

## SEANCE 5

**Objectifs :** Savoir représenter les mailles cristallines, déterminer le nombre d'atomes appartenant en propre à la maille, calculer leurs dimensions, la compacité et la densité, différencier les alliages d'insertion et des alliages de substitution

**Consignes/Activités d'introduction :** lire les notes du cours, connaître les caractéristiques des mailles cristallines des solides en général et des métaux en particulier, comprendre les principes de calcul de compacité et de tangence des atomes.

### Contenu : Travaux Dirigés Structure cristalline des métaux

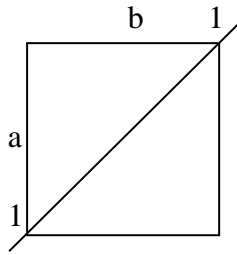
Présentation des structures, calcul des dimensions des mailles cristallines, calcul de compacité et de densité du solide cristallin

#### Activités :

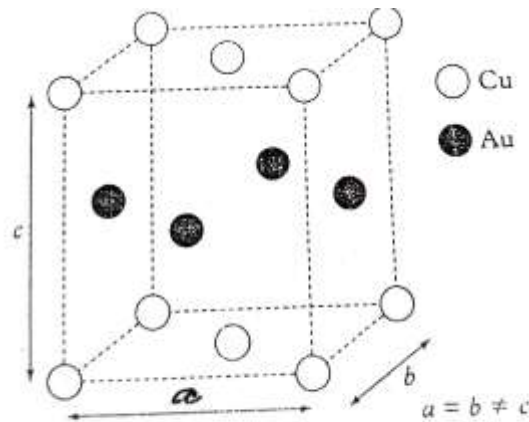
1. Déterminer le nombre des atomes appartenant à chaque maille,  
2. Calculer la compacité,  
3. Prévoir la possibilité de formation des alliages de d'insertion et des alliages de substitution.  
4. Identifier les vides interstitiels et leurs dimensions.
1. Etude cristallographique du nickel. Le nickel solide, variété  $Ni\alpha$ , est décrit par un réseau cubique à faces centrées.
  - a. Représenter sur un cube en perspective la maille conventionnelle en figurant les atomes par des points,
  - b. Donnez la coordinence  $Ni\alpha$ ,
  - c. Représentez une face du cube élémentaire en assimilant les atomes de Ni par des sphères de rayon R. On indiquera les contacts entre les atomes,
  - d. Quelle relation existe-t-il entre le rayon atomique R et le paramètre a de la maille conventionnelle (coté du cube) ,
  - e. Quelles sont les valeurs du rayon atomique R et de la masse volumique si l'arête de la maille a vaut 351pm ?  
Donnée :  $M(Ni) = 58.69 \text{ g/mol}$ .
2. Sous une pression de 1 bar, le fer existe sous différentes formes cristallographiques qui dépendent de la température.  
 $Fe\alpha \text{ (c.c.)} = Fe\gamma \text{ (c.f.c.)}$  à  $910^\circ\text{C}$ .  
Etude de  $Fe\alpha$ . Le cristal de fer  $\alpha$  est décrit par un réseau cubique (c.c.).
  - a. Donnez la coordinence de fer ?
  - b. Représentez les atomes de fer contenus dans le plan (1, 1, 0). On indiquera clairement les contacts entre les atomes de ce plan.
  - c. Quelle est la relation liant  $r(Fe\alpha)$  et le paramètre a de la maille conventionnelle ?

d. Calculez la masse volumique du fer  $\alpha$  à  $910^\circ\text{C}$ .

Données :  $r(\text{Fe}\alpha)=126 \text{ pm}$  à  $910^\circ\text{C}$  ;  $M(\text{Fe})=55.68 \text{ g/mol}$ ,  
Plan  $(1, 1, 0)$



3. Etude d'un alliage cuivre-or. La maille cubique à faces centrées est représentée ci-après :



La tangence des atomes a lieu suivants les diagonales des faces du cube.

- Quelles sont les valeurs de  $a$ ,  $b$ ,  $c$  en fonction de  $r_{\text{Cu}}$  et  $r_{\text{Au}}$  ?
- Quelles sont les nombres d'atomes du cuivre et de l'or dans la maille ?
- Quelle est la fraction massique de l'or dans cet alliage ?

On exprimera cette fraction en carats. Un carat est la quantité d'or contenue dans un alliage, exprimée en vingt-quatrième de la masse totale.

- Quelle est la masse volumique de cet alliage ?

Données :  $r_{\text{Cu}}=128 \text{ pm}$  ;  $r_{\text{Au}}=147 \text{ pm}$  ;  $M(\text{Cu})=63.55 \text{ g/mol}$  ;  $M(\text{Au})=196.67 \text{ g/mol}$

#### 4 Structure d'un alliage or-nickel

L'or métallique cristallise dans un réseau cubique à faces centrées (cfc). Les atomes d'or sont assimilés à des sphères rigides de rayon  $R = 144,2 \text{ pm}$ . Par ailleurs, l'or peut former de nombreux alliages, par insertion ou par substitution.

1. Représenter sur un schéma clair la maille élémentaire de l'or.
  - Etablir la relation entre le rayon  $R$  et le paramètre  $a$  de la maille cfc. Calculer  $a$ .
2. Les plus grands sites d'insertion dans une maille cfc sont les sites octaédriques. Sur le schéma de la maille élémentaire, représenter les centres des sites octaédriques. Établir la condition pour qu'un atome étranger, de rayon  $R_0$ , puisse occuper un site octaédrique.
3. L'or blanc des joailliers est un alliage d'or et de nickel. Le nickel a un rayon métallique  $R' = 124,6 \text{ pm}$ .
  - Montrer que le nickel ne peut pas former d'alliage d'insertion avec l'or.
  - Un alliage Au-Ni a une maille cfc, dans laquelle un atome d'or par maille est substitué par un atome de nickel. La masse volumique de cet alliage est  $17,63 \text{ g.cm}^{-3}$ . Déterminer le nouveau paramètre  $a'$  de cette maille.

• Masses molaires atomiques : Au :  $197,0 \text{ g.mol}^{-1}$  Ni :  $58,3 \text{ g.mol}^{-1}$

#### 5 Alliage cuivre – argent:

Le cuivre cristallise dans le système cubique à faces centrées, et sa masse volumique a pour valeur  $8920 \text{ kg.m}^{-3}$ .

1. Représenter la maille et indiquer les atomes tangents.
2. Calculer le rayon atomique du cuivre.
3. On considère l'alliage cuivre-argent, dont la structure est également cubique à faces centrées, des atomes d'argent remplaçant les atomes de cuivre aux huit sommets dans le motif initial. A quel type d'alliage a-t-on affaire ?
  - Calculer la nouvelle valeur  $a'$  de l'arête de la maille, sachant que le rayon atomique de l'atome d'argent est de  $144 \text{ pm}$ .
  - Déterminer la masse volumique de cet alliage ainsi que son titre massique en argent.

Données: masses molaires : Cu :  $63,5 \text{ g.mol}^{-1}$  et Ag :  $108 \text{ g.mol}^{-1}$