

## LC.17. Solides cristallins

Expérience: masse volumique  $\rightarrow$  paramètre de maille.

On mesure la masse volumique de l'eau: on prend une fiole jaugée que l'on pèse pour obtenir  $\rho_{\text{eau}}$  (Tpière) on peut la comparer avec la valeur du Handbook.

On met ensuite la même fiole, on met du fer (sous forme de poudre. (On a pesé avant de mettre quoi que ce soit). on pèse après. on calcule  $m_{\text{fer}}$ . On complète avec de l'eau jusqu'au trait de jauge et on re-pèse pour obtenir  $m_{\text{fer}} + m_{\text{eau}}$ .

On en déduit le volume d'eau grâce à la masse volumique calculée précédemment. on calcule donc:

$$V_{\text{fer}} = V_{\text{fiole}} - \frac{m_{\text{eau}}}{\rho_{\text{eau}}} \Rightarrow \boxed{\rho_{\text{fer}} = \frac{m_{\text{fer}}}{V_{\text{fer}}}}$$

sources d'erreurs possibles: bulles d'air dans la poudre, il faut bien sécher la fiole, la poudre peut s'oxyder.

Introduction.

Flo pas mal.

Photo

On peut distinguer différents types de solides ayant des propriétés différentes.

→ des solides cristallins: ils correspondent à un assemblage régulier des <sup>composés</sup> atomes, molécules ou ions constitutifs.

→ solides amorphes: les <sup>composés</sup> qui le composent sont désordonnés (ex: refroidissement rapide d'un liquide visqueux). Les solides amorphes se distinguent par l'absence d'un point de fusion net.

Exemple: verre.

Les solides cristallins peuvent être classés en fonction de la nature des liaisons qui permettent la cohésion du cristal. (covalent, moléculaire, ionique, métallique).

## I. modèle de cristal parfait

De la même façon que nous utilisons un modèle de gaz parfait pour étudier le modèle idéal de la matière à l'état gazeux, le modèle de cristal parfait constitue la base de l'étude de la matière à l'état solide cristallisé.

On appelle cristal parfait un modèle de cristal:

- parfaitement périodique
- d'extension spatiale infinie

Nous allons définir quelques notions qui vont nous permettre de définir et comparer les milliers de structures connues.



## I 1. Notions de réseau, mailles et motif.

Nous allons introduire ces notions à partir de l'exemple du graphène:

→ Diapos.

Réseau: ensemble de points équivalents de l'espace appelés nœuds

Nœuds d'un réseau: ils se déduisent les uns par rapport aux autres par des opérations de translations

Points de l'espace strictement équivalents, si on se place sur un nœud et on regarde autour, sachant que c'est un réseau infini, ou si je me place sur un autre nœud, je suis incapable de savoir sur quel point je suis.

réseau hexagonal??

La maille d'un réseau est un élément de volume fermé qui engendre le réseau par translation.

→ Diapo.

Dans le cas du graphène, la maille est une surface et pas un volume car le cristal est bidimensionnel. Pour décrire une maille à 3 dimensions on a besoin de trois vecteurs et des 3 angles.

Dans notre cas bidimensionnelle on a besoin de 2 vecteurs et d'un angle (celui formé par ces 2 vecteurs).  
(ou 2)?

Le motif d'un cristal est la plus petite entité discernable qui se répète périodiquement par translation. En pratique le motif est un atome ou groupe d'atomes.

Le motif du graphène est ~~formé~~ constitué d'un atome de carbone ~~centré~~ sur un nœud et d'un atome de carbone appartenant au propre à la maille. → Diapo.

En associant les deux atomes de carbone rouge et vert à chaque nœud du réseau, on reconstitue le cristal de graphène par translation périodique de ce motif.

030: Avec les nœuds on construit le réseau par translation.  
Pas le cristal !!

~~non, le motif~~

} Je suis !!

