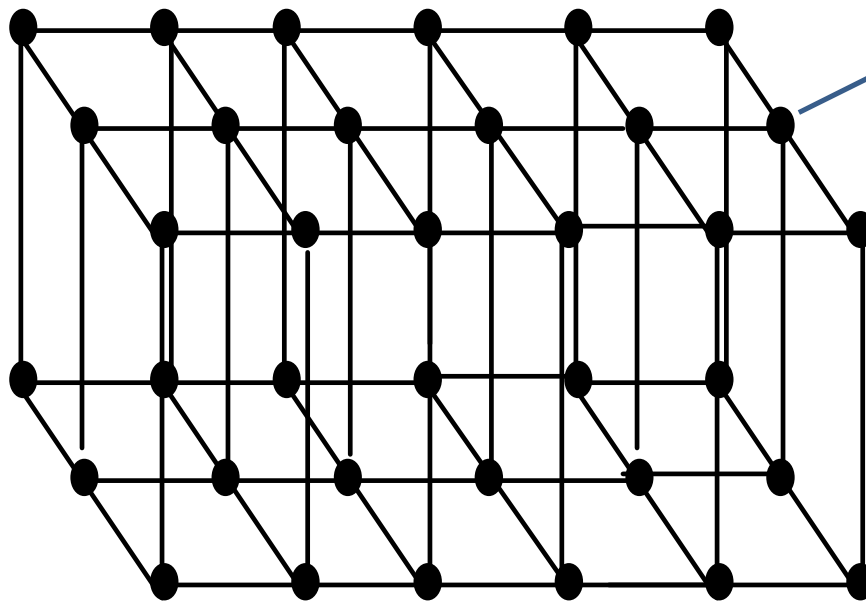


Structure cristalline

Définition :

Les cristaux sont des corps dans lesquels les particules qui les constituent sont disposées suivant une période rigoureuse en formant un motif cristallin régulier.



Motif cristallin

Atome ou
groupement d'atomes
constituant l'unité
structurale affectée à
un nœud du réseau

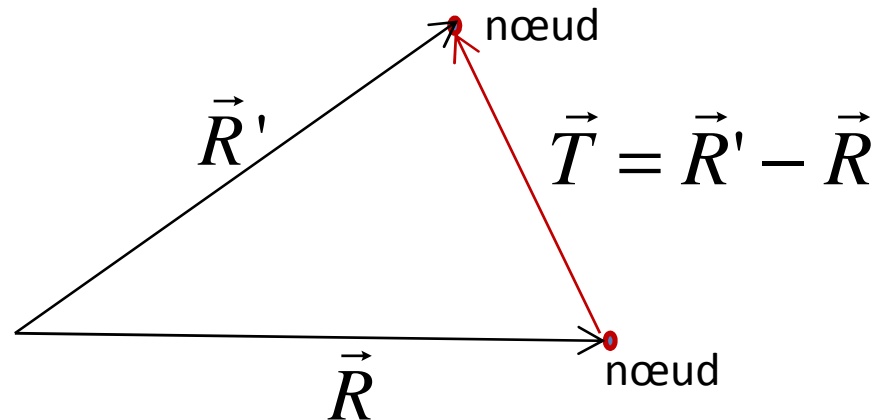
Structure cristalline

Vecteurs de translation :

$$\vec{R}' = \vec{R} + m\vec{a} + n\vec{b} + p\vec{c}$$

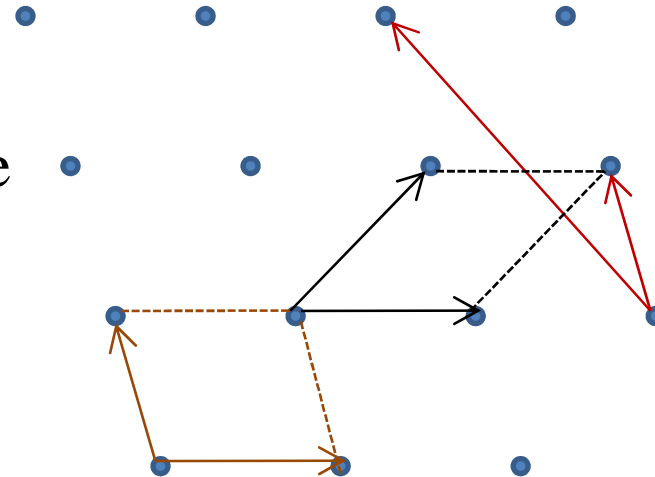
$\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$ sont 3 vecteurs de base du réseau

