

Université Mohammed Seddik Ben Yahia-Jijel
Faculté des Sciences exactes et informatique
Département de Physique

Propriétés des Défauts

Cours pour L3: Physique des Matériaux
2022-2023

M.A. Lahmer

Plan du cours

Introduction générale

Chapitre 1:

Structure cristalline des matériaux

Chapitre 2:

Défauts intrinsèques

Chapitre 3:

Défauts extrinsèques

Chapitre 4:

Matériaux sous irradiation

Introduction générale

Les matériaux sont probablement plus profondément ancrés dans notre culture que la plupart d'entre nous ne le pensent. Transport, logement, habillement, communication, loisirs et production alimentaire - pratiquement tous les segments de notre vie quotidienne sont influencés à un degré ou à un autre par les matériaux.

La discipline de la science des matériaux consiste à étudier les relations qui existent entre les structures et les propriétés des matériaux. Par contre, l'ingénierie des matériaux consiste, sur la base de ces corrélations structure-propriété, à concevoir la structure d'un matériau pour produire un ensemble prédéterminé de propriétés.

Introduction générale

Classement des Matériaux

La classifications des matériaux en science des matériaux se fait généralement sur la base de certains facteurs qui sont :

- (i) la composition chimique du matériau
- (ii) le mode d'apparition du matériau dans la nature
- (iii) l'affinage et le processus de fabrication auquel le matériau est soumis avant acquiert les propriétés requises.
- (iv) la structure atomique et cristalline du matériau
- (v) l'utilisation industrielle et technique du matériau.

Introduction générale

Classement des Matériaux

Les matériaux d'ingénierie courants peuvent être classés dans l'un des six groupes suivants :

- (i) Métaux (ferreux et non ferreux) et alliages
- (ii) Céramique
- (iii) Polymères organiques
- (iv) Composites
- (v) Semi-conducteurs
- (vi) Biomatériaux
- (vii) Matériaux avancés

Chapitre 1 :

Structure Cristalline des matériaux

Chapitre 1

Définition d'un Matériaux

Un matériau est un ensemble (un seul ou plusieurs type) d'atomes liés entre eux généralement par une force d'interaction. Selon le type de liaison existant entres ces atomes, la structure du matériau peut être ordonnée et périodique ou non. Nous distinguons donc deux types des matériaux; ceux qui possèdent une structure cristalline (*matériaux cristallins*) et ceux qui ont une structure désordonnée (*matériaux amorphes*) analogue à celle des liquides

Chapitre 1

La structure cristalline

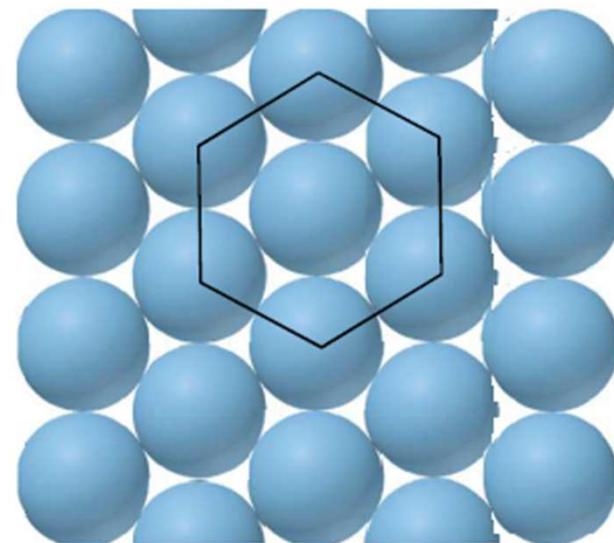
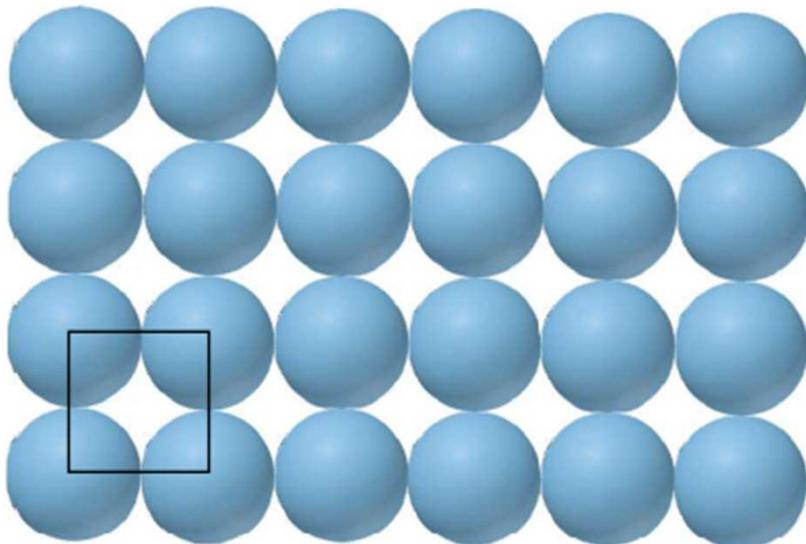
Les solides cristallins sont caractérisés par un arrangement ordonné de leurs ions, atomes ou molécules (un ordre à longue portée, en principe infini).

