الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université des Frères Mentouri Constantine1

INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNIQUES APPLIQUEES

Départements: -productique mécanique et industrialisation (PMI/LTS)

-Génie industriel et maintenance (GIM)

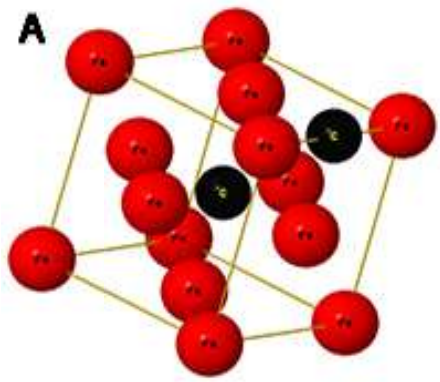
1ère année licence professionnelle

Travaux Pratiques Matériaux 1

TP1: La cristallographie

Les structures Métalliques

(Les Empilements Compacts CS, CC, CFC)



Réalisé par :

Nom et prénom : 1……

2……

3……

Option :……

Groupe :……

Chargé de TP :

L. BAROURA

1. Introduction : La cristallographie est une science qui étudie les cristaux c'est-à-dire, la formation, la croissance, la forme extérieure, la structure interne et les propriétés physiques de la matière cristallisée. Le mot cristal à son origine grecque qui veut dire glace. C'est au 19ème siècle que la cristallographie se dégagea progressivement de la minéralogie et se rapprocha de la physique et de la chimie en devenant une science indépendante.

Un solide cristallin est constitué par un grand nombre de particules (ions, atomes, molécules) situés en des points précis de l'espace.

Le but de ce TP est de se familiariser avec les représentations tridimensionnelles de structures métalliques **CC, CFC, HC**, d'en étudier quelques propriétés géométriques**.**

2. Qu'est-ce qu'un cristal ? Assemblage régulier sur de larges échelles d'atomes ou de molécules

Quelques exemples :

La neige

le Sucre

le Sel

les métaux

les Silicates

les pierres précieuses

3. Pourquoi étudier les cristaux ?
Car presque tous les corps chimiques s'organisent sous la forme de cristaux lorsqu'ils sont à l'état solide (forme rigide, organisée, et très compacte)

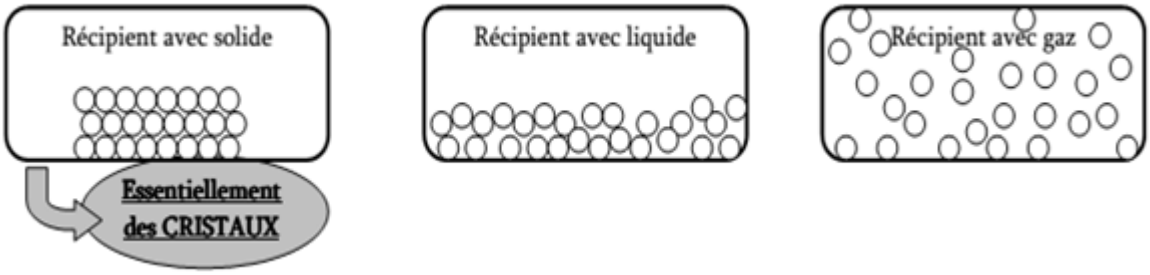
4. Etats physiques de la matière : Un corps pur peut se trouver sous 3 états

SOLIDE	LIQUIDE	GAZ
→ Possède son VOLUME PROPRE → Possède sa FORME PROPRE, (Indépendante du récipient qui le contient - rigide)	→ Possède son VOLUME PROPRE → PAS DE FORME PROPRE (Prend la forme du récipient qui le contient)	→ NI VOLUME PROPRE → NI FORME PROPRE (Un gaz occupe tout l'espace du récipient qui le contient)

Plus compact – Plus dense ⟵ Moins compact – Moins Dense

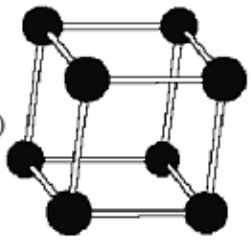
→ Etat la majorité du tps ordonné → Molécules au contact → Ne peuvent plus bouger → Forte interaction	→ Etat désordonné → Molécules très proches → Peuvent bouger les unes par rapport aux autres	→ Etat désordonné →Molécules très éloignées → Très agitées – Bougent librement → Peu d'interaction

Illustration :

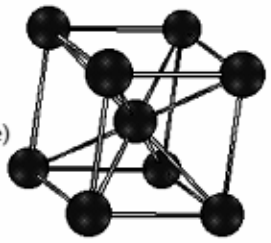


5. Quelques Organisations Possibles : (chaque atome est modélisé par une sphère dure indéformable)

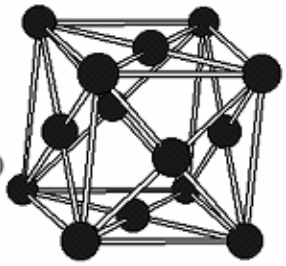
Cubique Simple : (Vue éclatée)



