

LC 10 - Solides métalliques

Niveau: L1

Prerequis:

- * Cristallographie (Mailles, paramètre, compacité...)
- * Module d'Young
- * Oxydoreduction
- * Conductivité

Bibliographie

- * Plaques de métaux
- * Modèles moléculaires

Introduction Pédagogique

- * Ce cours se place au niveau L1 dans une partie sur la cristallographie
- * Il vient à pres en cours sur les bases de la cristallographie, les élèves sont familiers avec les notions de maille, coordination, etc.
- * Le cours suivant sera sur les solides ioniques et covalents
- * Dans ce cours on a fait le choix de parler des propriétés des métaux et d'essayer de les expliquer avec le modèle de Drude
- * On ira ensuite réutiliser les connaissances de cristallographie pour étudier une structure c/c, d'autres structures pouvant être vues TD
- * On fait le choix de parler d'alliages pour introduire la notion de sites interstitiels et ça permet aux élèves de comprendre qu'on peut avoir des solides avec plusieurs atomes différents (premiers par vers solides ioniques)
- * Les élèves pourront avoir du mal à appréhender la notion de gaz d'é^e, on donnera des images simples pour aider
- * La vision des sites interstitiels dans l'espace peut être problématique, on essaiera d'utiliser des modèles moléculaires, des sites de visualisation 3D et des images projetées
- * On ne parlera pas des défauts, on garde ça pour une étude de Doc
- * TD sur la maille hexagonale
- * TD : manipulation de métaux (mesure résistances, densité), et utilisation de logiciel pour comprendre l'agencement spatial

Introduction

- * On a tous déjà vu / parlé de métaux, mais finalement on ne sait pas ce que c'est d'un point de vu chim. Q
 - * Les métaux représente 80% du tableau périodique (proge)
 - * Depuis toujours on utilise les métaux par leurs propriétés intéressantes
- ~~L'âge du fer~~
- Les bijoux, téléphones, cuisine, petit art

Objectif : Comprendre l'origine des propriétés des métaux
Comprendre l'origine des alliages

I. Description des solides métalliques

A. Propriétés des métaux

* Si on regarde les différentes plaques de métaux sur le plan de travail, on voit qu'elles ont déjà l'air en comment un éclat métallique et qu'elles réfléchissent la lumière, c'est caractéristique des métaux, mais on ne pourra l'expliquer que plus tard en physique.

* Les métaux ont des propriétés mécaniques très intéressantes

- Ils sont résistants à la ~~trans~~^{dé}formation, il faut beaucoup forcer pour les tordre ou les étirer.

↳ Leur module d'Young est grand : $E(\text{Fe}) = 196 \text{ GPa}$
 $E(\text{bois}) \sim 10 \text{ GPa}$ (Wikipedia Module Young)

- Ils sont malleables : quand on les déforme, il garde la forme qu'on leur donne

- Ils sont ductiles : on peut les déformer sans les rompre $\Rightarrow$ on peut en faire des fils de fer ou de cuivre

* Si je vous parle de fil en cuivre, vous pensez directement à l'installation électrique d'une maison

↳ Les métaux sont de très bon conducteur électriques (projo)

* On utilise aussi le cuivre pour faire des casseroles (projo)

↳ Les métaux sont des bons conducteurs thermiques

$$\lambda_{\text{th}}(\text{Fe}) = 80 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\lambda_{\text{th}}(\text{bois}) = 0,15 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

* Toujours dans la cuisine, sur des très vieilles poêles en fer, on peut parfois voir de la rouille (projo)

↳ Les métaux ont des bonnes propriétés réductrices (Sodium avec H_2O)

↳ projo E°

Transition : Les métaux ont beaucoup de propriétés, mais est-ce qu'on peut réussir à les expliquer avec un modèle ?

B. Modèle de Drude - Lorentz

- * Ce modèle a été proposé en 1900 par Drude et Lorentz
- * Comme tout modèle, il repose sur des hypothèses.
 - Les noyaux métalliques sont modélisés par des cations ~~plongés dans un gaz d' e^-~~ empilés régulièrement
 - Les électrons n'interagissent pas avec les cations
 - Les électrons de valence sont libres de se déplacer.
- ⇒ On parle de gaz d'électrons (projo)
- * La liaison métallique est donc assurée par les électrons qui sont délocalisés sur l'ensemble du solide
 - ↳ On peut voir le métal comme une gigantesque molécule avec un grand nombre d'électrons de valence mobile sur tout le solide.
- * Si on revient sur les propriétés vu dans la partie précédente:
 - On a mis en commun un grand nombre d' e^- ⇒ liaisons fortes
 - ↳ métaux solides et résistants.
 - Le déplacement d'une couche de cation par rapport à une autre ne change pas la structure (projo) et l'environnement chimique
 - ↳ malléabilité et ductilité
- * Les électrons se déplacent librement ⇒ sous l'action d'un champ électrique ils vont bouger très facilement ⇒ conduction électrique
 - ↳ par aller & loin, quand on augmente la température, les cations vont vibrer de plus en plus autour de leur position et gêner les e^- ⇒ $\sigma \downarrow$ avec T
- * Comme on a un empilement régulier l'agitation thermique se propage facilement
 - ↳ bonne conduction thermique (électrons déjà très excités (cours p 338))
- * Si on considère un grand nombre d'électrons partagé avec tous les atomes, le fait d'en enlever a un faible impact ⇒ caractère réducteurs
 - ↳ les e^- sont peu retenus par les noyaux

Transition : On a parlé d'empilement régulier, mais on ne connaît pas encore l'agencement dans l'espace des atomes.