Un matériau cristallin peut être soit sous la forme d'un monocristal, soit d'un agrégat de nombreux cristaux généralement connus sous le nom de polycristallins séparés par des limites bien définies appelées joints de grains..

Chapitre 1

La structure cristalline

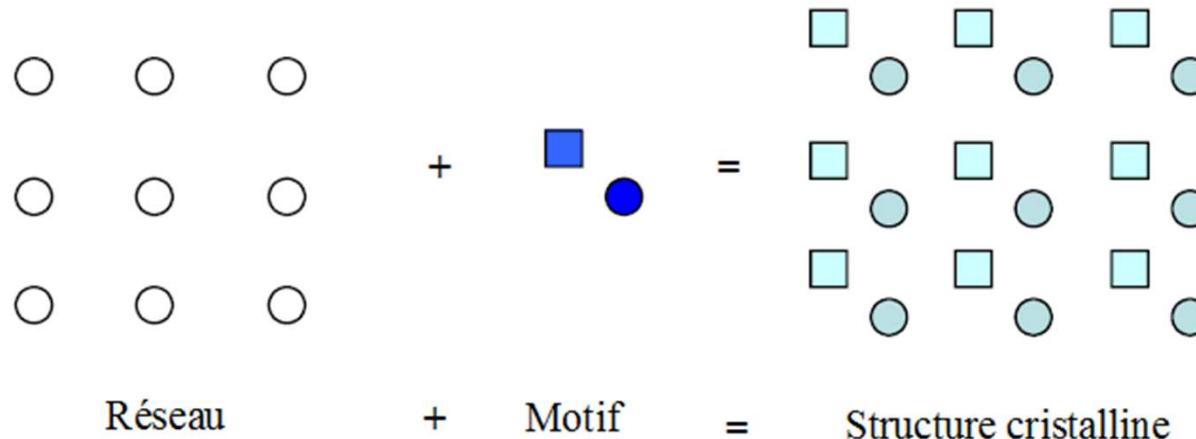
Du point de vue cristallographique, un solide cristallin est caractérisé par un ensemble d'atomes arrangés périodiquement suivant les trois directions de l'espace dans un ordre strict qui définit la structure cristalline.



