

L'état du solide

I. Introduction

La matière peut se trouver en différents états, et ce en fonction des conditions thermodynamiques du milieu (Température, pression, etc...). L'état du solide en fait partie, elle diffère des autres états par le fait que les constituants de la matière sont liés entre eux par des liaisons très fortes.

- Les liaisons dans l'état solide peuvent être sous forme de liaisons covalentes, ioniques ou métalliques.
- Les propriétés physiques et chimiques dans l'état solide dépend du type de liaisons qui existe dans la matière

I.1. Les différents type de l'état du solide

Il y a deux type de solide: les solides cristallisés et amorphes

Solides cristallisés: Fer, NaCl, Cu....

Solides amorphes: Verre, Caoutchoux....

Solides cristallisés	Solides amorphes
• Forme cristallines bien déterminée • Isotopes: les pts physico chimiques dépendent de l'orientation et la direction du cristal • Diffraction des RX: les atomes, anions ou molécules sont ordonnées	• Pas de forme typique, le moulage et le laminage détermine la forme • Anistropie: les pts physico chimiques ne dépendent pas de la direction • La répartition des atomes est aléatoire dans l'espace, pas d'ordre

Il y a une autre répartition dans l'état solide, et surtout dans l'état cristallisés. On peut distinguer les cristaux moléculaires et les cristaux macromoléculaires

Cristaux moléculaire	Cristaux macromoléculaires
• Les molécules restent individuelles	• Les molécules présentent des enchaînements tridimensionnels

La cohésion est assurée par des forces faibles (liaison de type de Van der Waals, dipôle-dipôle....)	La cohésion est assurée par des liaisons fortes, caractère covalente, ioniques, ou métallique)
--	--

I.2. Les liaisons interatomiques

Dans l'état solide: les constituants (atomes, molécules...) sont liés entre eux par des forces interatomiques sous forme de liaisons dont le type dépend de l'électronégativité. Elles sont principalement ioniques, covalentes ou métalliques.

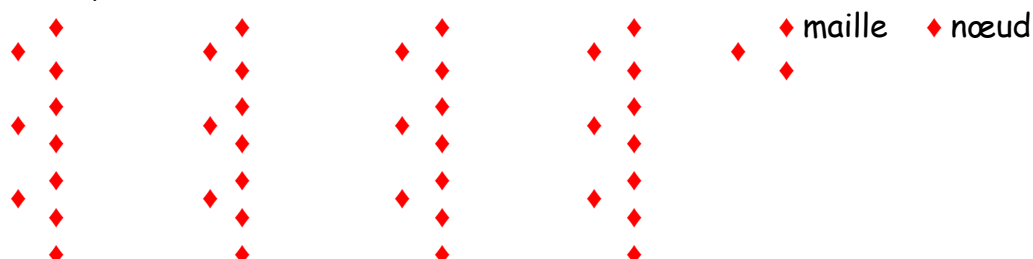
- Liaison ionique: Elle a lieu entre les éléments très électropositifs (métaux) et les éléments très électronégatifs (non métaux). Dans cette liaison, l'atome électropositif donne un ou plusieurs électrons à l'atome électronégatif. La force de la liaison résulte de l'attraction électrostatique entre les ions.
- Liaison covalente: Cette liaison, à l'opposée de la liaison ionique, a lieu entre des éléments proches de la classification périodique.
- Liaison métallique: On considère le métal comme un ensemble d'ions positifs entourés par un nuage d'électrons. Ces électrons libres expliquent le fait que les métaux sont de très bons conducteurs

Liaison	Matériau	Caractéristiques
Ionique	NaCl, FeO.....	Conductivité faible, fragiles
Covalente	Si, C.....	Conductivité faible, pt de fusion +++, dureté+++
Métallique	Na, Cu, Fer.....	Bonne conductivité

II. Approches descriptif de l'état solide

Un solide cristallisé est un ensemble de particules réparties de façon périodique dans un empilement tridimensionnel infini. Cet arrangement définit le réseau cristallin. Un ensemble de maille forme le réseau cristallin de la structure du solide.