Cubique Centré : (Vue éclatée)



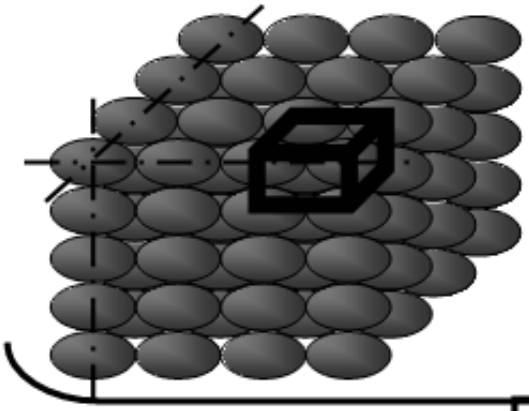
Cubique Faces Centrées : (Vue éclatée)



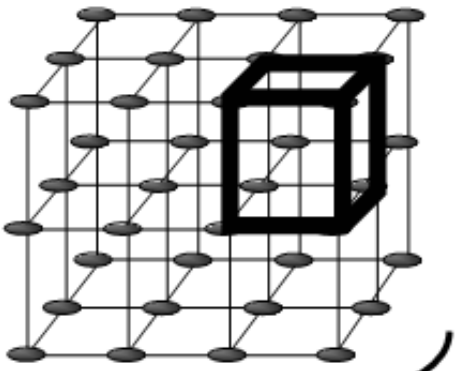
6. Exemple : Etude du Réseau Cubique Simple

Organisation des sphères – Maille élémentaire :

Représentation compacte :

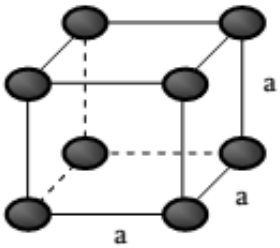


Représentation éclatée :



Maille élémentaire :

(a = coté de la maille (Paramètre de maille))

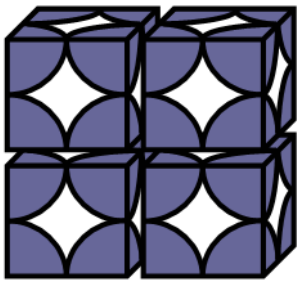


7. Population (ou multiplicité) de la maille :

Combien de sphères y a-t-il dans chaque maille élémentaire ?

8 sphères dans la maille

Mais chacune est en fait partagée entre 8 mailles
→ Ne compte que pour 1/8



Multiplicité = Population =
Nb de sphères par maille = N = 8x 1/8= 1

8. Calcul de la compacité

Définition de la compacité : Elle caractérise la densité de la structure cristallographique

Compacité = Rapport du volume réellement occupé sur le volume total =

Compacité : $$\boxed{C = \frac{V_{occupé\ par\ les\ sphères}}{V_{total\ de\ la\ maille}}}$$ (sans unité, en général en %)

Exemple : Calcul la Compacité de structure cubique simple :

$$\begin{cases} V_{occupé\ par\ les\ sphères} = N \times \frac{4}{3}\pi R^3 \\ V_{de\ la\ maille} = a^3 = (2R)^3 \end{cases}$$

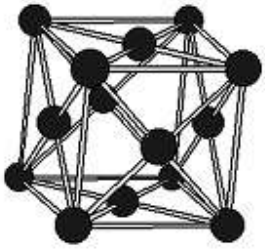
$$\boxed{\Rightarrow C = \frac{V_{occupé\ par\ les\ sphères}}{V_{total\ de\ la\ maille}} = \frac{N \times \frac{4}{3}\pi R^3}{(2R)^3} = \frac{\pi}{6} = 52\%}$$

9. Calcul de la Multiplicité (ou Population) d'une maille

Qu'est-ce que la multiplicité ? Nombre de sphères appartenant à la maille élémentaire
Pourquoi la calculer ? On a besoin de savoir combien de sphères appartiennent réellement à chaque maille pour pouvoir les dénombrer exactement, et faire les calculs de masse, de densité…
Quelle est la difficulté ? On ne doit pas compter directement les sphères représentées sur la maille élémentaire, car certaines sont partagées entre plusieurs mailles, comme illustré sur le schéma suivant :

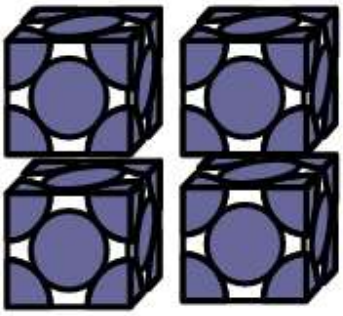
Maille élémentaire : Cubique Faces Centrées