Chapitre 1

La structure cristalline

$$\text{Structure Cristalline} = \text{Réseau} + \text{Motif}$$



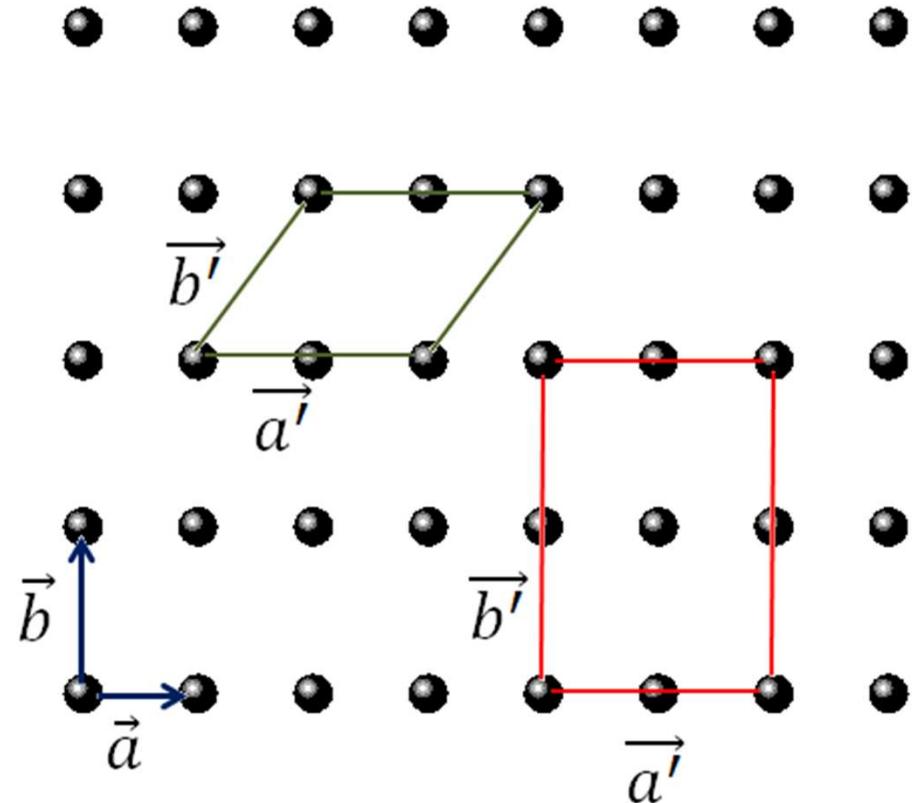
Réseau : un ensemble de points (nœuds), de dimension infinie, obtenu par translation dans l'espace de trois vecteurs non coplanaires, a , b et c , qui déterminent les directions et les distances entre les nœuds du réseau.

Motif : un atome ou un groupe d'atomes ayant une orientation et une géométrie bien déterminées qui se répète suivant le réseau spatial.

Chapitre 1

Maille conventionnelle et maille primitive

Maille : Soit un réseau (2D) décrit par les vecteurs de base \vec{a} et \vec{b} . On appelle maille l'espace engendré par les vecteurs $\vec{a}' = i\vec{a}$ et $\vec{b}' = j\vec{b}$ (i et j des nombres entiers)