Exemple



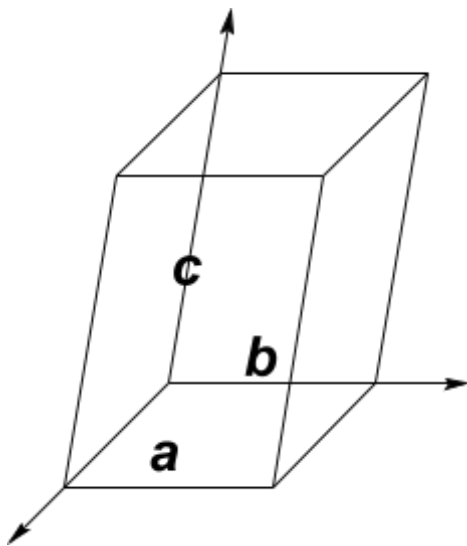


Réseau cristallin

II.1. Maille

La plus petite entité correspondant à un parallélépipède, elle est définie par trois vecteurs a , b , c non coplanaires et trois angles α , β et γ . Les vecteurs et les angles sont appelés les paramètres de la maille.

Une maille est le plus petit groupement de constituants (atomes, ions, molécule...) suffisant pour décrire le cristal, et la juxtaposition de plusieurs mailles constitue le réseau cristallin.



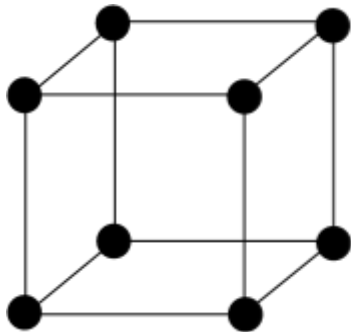
La position occupée par une particule dans la maille s'appelle un nœud

On définit alors une particule dans une maille par ses coordonnées de position x , y et z

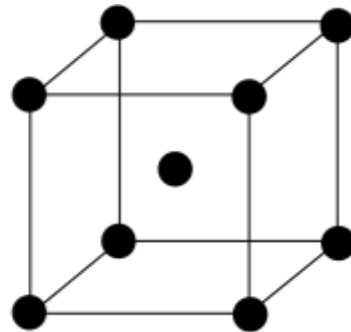
II.2. Différents types de mailles

Il y a deux sortes de mailles, simple et multiple. Une maille simple contient seulement des nœuds aux sommets de la maille. Une maille multiple en contient aux centres des faces et au milieu

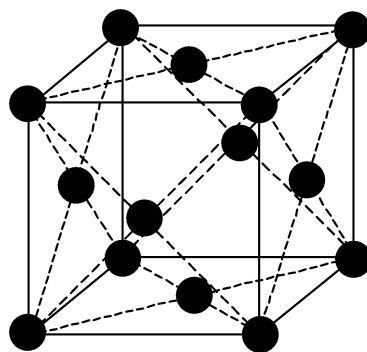
Aux sommets	—————→	Mode P
Aux sommets et au milieu	—————→	Mode I
Aux sommets et aux centres des faces	—————→	Mode F
Aux sommets et aux centres des faces (b,c) (a, c) et (a,b)	—————→	Mode A, B ou C



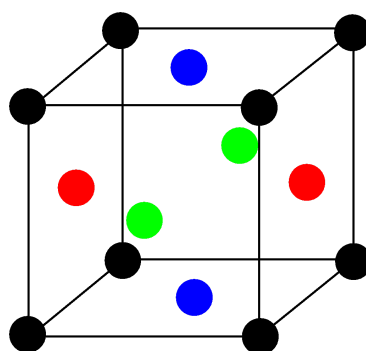
Mode P



Mode I



Mode F



Mode A, B, et C

Tous les réseaux cristallins peuvent être décrits à partir de 7 mailles élémentaires qui définissent les 7 systèmes cristallins