~~par translation périodique~~

La structure d'un cristal parfait est décrite par la donnée de son réseau cristallin et de son motif.

$$\boxed{\text{Cristal} = \text{réseau} \oplus \text{motif.}}$$

Exemple: deux cristaux ayant le même réseau et différent motif:

→ diapo.



## I.2. Limites du modèle de cristal parfait.

Pierre.

Transition: Pierre...



## II. Cristaux métalliques.

### II.1. Liaison métallique.

Pierre. Fosset et pdf. Faire un truc super rapide

Transition: Pierre. (pdf). La majorité des cristaux métalliques forme des structures ~~de compacité maximale~~ dites compactes. Nous allons nous intéresser à une structure qui possède cette propriété. C'est la structure cubique à faces centrées (c.f.c). Nous allons obtenir la maille correspondante grâce à une modélisation d'empilement de sphères dures.   
 et hexagonal compact.

### II.2. Obtention des modèles compacts: Empilement de sphères dures.

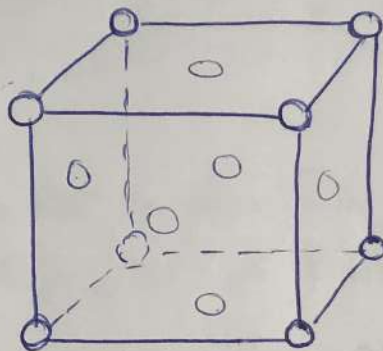
On représente les atomes comme des sphères dures. Compacité maximale dans le plan: on positionne les atomes comme dans un étalage d'orange.

→ Diapo

Une fois qu'on a le premier plan, possibilité du deuxième plan, du troisième - - -

On obtient ainsi la structure à face centrée.

→ monter chimène!



Suivre ce que  
Pierre a écrit  
dans sa leçon!!

### II.3. Propriétés de la maille cubique face centrée

→ Population: est le nb de motifs présents dans la maille  
Dans le cas de notre exemple, le motif est un atome.  
donc nb d'atomes par maille:

$$\left[ 8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4 \right]$$

→ Coordination d'un atome: nb de plus proches voisins que possède cet atome ou ion.

→ Diapo

(12)

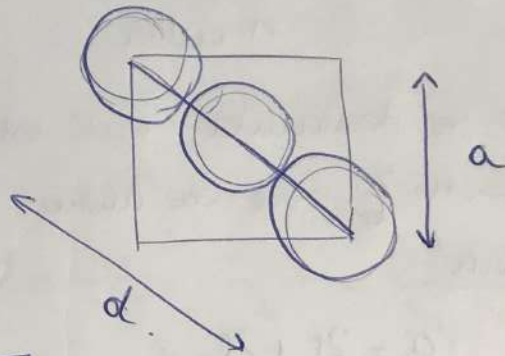


- Compacité: fraction de volume occupé par la matière en considérant les atomes et les ions comme des sphères dures:

$$C = \frac{\text{vol. occupé par les atomes}}{\text{vol de la maille.}}$$

Faire au tableau.

On a vu que ces atomes se touchent diagonalement



$$d^2 = 2a^2 \rightarrow d = \sqrt{2}a$$

$$\sqrt{2}a = 4r \rightarrow r = \frac{\sqrt{2}}{4}a \rightarrow \boxed{r = \frac{a}{2\sqrt{2}}}$$

$$C = \frac{\text{nb atomes} \times \frac{4}{3}\pi r^3}{a^3} = \frac{4 \times \frac{4}{3}\pi \frac{a^3}{8 \cdot (\sqrt{2})^3}}{a^3}$$

$$C = \frac{\pi}{3\sqrt{2}} \approx 0,74.$$

Puisque la compacité de cette structure est de 74%, plus de 25% du volume de cette structure ne contient pas de matière. Cet espace est susceptible d'accueillir des atomes, des molécules ou des ions selon le cas.