m, n, p sont des entiers

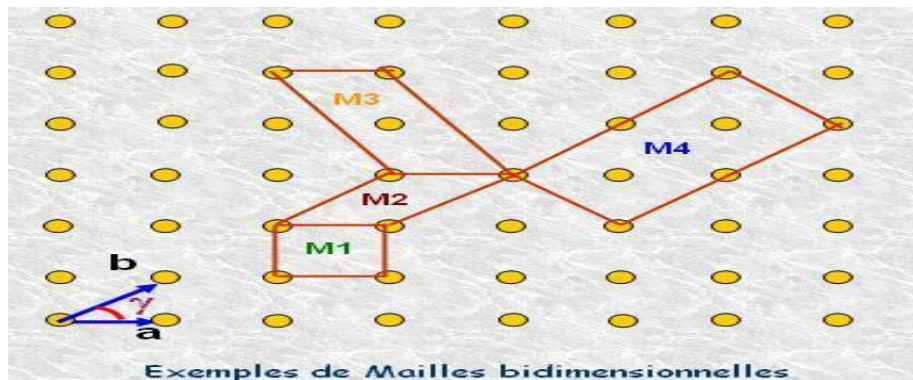


Structure cristalline

Un exemple à deux dimensions qui montre que le choix des vecteurs de base \vec{a} et \vec{b} n'est pas unique.



Les parallélogrammes associés aux vecteurs de base ont des aires égales, ils constituent les mailles primitives .

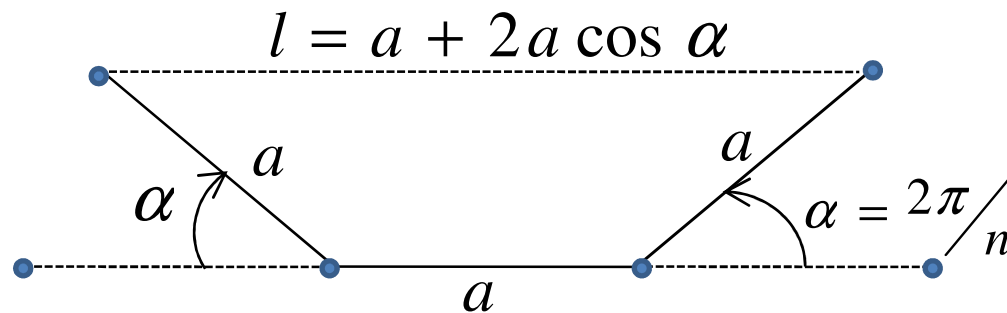


M1 et M2 sont des mailles primitives, M3 et M4 ne le sont pas.

Structure cristalline

Un réseau ne peut posséder que des axes de rotation d'ordre **un, deux, trois, quatre** ou **six**.

Démonstration :



a étant la longueur d'un élément des vecteurs de base.

l ne peut être un multiple entier de a que pour des valeurs de $\alpha = 2\pi/1$, $2\pi/2$, $2\pi/3$, $2\pi/4$ ou $2\pi/6$. D'où le résultat.

Un réseau possède un axe de rotation d'ordre n si une rotation autour de cet axe d'un angle de $2\pi/n$ laisse le cristal invariant.