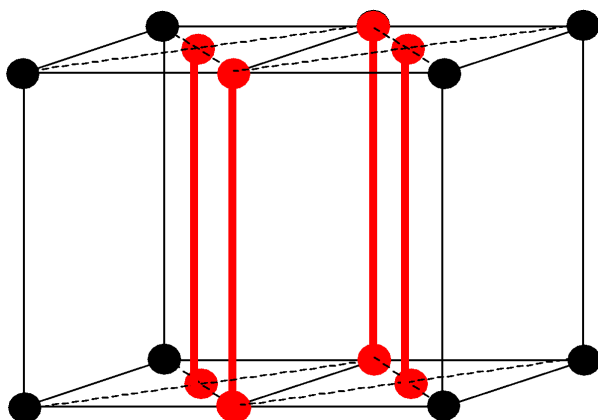
Système	(a, b et c) et (α , β et γ)
Triclinique	$a \neq b \neq c$; $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$
Monoclinique	$a \neq b \neq c$; $\alpha = \beta = 90^\circ \neq \gamma$
Orthorhombique	$a \neq b \neq c$; $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
Quadratique	$a = b \neq c$; $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
Hexagonale	$a = b \neq c$; $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
Rhomboédrique	$a = b = c$; $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$
Cubique	$a = b = c$; $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

La combinaison des 7 systèmes cristallins et les modes de réseau P, I, F et A, B ou C génèrent les 14 réseaux de Bravais. Trois remarques se dégagent de l'étude suivante:

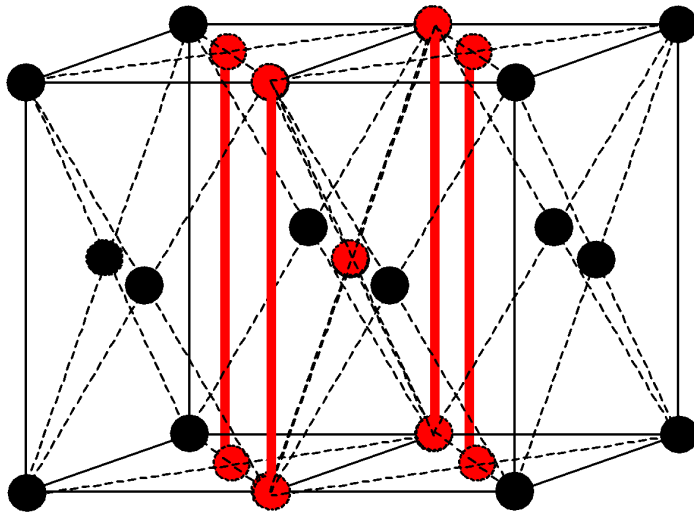
- Les systèmes cristallins ne dépassent jamais 4 modes de réseaux
- Tous les systèmes possèdent le mode P
- Si on essaie de rajouter des modes supplémentaires, on retrouve toujours les modes de départ

Exemple:

Si on essaie de rajouter le mode c pour le quadratique on retrouve le mode P



Si on essaie de créer un mode F pour le quadratique, on retrouve le mode I de ce dernier



II.3. Plans réticulaires et distances interréticulaires

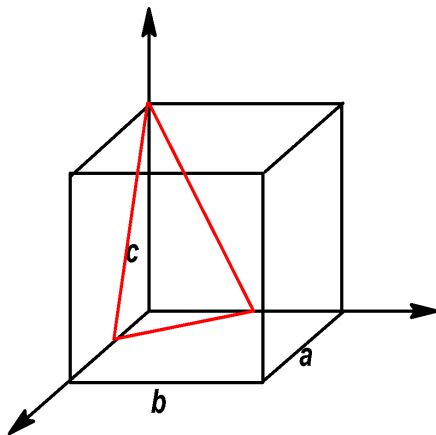
Soit un repère cristallographique (a , b et c)

Une autre manière de décrire le réseau cristallin consiste à assembler les nœuds suivants des plans parallèles et équidistants: les plans réticulaires notés (h, k, l)

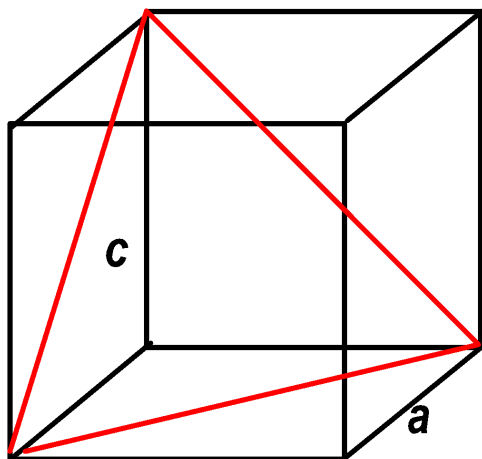
La distance entre deux plans consécutifs est la distance interréticulaires