(En vue éclatée)
14 sphères apparaissent
Ce n'est pas la multiplicité

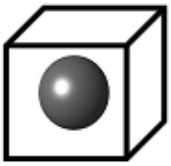
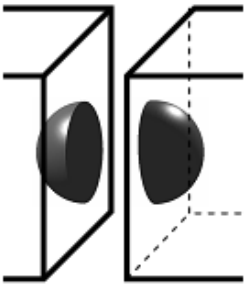
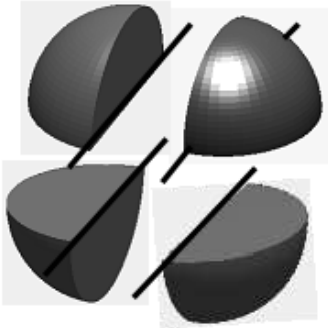
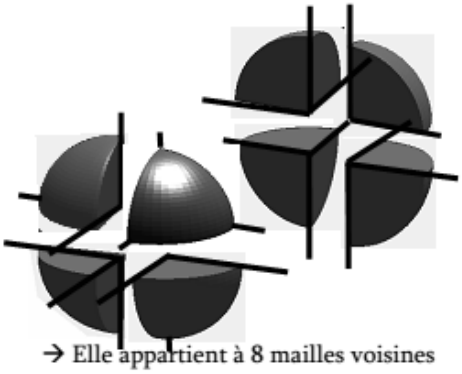


Mais la majorité des sphères sont partagées entre plusieurs mailles :

→ Il ne faut en compter qu'une partie



10. Comment faire le calcul de la multiplicité ?

QUATRE CAS POSSIBLES	**Sphère au centre de la maille**  → Elle appartient entièrement à la maille ➔ Compte pour 1 entier	
Sphère sur une face de la maille  → Elle appartient à 2 mailles voisines ➔ Compte pour 1/2	**Sphère sur une arête de la maille**  → Elle appartient à 4 mailles voisines ➔ Compte pour 1/4	**Sphère sur une coin de la maille**  → Elle appartient à 8 mailles voisines ➔ Compte pour 1/8

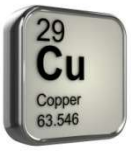
Compte rendu de TP1

Introduction

On souhaite étudier et comparer la structure cristalline du cuivre qui cristallise sous la forme CFC avec CS, CC et HC

Carte d'identité du cuivre :

- Symbole chimique : Cu
- Masse molaire atomique : 63,5 $g.mol^{-1}$
- Rayon atomique : 127,6 pm



Remarque : (Un picomètre (symbole : **pm**) est une **unité** de longueur du système métrique, équivalent à 1 **pm** = 10^{-12} m)

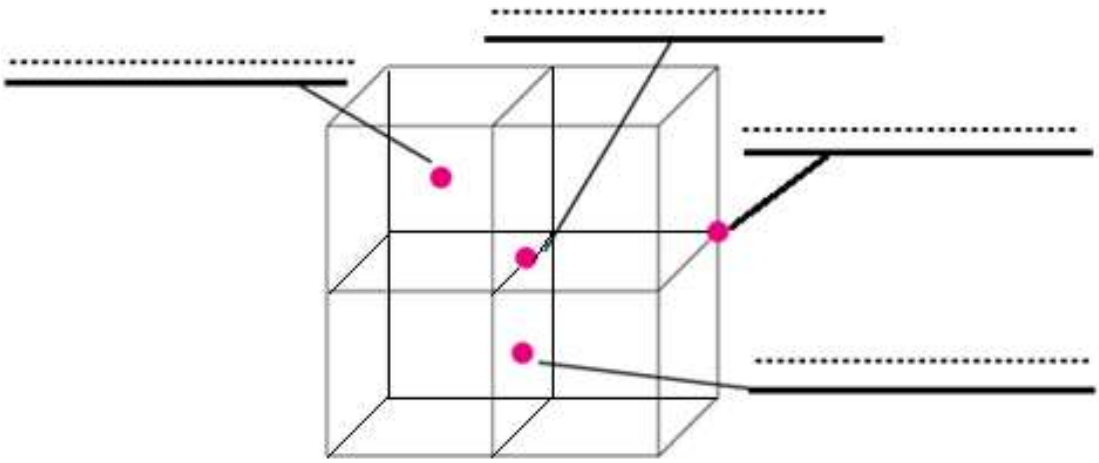
1 : Construire le cristal

Questions 1 : Construire une structure cubique à faces centrées

……
……
……
……

2 : Déterminer le nombre d'atomes par maille

Questions 2 : 1- Déterminer la position de motif par maille



2- Déterminer le nombre d'atomes effectivement présents dans la maille :

……
……
……

3 : Étudier la tangence des atomes

Rappel : - Les cristaux sont réalisés par empilement de sphères supposées indéformables.