Pour déterminer les possibilités d'insertion dans le cristal  $\rightarrow$  sites cristallographiques, disponibles et détermination de leur taille.

### III. 4. sites interstitiels

montrer chimie série

pag 672 Fosse.

• site octaédrique

→ montrer chimie

Il y en a 12 partagés :  $1 + \frac{12}{4} = 4$   
1 entier :

On peut se demander: quel est le rayon max sphère dans cette cavité? sur une arête:

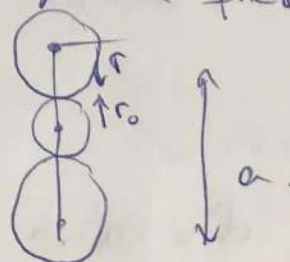
habitabilité

$$a = 2r + 2r_0$$

$$\frac{4r}{\sqrt{2}}$$

$$\text{on trouve } r_0 = (\sqrt{2} - 1)r$$

$$\text{donc } r_0 = 0,414r$$

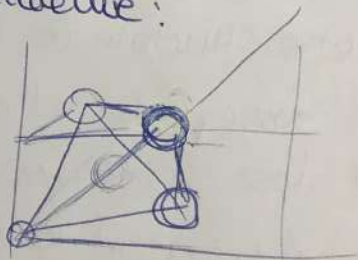


Pour le fer par exemple:  $r_0 = 52,16 \text{ pm}$ .

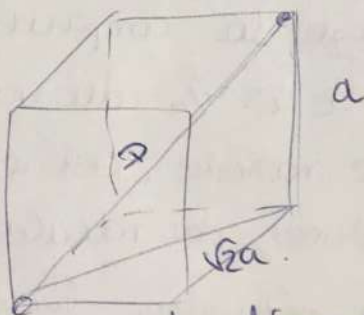
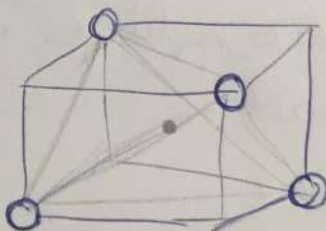
• sites tétraédriques: ⑧

tétraèdre:

$$\frac{4r}{\sqrt{2}} \quad a$$



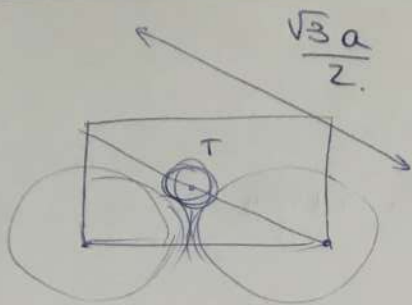
$$\frac{2r}{\sqrt{2}} \quad \sqrt{2}r$$



grande diagonale cube:

$$D^2 = 2a^2 + a^2$$
$$D = \sqrt{3}a$$





$$2r + 2r_T = \frac{\sqrt{3}a}{2}$$

$$r + r_T = \frac{\sqrt{3}}{4} a = \frac{4r}{\sqrt{2}}$$

$$r + r_T = \frac{\sqrt{3}r}{\sqrt{2}}$$

$$r_T = \left( \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} - 1 \right) \cdot r \approx 0,225 r_{\text{atome}}$$

pour le  $\text{Fe}$ :  $r_T = 28,35 \text{ pm}$

• masse volumique:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{n \cdot M}{V} = \frac{N \cdot M}{N_A \cdot a^3}$$

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n = \frac{N}{N_A}$$

$$\rho = \frac{N \cdot M}{N_A \cdot a^3} = \frac{4M}{N_A \cdot a^3}$$

Exemple  $\text{Fe}$ :

Cu,  $\alpha$ ,  $\text{Fe}$

Expérience masse volumique du  $\text{Fe}$ .

Transition:

Vers les alliages!

### III. Les alliages

Alliages de substitution et d'insertion.

Austénite alliage insertion fer-carbone

propriétés...