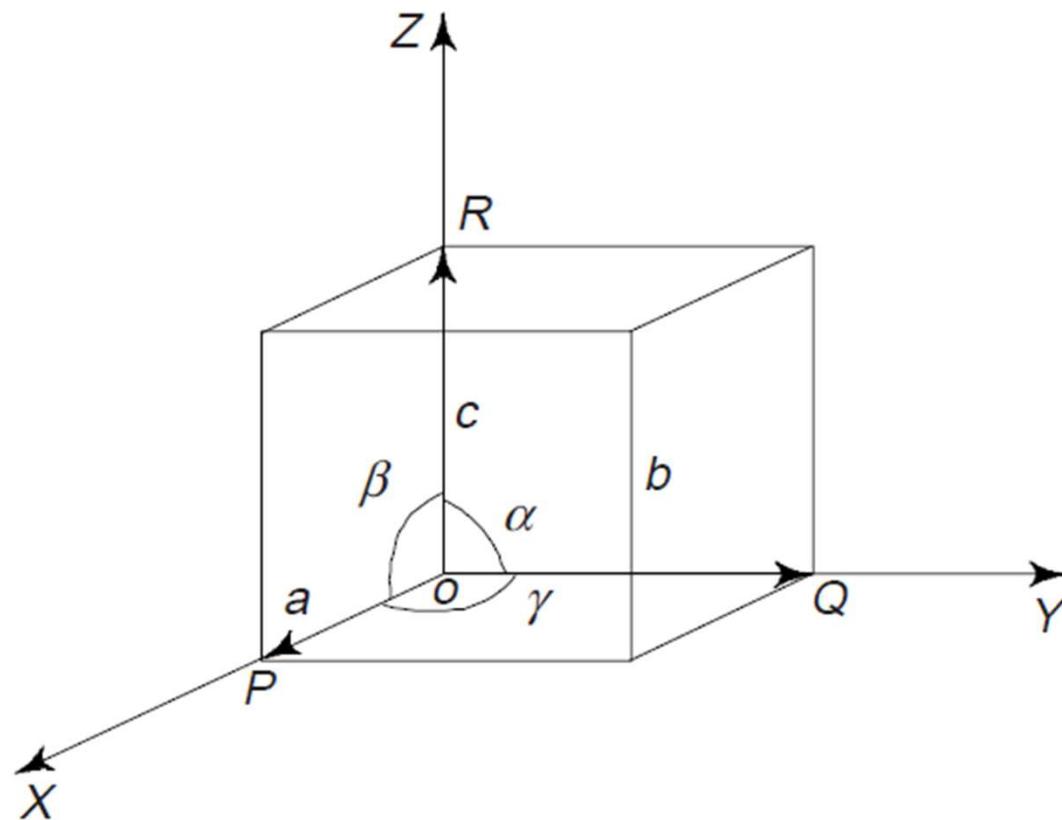


Maille primitive : la maille primitive (élémentaire) est la maille ayant un volume minimal.

Chapitre 1

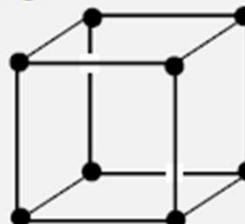
Le Réseau de Bravais

Définition : On appelle réseau de Bravais un réseau dont tous les sites ont le même environnement. Le réseau de bravais est décrit par les grandeurs suivantes: \vec{a} , \vec{b} , \vec{c} , α , β , et γ .

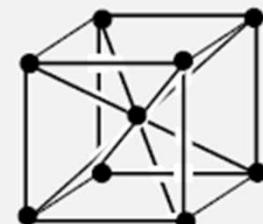


Chapitre 1

- Système cubique

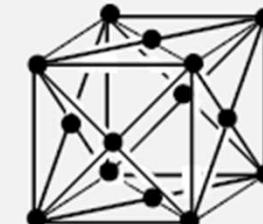


P



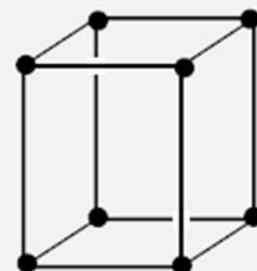
I (cc)

$$a = b = c - \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



F (cfc)

- Système tétragonal



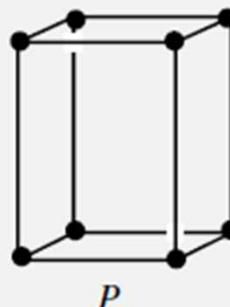
P



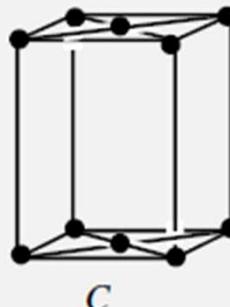
I

$$a = b \neq c - \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

- Système orthorhombique



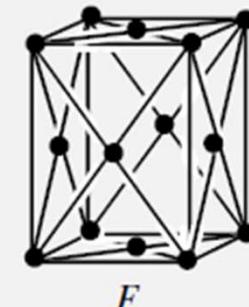
P



C



I



F

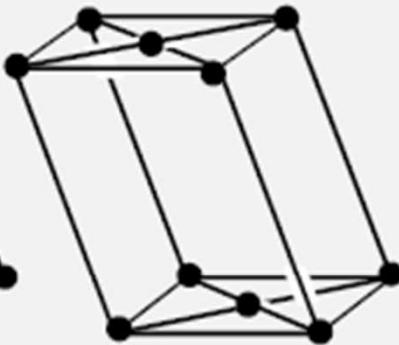
$$a \neq b \neq c - \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