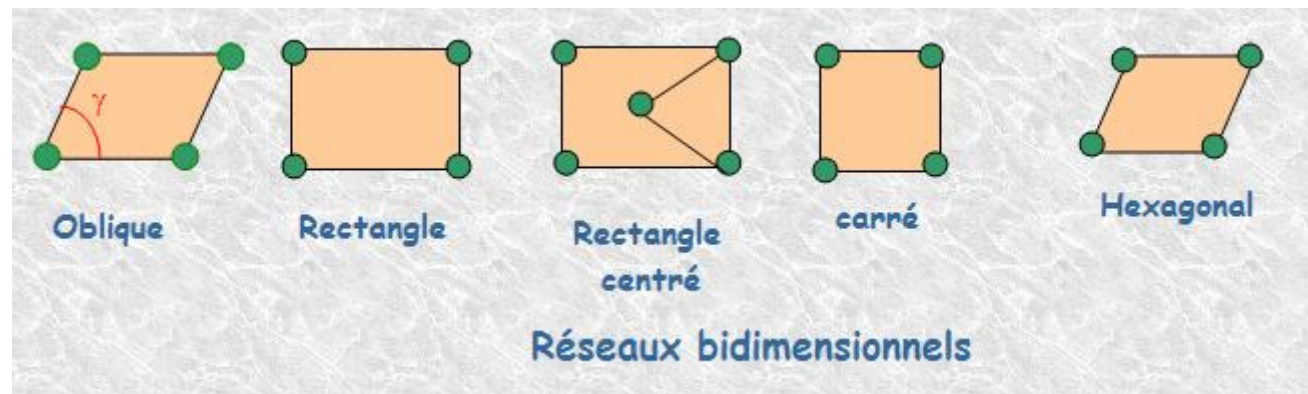
Structure cristalline

Systèmes cristallins à deux dimensions :

Il y a cinq **réseaux de Bravais** à deux dimensions compatibles avec les opérations du groupe ponctuel associé aux nœuds du réseau.

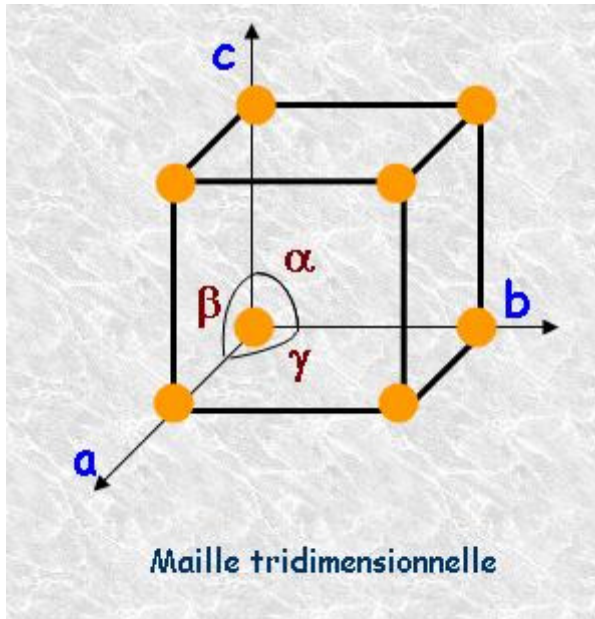
Oblique, n'est invariant que par des rotations de 2π et de $2\pi/2$

Les autres, peuvent être invariants par des rotations de $2\pi/3$, $2\pi/4$ ou $2\pi/6$ ou des symétries par rapport à un plan.



Structure cristalline

Systèmes cristallins à trois dimensions :



La distinction entre les systèmes se fait en donnant les relations qui relient les paramètres cristallins a , b , c , et les angles α , β , γ de la maille.

Il n'existe que sept possibilités correspondant aux sept systèmes cristallographiques :

Cubique, quadratique, orthorhombique, hexagonal, trigonal, monoclinique et triclinique.

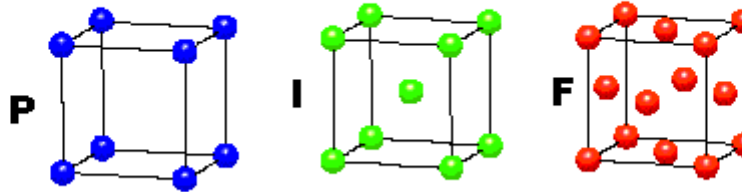
Si dans ce classement on inclut certains réseaux multiples, on obtient les 14 réseaux de bravais à trois dimensions.

