

## Neuvième partie

# Les cristaux

### 1 Structure des solides cristallins parfaits

#### Groupement formulaire

- Un cristal est la répétition d'un motif élémentaire appelé **groupement formulaire**.
- Un GF peut être un atome, un ion atomique ou une molécule.
- La position du motif dans le réseau est appelée **noeud du réseau**.

#### Maille élémentaire

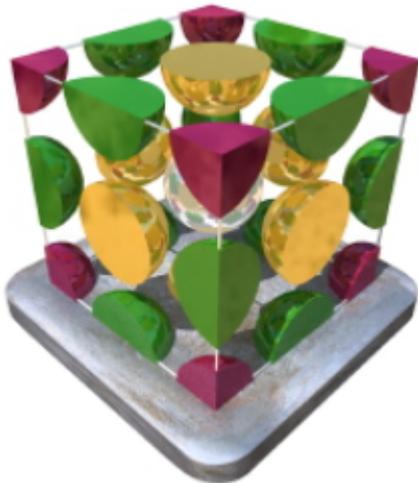
La maille élémentaire est **la plus petite unité qui se répète dans les trois directions de l'espace**. Elle est définie par 3 vecteurs élémentaires et 3 angles.

Une maille simple contient un seul groupement formulaire alors qu'une maille multiple contient en contient plusieurs. Le nombre de groupement formulaire est appelé **multiplicité de la maille**.

#### Décompte des groupements formulaires

La multiplicité  $Z$  est définie par :  $Z = \rho V N_A / M$

- Un GF à l'**intérieur** d'une maille compte pour **1**
- Un GF sur une **face** compte pour **1/2**
- Un GF sur une **arrête** compte pour **1/4**
- Un GF sur un **sommet** compte pour **1/8**



## 2 Différents types d'arrangements cristallins

### Systèmes cristallins

#### 7 systèmes cristallins

##### Cubique

$$a = b = c$$

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



##### Trigonal

$$a = b = c$$

$$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$$

*ou rhomboédrique*



##### Quadratique

$$a = b \neq c$$

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

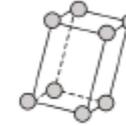


##### Monoclinique

$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha = \gamma = 90^\circ$$

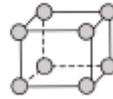
$$\beta \neq 120^\circ$$



##### Orthorhombique

$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

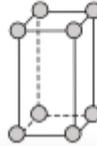


##### Hexagonal

$$a = b \neq c$$

$$\alpha = \beta = 90^\circ$$

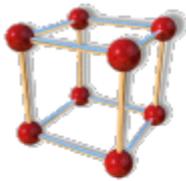
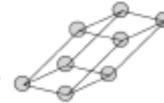
$$\gamma = 120^\circ$$



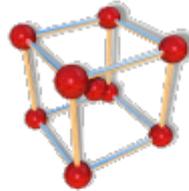
##### Triclinique

$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$$

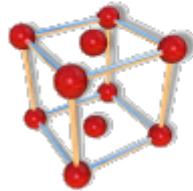


**maille simple (Z=1)**  
les groupements sont  
aux sommets

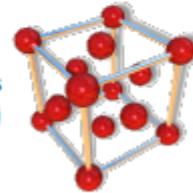


**maille centrée (Z=2)**  
un GF supplémentaire est  
situé au centre de la maille

**maille base  
centrée (Z=2)**



**maille faces  
centrées (Z=4)**



### Réseaux de Bravais

14 réseaux de Bravais

Cubique	simple, centrée, faces centrées
Quadratique	simple, centrée
Orthorhombique	simple, centrée, base centrée, faces centrées
Hexagonale	simple
Rhomboédrique	simple
Monoclinique	simple, base centrée
Triclinique	simple

## 3 Empilements compacts

### Notion de compacité

La compacité traduit les forces de cohésion du cristal. Une grande compacité permet de maximiser les forces de cohésion du cristal.

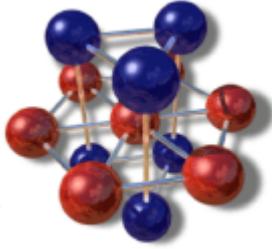
$$\text{Compacité} = \frac{\text{Volume des sphères}}{\text{Volume de la maille}} = \frac{4/3\pi R^3 \times Z}{V}$$

### Empilements compacts et non compacts

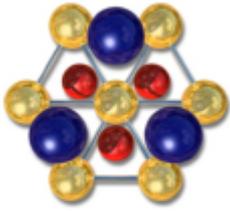
Deux types d'empilements :

— empilements **compacts** (une sphère est tangente avec toutes ses voisines)

- empilement de type hexagonal compact, Compacité = 74%



- empilement de type cubique faces centrées, Compacité = 74%

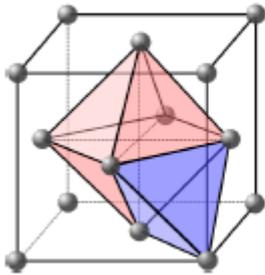


- empilement de type cubique centré, Compacité = 68%
- empilement de type cubique simple, Compacité = 52%
- empilements **non compacts** (les sphères sont tangentes dans certaines directions uniquement)

## 4 Cristaux constitués d'atome différents

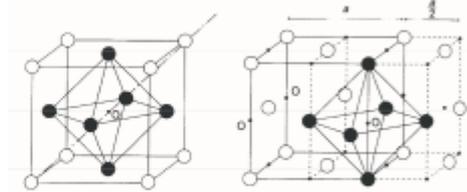
Même dans des empilements compacts, il existe des espaces vides entre les sphères. On peut y placer des entités chimiques plus petites. Ce sont les **sites interstitiels**.

### Cubique faces centrées



### 4 sites octaédriques

1 au centre de la maille + 12 au milieu des arêtes



### 8 sites tétraédriques

les sites tétraédriques sont dans la maille.  
Ils ne sont pas partagés par les mailles voisines