Chapitre 1

- Système monoclinique



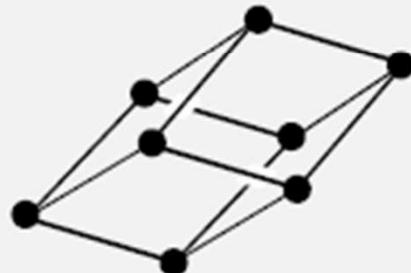
P



C

$$a \neq b \neq c - \alpha \neq \beta = \gamma = 90^\circ$$

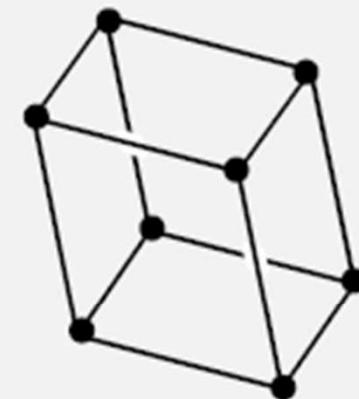
- Système trigonal



$$a = b = c$$

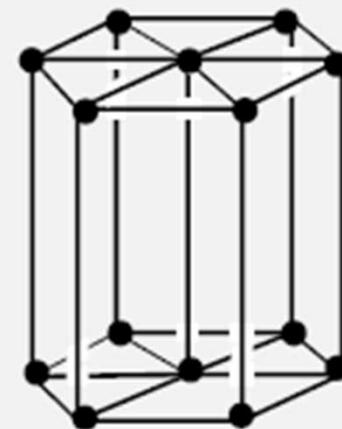
$$\alpha = \beta = \gamma = < 120^\circ \neq 90^\circ$$

- Système triclinique



$$a \neq b \neq c - \alpha \neq \beta \neq \gamma$$

- Système hexagonal



$$a = b \neq c$$

$$\alpha = \beta = 90^\circ - \gamma = 120^\circ$$

Chapitre 1

Compacité et densité d'une structure

Dans le **model des sphères dures** (l'atome est représenté par une sphère de rayon R), la compacité (Facteur d'empilement atomique) est le rapport entre le volume occupé par les atomes dans une maille primitive et le volume de cette maille.

$$C \text{ (FEA)} = \frac{\text{Volume occupé par les atomes}}{\text{Volume de maille}}$$

Dans le cas des matériaux constitués d'un seul type d'atomes, la densité peut être calculée par:

$$\rho(g/cm^3) = \frac{n M_A(g)}{N V_{\text{maille primitive}}(cm^3)}$$

n : nombre d'atomes par maille primitive

N : nombre d'Avogadro

M_A : masse atomique

Chapitre 1

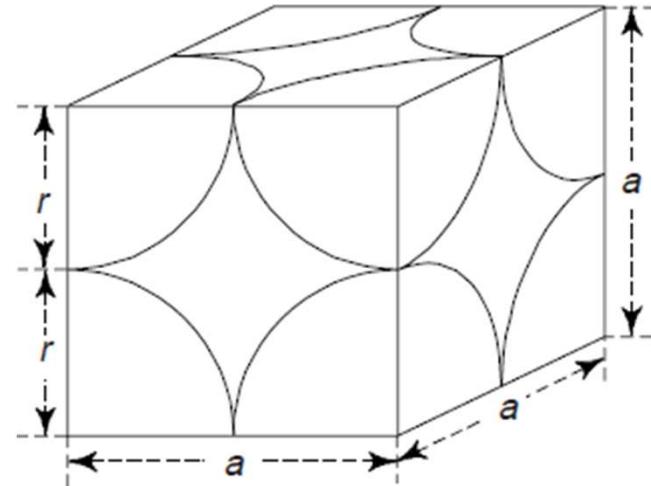
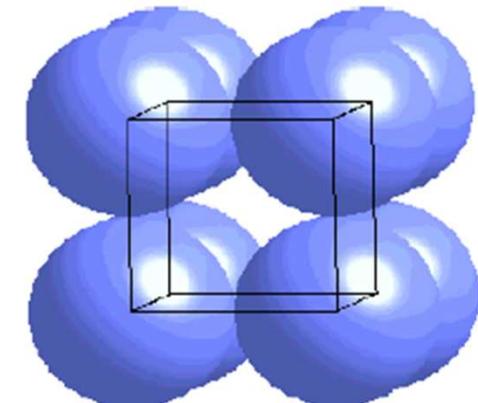
Applications