Les quatorze réseaux de Bravais dans l'espace à trois dimensions

Cubique

$$a = b = c$$

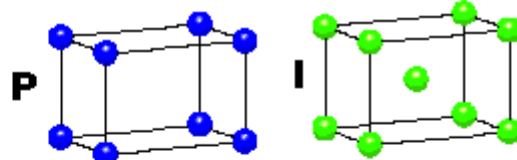
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



Quadratique

$$a = b \neq c$$

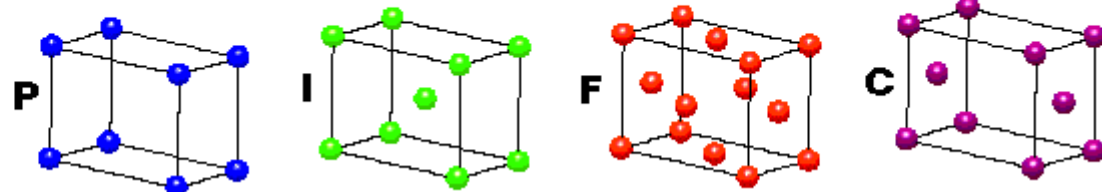
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



Orthorhombique

$$a \neq b \neq c$$

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

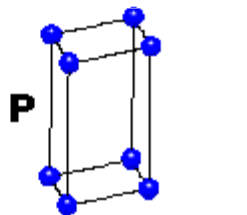


Hexagonal

$$a = b \neq c$$

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

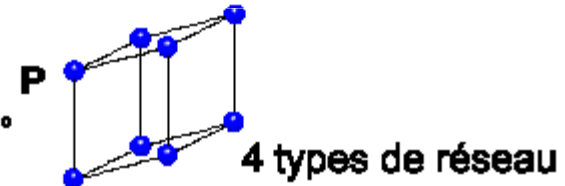
$$\gamma = 120^\circ$$



Trigonal

$$a = b = c$$

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



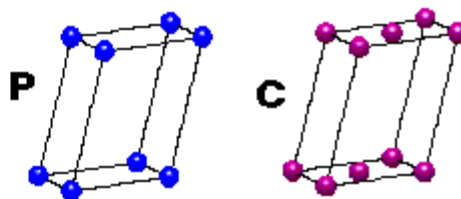
4 types de réseau

Monoclinique

$$a \neq b \neq c$$

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

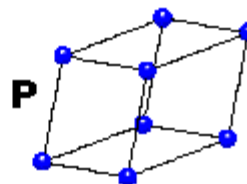
$$\beta \neq 120^\circ$$



Triclinique

$$a \neq b \neq c$$

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



4 types de réseau

- P Primitif
- I centré
- F toutes faces centrées
- C 1 face centrée

+ 7 systèmes cristallins
= 14 réseaux de BRAVAIS

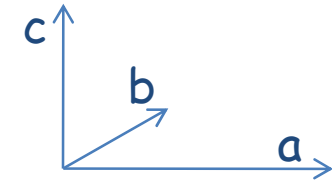
Structure cristalline

Indices de Miller :

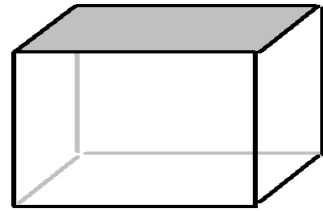
Les nœuds du réseau peuvent être regroupés en plans réticulaires. Une famille de plans parallèles entre eux sera représentée par les indices de Miller (hkl) déterminés par les règles suivantes :

1. Trouver les coordonnées des intersections du plan avec les trois axes \vec{a} , \vec{b} et \vec{c} . Ces axes peuvent être primitifs ou non primitifs.
2. Prendre l'inverse des nombres trouvés et se ramener à trois entiers, habituellement les plus petits possibles, dans le même rapport entre eux que ces inverses.