II - Etude Cristallographique

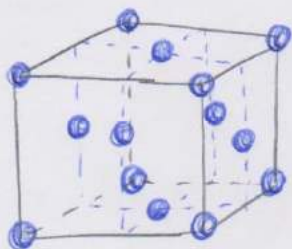
A - Le module du cristal parfait

- * Par faire l'étude cristallographique, on va considérer que les atomes sont des sphères dures indéformables et impenétrables, et qu'on a un empilement parfait et périodique de sphères.
- * On définit le rayon métallique comme étant la moitié de la distance entre 2 atomes (proje)

- * On a un empilement compact de sphère dans les métaux

↳ deux types de structure : cfc ou hexagonal compact (Nga Co)

- * On va étudier le cuivre qui a une structure ~~hexagon~~ cubique face centrée



* Coordination : 12

* Population : $N = 6 \times \frac{1}{2} + 8 \times \frac{1}{8} = 4$

* Paramètre de maille

$$\sqrt{2}a = 4r \Rightarrow a = 2\sqrt{2} \cdot r = 362,0 \text{ pm}$$

* Compacité : $C = \frac{V_{occ}}{V_{tot}} = \frac{4 \cdot \frac{4}{3}\pi r^3}{a^3} = 0,74$

* Masse Volumique : $\rho = \frac{m}{V_{tot}} = \frac{4 \cdot \frac{M_{at}}{N_A}}{a^3} = 7,58 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1} : \underline{\text{dense.}}$

- * Grâce à l'étude cristallographique on peut trouver d'autres propriétés
↳ expérimentalement on trouve des paramètres en faisant de la DRX.

Transition : Au début je vous ai parlé de fer qui s'oxydait dans la cuisine, mais maintenant on utilise de l'acier inoxydable.

⇒ comment on arrive à changer les propriétés des métaux ?

B. Etude des alliages

- * Un alliage c'est un mélange de plusieurs composés avec au moins un métal
 - ↳ cela permet de changer les propriétés du matériau
 - ↳ acier inoxydable : Fer + carbone + Chrome + Ni
 - ↳ Bronze : Cuivre + Etain : très utilisé à une époque : âge de bronze

* Il existe 2 types d'alliages

* Alliages de substitution

- Certains atomes sont remplacés par d'autres
- Il faut atomes avec structure chimique et propriétés proches
- Composé avec même type de maille

↳ Ag, Au et Cu sont des métaux c/c avec des rayons proches

↳ Alliages substitution : or rose, or blanc

* Alliages d'insertion

- Les structures métalliques ne sont pas compactes à 100%, il reste de la place par des petits atomes (projo / animation)

↳ on appelle ces endroits des sites interstitiels, il y en a 2 différents dans la maille c/c (projo)

- Site octaédrique : au centre du cube et au milieu des arêtes (projo)

↳ Sur diagonale d'une face : $4r = a\sqrt{2}$

Sur une arête : $2(r + r_s) \leq a = r \cdot 2\sqrt{2}$

$$\Rightarrow \frac{r_s}{r} \leq \sqrt{2} - 1 = 0,41$$

⇒ Si on a un atome avec un rapport inférieur à 0,41 il a la place de rentrer dans le site

- Site tétraédrique : au $\frac{1}{4}$ de la grande diagonale (projo)

$\Rightarrow$ diagonale face : $4r = a\sqrt{2}$

$\Rightarrow$ grande diagonale : $r + r_s \leq \frac{a\sqrt{3}}{4} = r\sqrt{\frac{3}{2}}$

$\Rightarrow \frac{r_s}{r} \leq \sqrt{\frac{3}{2}} - 1 = 0,23$

• Si des atomes sont suffisamment petit il peuvent entrer dans les sites

↳ introduire du carbone dans Fe

↳ acier, fonte : nouvelles propriétés

Conclusion : On a vu dans ce cours que les solides métalliques avaient beaucoup de propriétés macroscopiques intéressantes (conductivité, malléabilité...) mais qu'en regardant au niveau microscopique, on peut comprendre la structure, et trouver le moyen de former des alliages pour changer certaines propriétés.

* On ira plus loin dans l'étude des métaux en étude de document où on verra ce que sont les formes allotropiques, et les défauts qu'on observe dans les métaux