Un plan réticulaire (h, k, l) coupe les axes a , b et c respectivement en a/h , b/k et c/l . h , k et l sont des entiers positifs, négatifs ou nuls appelés indices de Muller

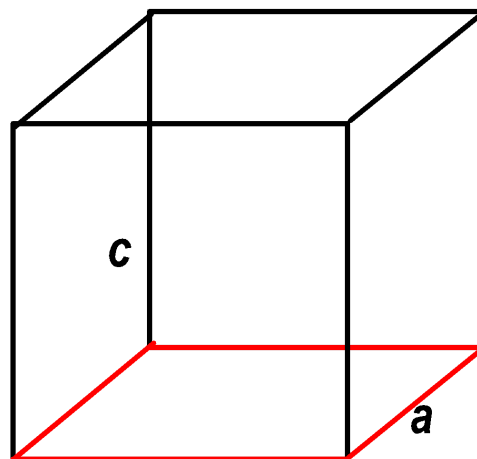
Le plan en trait rouge coupe les trois axes en $1/2*a$, $1/2*b$ et $1*c$, ce plan est



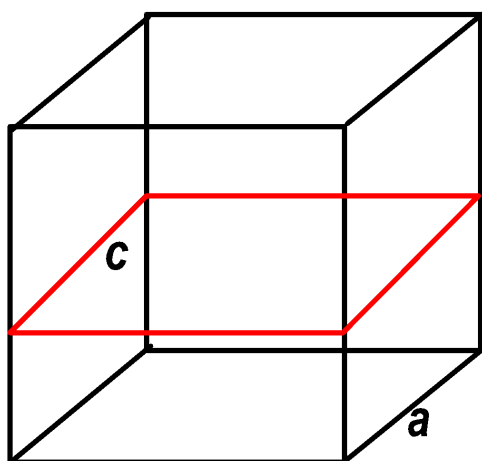
noté (221)



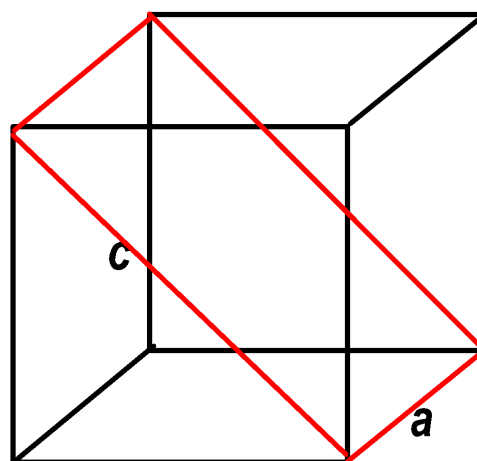
Plan (111)



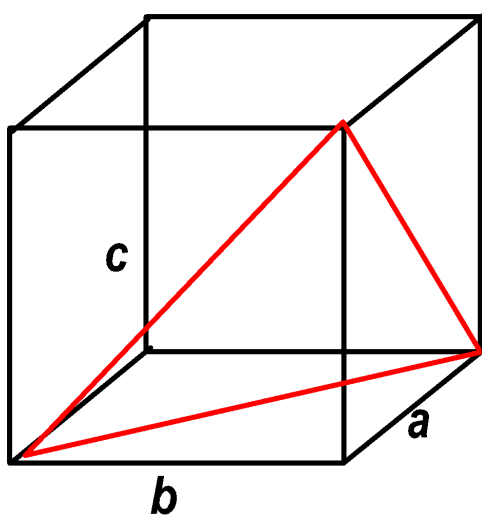
Plan (001)



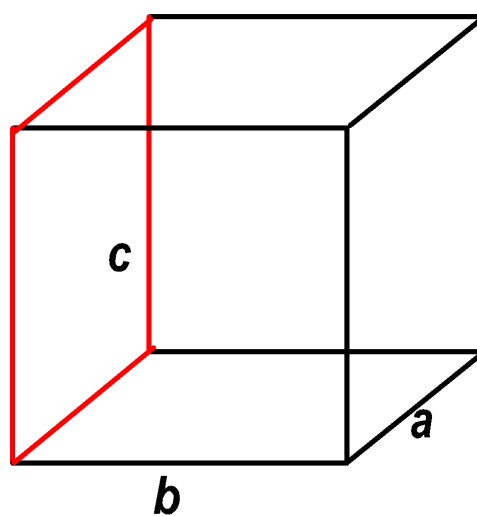
Plan (002)