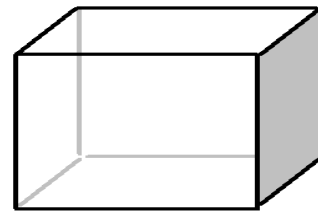
Structure cristalline



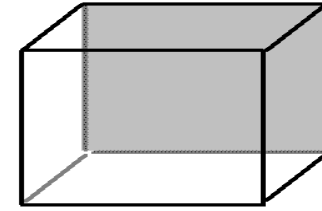
Exemples de plans réticulaires et leurs indices de Miller correspondants



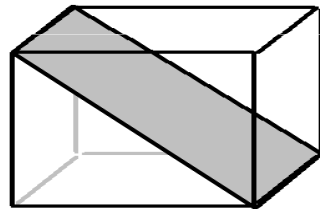
(001)



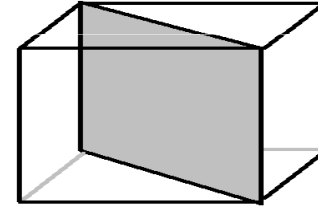
(100)



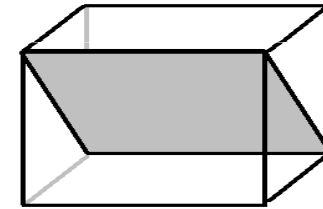
(010)



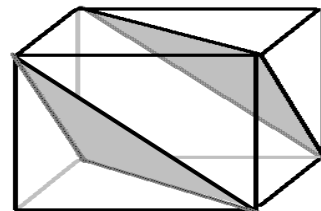
(101)



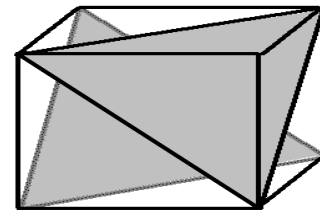
(110)



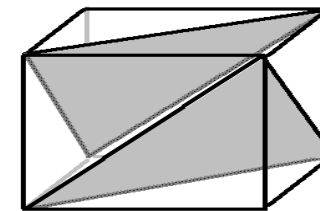
(011)



(111)



(1 $\bar{1}$ 1)

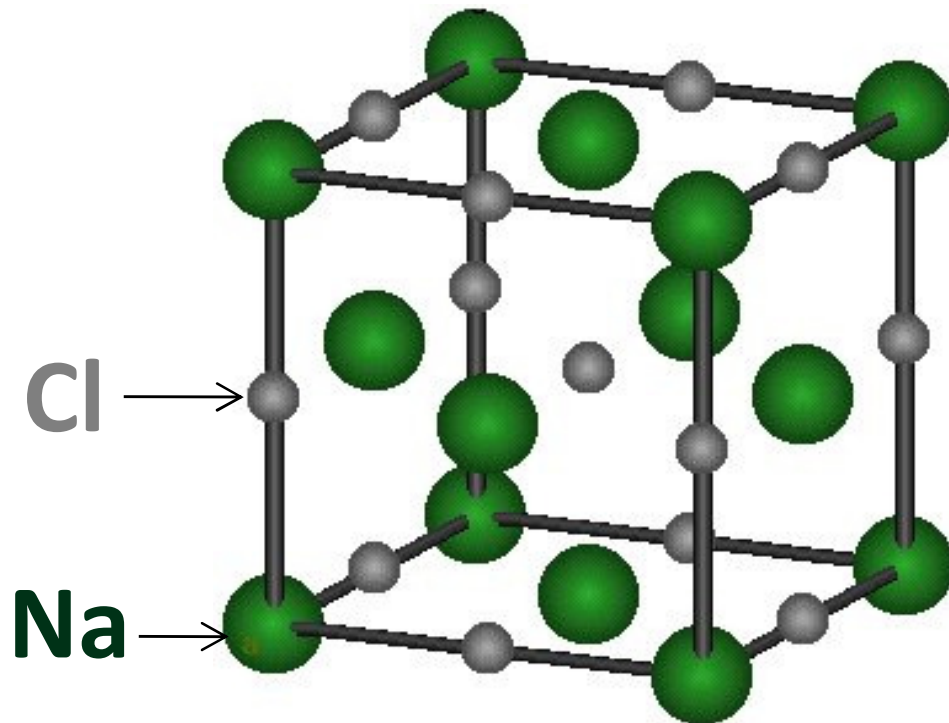


($\bar{1}$ 11)

Structure cristalline

Quelques structures cristallines simples :