- Certains atomes doivent donc se toucher et d'autres non.

Question 3 : Quel placement des atomes est favorable à leur tangence ?

Tangence selon la grande diagonale du cube ☐

Tangence selon une arête du cube ☐

Tangence selon la diagonale d'une face ☐

Tangence selon la diagonale d'une face et la grande diagonale du cube ☐

4 : Calculer le paramètre de maille

Rappel : Dans le cas d'une structure cubique, le paramètre de maille noté « a » correspond à l'arête du cube. Il peut se calculer en raisonnant sur la tangence des atomes compris dans la maille.

Question 4 :

1- L'arête du cube vaut : …… ◊- a ◊- a/2 ◊- a√2 ◊- a√3

2- La diagonale d'une face vaut :……. ◊- a ◊- a/2 ◊- a√2 ◊- a√3

3- La diagonale d'une face correspond à …… fois le rayon

4- Le paramètre de maille vaut donc : a = …… ◊- 2r/√2 ◊- 4r/√3 ◊- 4r/√2 ◊- r/3√3 ◊- 2r

5- En utilisant les données numériques de la carte d'identité du cuivre et le résultat de la question précédente, le paramètre de maille vaut donc : a = …… pm

5 : Déterminer la compacité de la structure

Question 5 :

Expression littérale du volume de la maille : pour calculer le volume de la maille, nous utiliserons la relation : …… ◊ a^2 ◊ a^3 ◊ a.√2 ◊ a. √3

Calcul du volume de la maille : pour notre cas, est :..... pm^3

Expression littérale du volume réellement occupé par les atomes

Pour calculer le volume réellement occupé par les atomes, nous utiliserons la relation : ……

◊ $2\pi r^3$ ◊ $2*(4/3)\ \pi r^2$ ◊ $2*(4/3)\ \pi r^3$ ◊ $4*(4/3)\ \pi r^3$ ◊ $(4/3)\ \pi r^2$

Calcul du volume réellement occupé par les atomes est : ……. pm^3

Nous pouvons donc en déduire la valeur de la compacité de la structure : …….

◊ 0,48 ◊ 0,51 ◊ 0,68 ◊ 0 ,74

6 : Calculer la masse volumique

Rappel : Pour déterminer la masse volumique du cuivre, il faut déterminer la masse d'une maille ainsi que le volume d'une maille.

Question 6 :

Nombre d'atomes par maille :

Noua avons précédemment déterminé le nombre d'atomes par maille qui est égale à :……

Expression littérale de la masse d'une maille :

Ainsi nous pouvons donc calculer la masse d'une maille qui vaut :…….

◊ $4*M(Cu)/N_A$ ◊ $4*M(Cu)*N_A$ ◊ $(M(Cu)/N_A)/4$ ◊ $(M(Cu)*N_A)/4$

Calcul de la masse d'une maille :

Calculons donc pour notre cas, la masse d'une maille est égale à …….. grammes

Calcul du volume de la maille :

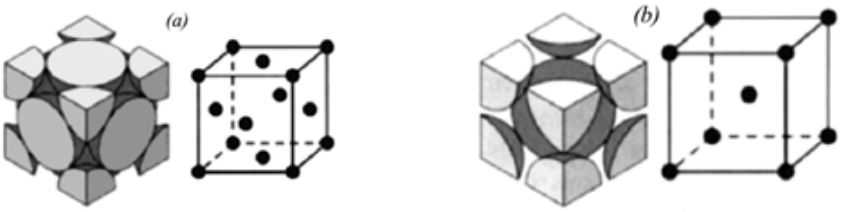
Nous avons vu précédemment que le volume de la maille est égale à :…… pm^3

Calcul de la masse volumique du cuivre :

Ainsi nous pouvons donc calculer la masse volumique du cuivre qui sera donc de :…… $kg.cm^{-3}$

Question 7 :

Observer les mailles et trouver (colorer) quelles sont les sphères qui sont en contact.



Question 8 : En déduire la relation entre le paramètre de maille a et le rayon r pour chaque structure

……

……

……

Question 9 : **Calcul de la compacité de chaque structure**: – Compléter le tableau suivant :

Structure	Cubique Simple	Cubique Centrée	Cubique Faces Centrées
Multiplicité			
$V_{\text{occupé par les sphères}}$			
$V_{\text{total de la maille}}$			
Paramètre de maille a			
Compacité C (en %)			

Question 10 : Donner des exemples de métaux : (CC) et (CFC)

……

……

……

……

……

Conclusion

……

……

……

……

……

……

……