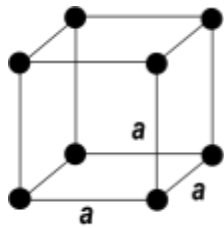
Plan (011)



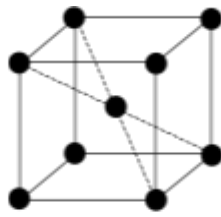
Plan (11-1)



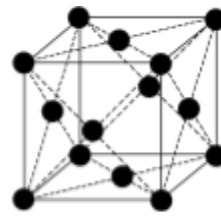
Plan (010)



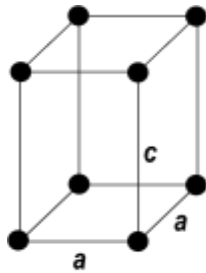
C. Simple



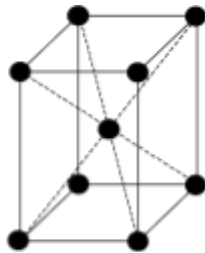
C. Centré



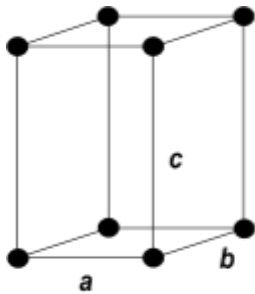
C. Faces centrées



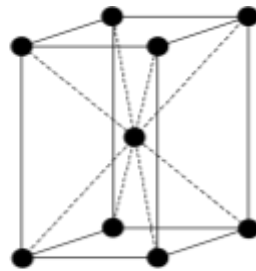
Q. Simple



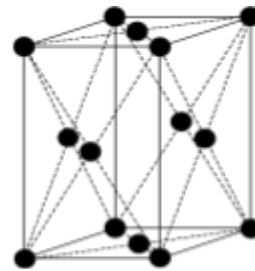
Q. Centré



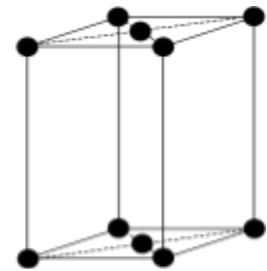
Orth. S



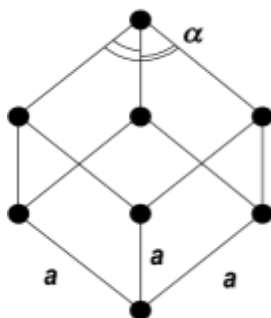
Orth. Centré



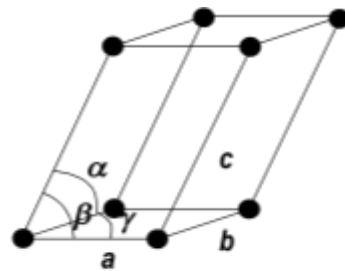
Orth. Faces centrées



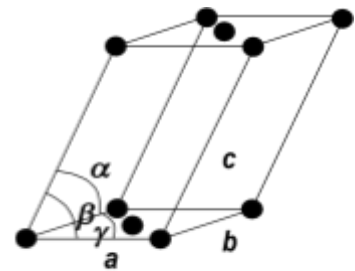
Orth. A



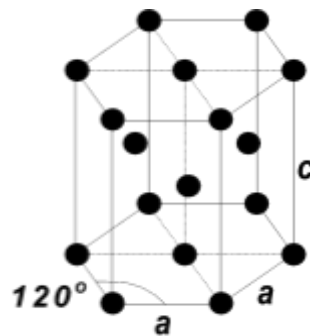
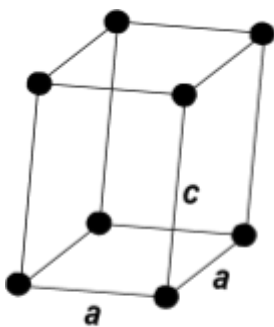
Rhom. Simple



Tri. Simple



Tri. A



Mono. Simple

Hexa. Simple