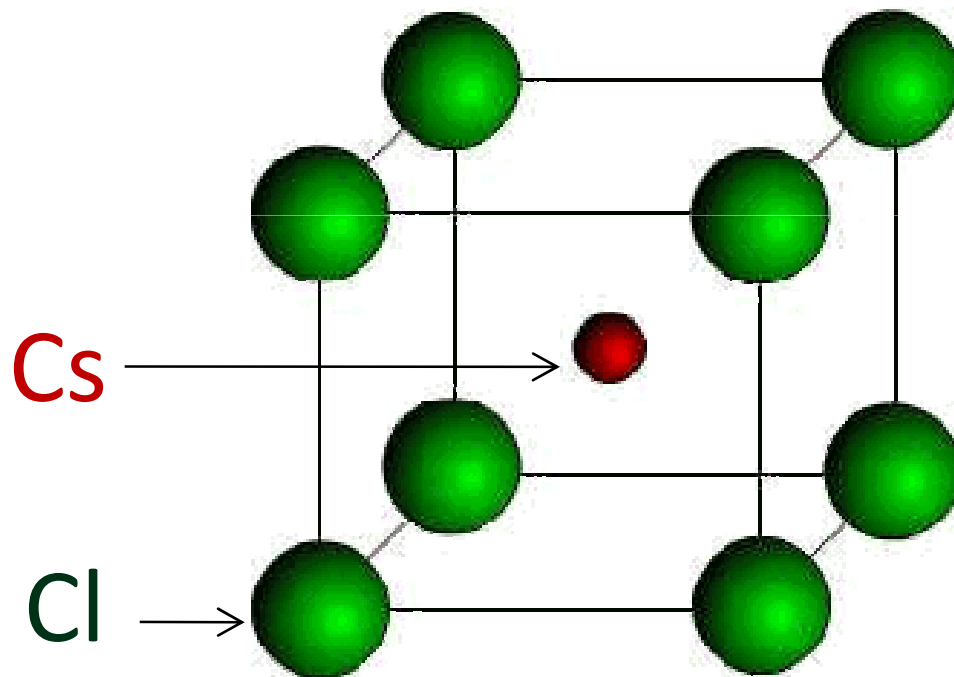
1 – Structure de chlorure de sodium :



Les ions Na⁺ et Cl⁻ placés alternativement sur les nœuds d'un réseaux cubique simple. Le réseau spatial est CFC le motif comprend un ion Cl⁻ en (0,0,0) et un ion de Na⁺ en (1/2,0,0).

Structure cristalline

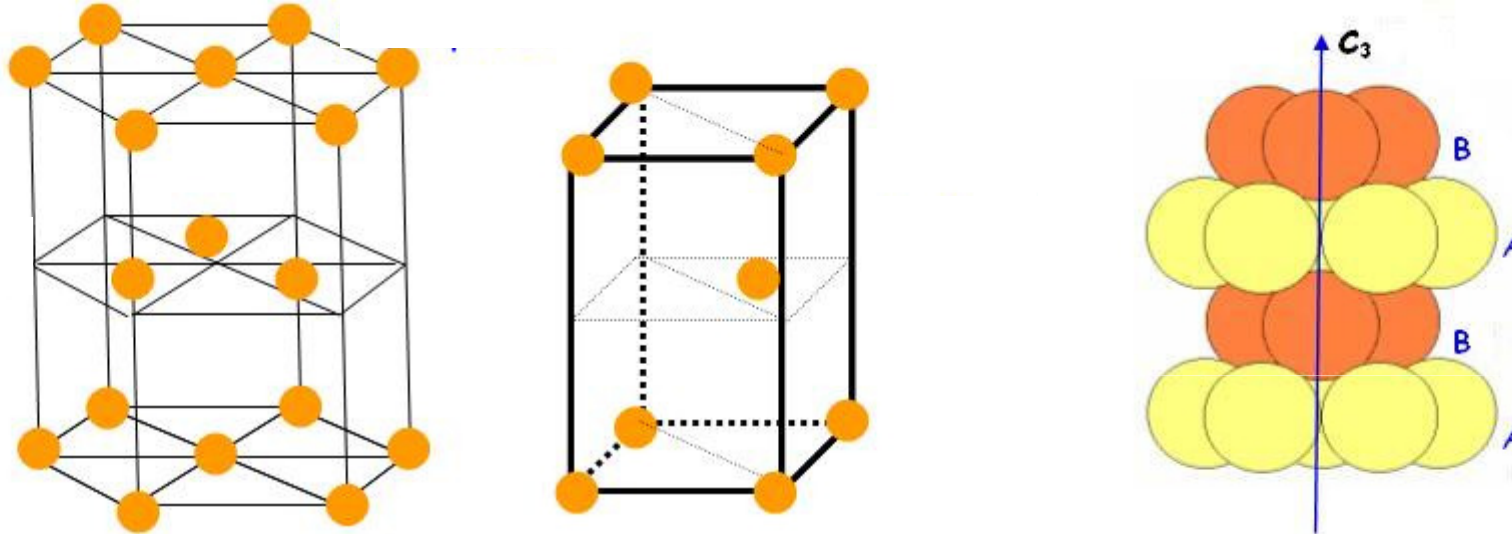
2 – Structure de chlorure de césium :