Système Cubique simple (CS)

Dans ce cas, on a: $a = 2r$

Le volume de la maille est : $V = a^3 = 8r^3$

$$C = \frac{1 \times \frac{4}{3}\pi r^3}{a^3} = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3}{8r^3} = \frac{\pi}{6} = 52.36\%$$



Chapitre 1

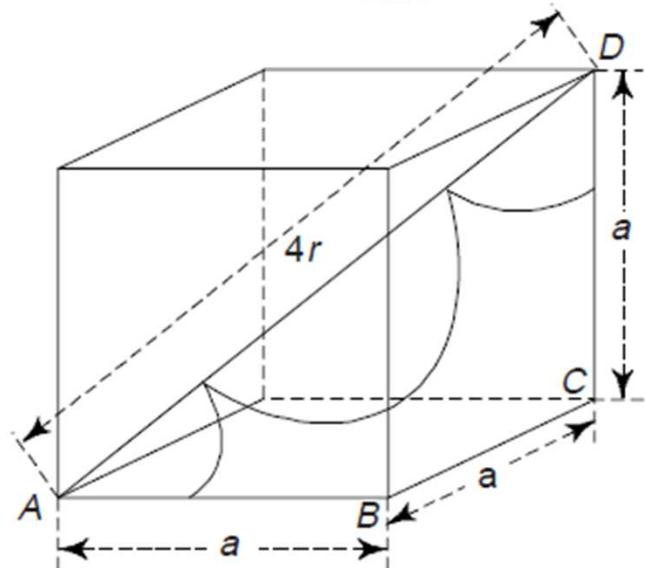
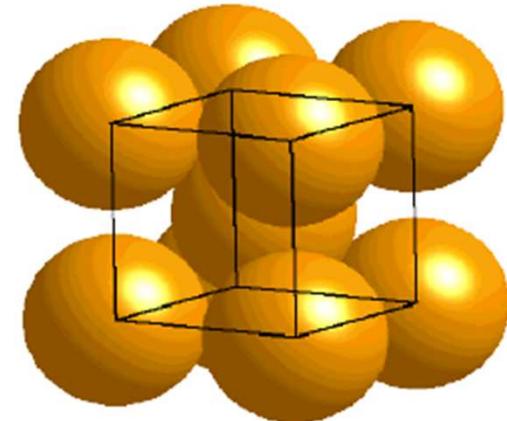
Système Cubique centré (CC)

Dans ce cas, on a: $\sqrt{3}a = 4r$

Le volume de la maille est :

$$V = a^3 = \frac{64}{3\sqrt{3}}r^3$$

$$C = \frac{2 \times \frac{4}{3}\pi r^3}{a^3} = \frac{\frac{8}{3}\pi r^3}{\frac{64}{3\sqrt{3}}r^3} = \frac{\pi}{8} \sqrt{3} = 68.02\%$$



Chapitre 1

Système Cubique Faces centrés (CFC)

Dans ce cas, on a: $\sqrt{2}a = 4r$

Le volume de la maille est :

$$V = a^3 = \frac{32}{\sqrt{2}} r^3$$

$$c = \frac{4 \times \frac{4}{3} \pi r^3}{a^3} = \frac{\frac{16}{3} \pi r^3}{\frac{32}{\sqrt{2}} r^3} = \frac{\pi}{6} \sqrt{2} = 74.05\%$$

