………………………

| m³ | | | dm³ | | | cm³ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | kL | hL | daL | L | dL | cL | mL |
| | | | | | | | | |

➢ **Calcul de la masse volumique par sa structure microscopique**

*3) La masse de l'atome de cuivre est $m = 1{,}05 \times 10^{-25}$ kg et son rayon est $r = 1{,}28 \times 10^{-10}$ m, calculer la masse volumique ρ du cuivre.*

…………………………………………………………………………………………………………………
…………………………………………………………………………………………………………………
…………………………………………………………………………………………………………………
…………………………………………………………………………………………………………………
…………………………………………………………………………………………………………………

*Exercice* :
Le plomb cristallise selon une structure de type cubique à faces centrées. Calculer sa masse volumique ρ.
*Données* : rayon d'un atome de plomb : $r = 1{,}75 \times 10^{-10}$ m
masse d'un atome de plomb : $m = 3{,}44 \times 10^{-25}$ kg