Le réseau est cubique simple, et le motif comporte un ion Cl⁻ en (0,0,0) et un ion Cs⁺ en ($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$).

Structure cristalline

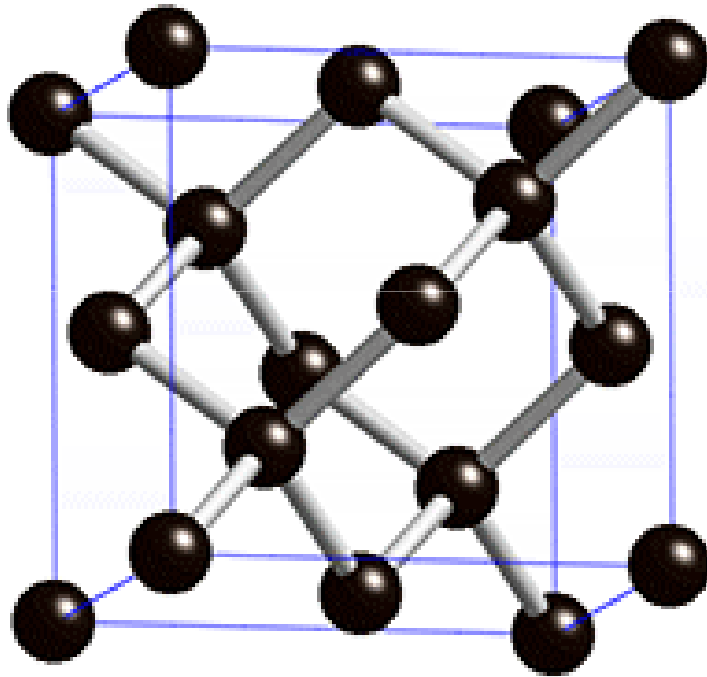
3 – Structure hexagonale compacte :



Les sphères peuvent être disposées en couche compacte en plaçant chacune d'elles au contact de six autres. Une seconde couche est empilée sur la première de telle manière que chaque sphère soit au contact de trois sphères de la couche inférieure. Les sphères de la troisième couche sont à l'aplomb de la première.

Structure cristalline

3 – Structure du diamant :



Le réseau de diamant est cubique à faces centrées. Un motif de deux atomes identiques placés en $(0,0,0)$ et $(\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4})$.

Structure cristalline du diamant montrant les liaisons tétraédriques

Structure cristalline

Exercice 1 :

Les angles entre les liaisons tétraédriques du diamant sont égaux aux angles entre les diagonales d'un cube. Utiliser les formules élémentaires d'analyse vectorielle pour déterminer la valeur de cet angle.

Structure cristalline

Exercice 2 :

Soient les plans d'indices (100) et (001) ; le réseau est cubique à faces centrées et les indices se rapportent à la maille cubique conventionnelle. Quels sont les indices de ces plans lorsque l'on se réfère aux axes primitifs joignant un sommet aux trois plus proches voisins.

Structure cristalline

Exercice 3 :

Montrer que le rapport c/a d'une structure hexagonale compacte idéale est $(8/3)^{1/2}=1,633$.