

Fiche synthèse pour LC: Modèle du cristal parfait (MPSI)

January 17, 2022

Contents

1	Objectifs pédagogiques de la LC	2
2	Objectifs et messages forts de la LC (disciplinaire)	2
3	Introduction générale de la leçon	2
4	Proposition de plan	2
4.1	Modèle du cristal parfait : modèle de la maille CFC	3
4.1.1	Quelques définitions pour les cristaux parfaits	3
4.1.2	Maille conventionnelle CFC	3
4.1.3	Cavités remarquables	3
4.2	Différents types de cristaux	3
4.2.1	Cristaux métalliques	3
4.2.2	Cristaux ioniques	3
4.2.3	Cristaux covalents	3
4.2.4	Cristaux moléculaires	3
5	Ouvertures possibles, prolongements et conclusion de la leçon	3
6	Subtilités de la leçon et points disciplinaires essentiels	3
7	Exercices de base et applications intéressantes pour la leçon	4
8	Bibliographie pour construire la leçon	5
9	Expériences illustratives, simulations numériques et exploitation pédagogique	5
10	Critique des choix pédagogiques de la leçon	5

1 Objectifs pédagogiques de la LC

- maîtriser le vocabulaire de la cristallographie
- connaître la maille CFC
- Savoir réaliser des calculs généraux sur d'autres mailles
- être capable de donner les caractéristiques d'une maille CFC

2 Objectifs et messages forts de la LC (disciplinaire)

- Faire le lien entre des propriétés micro et macro
- Être critique vis à vis d'un modèle idéal

3 Introduction générale de la leçon

• Introduction à l'aide de l'expérience de Davisson et Germer (1925). Diffraction d'électron par un morceau de Nickel qui recristallise après un accident dans le labo. Apparition d'une figure de diffraction (du fait de "l'ordonnement" dans le morceau de Nickel après la cristallisation). Figure de diffraction donc caractéristique d'une structure ordonnée et on peut alors remonter au paramètre de maille (10 ans auparavant avait été inventé la technique de diffraction des rayons X pour mesurer les paramètres de maille cristallographique). "Petite intro aussi sur "Pourquoi introduire le cristal parfait", ça permet de poser aussi les bases de la leçon. Ca permet aussi d'introduire les termes "d'amorphe", "variété allotropique" qui sont au programme (semi-cristallin on peut l'évoquer, mais juste le mentionner sans en parler).

4 Proposition de plan

4.1 Modèle du cristal parfait : modèle de la maille CFC

4.1.1 Quelques définitions pour les cristaux parfaits

4.1.2 Maille conventionnelle CFC

4.1.3 Cavités remarquables

4.2 Différents types de cristaux

4.2.1 Cristaux métalliques

4.2.2 Cristaux ioniques

4.2.3 Cristaux covalents

4.2.4 Cristaux moléculaires

5 Ouvertures possibles, prolongements et conclusion de la leçon

- Etude de cristaux ioniques, covalents, etc.. approfondie
- Coordinence paramètre important pour en déduire des propriétés sur le cristal
-

6 Subtilités de la leçon et points disciplinaires essentiels

- Savoir repérer des cavités remarquables (notamment à l'aide de logiciel et de modèles moléculaires)
- Peut-on mettre des atomes de Nickel dans les sites tétra/octa de la maille CFC du Nickel ? Oui, mais alors ce n'est plus la même maille (est ce que cela a encore un sens de parler alors de site tétra/octa de la maille CFC ?...)
- Connais-tu un cristal où c'est le cas ? Diamant (blende)
- Tu connais les différents types de cristaux ioniques et leur classement selon le rapport R_{cat}/R_{an} ? CsCl (cubique centrée), NaCl (double CFC), ZnS (CFC et 1 site tétra sur 2)
- Les deux types de métaux d'alliage ? substitution (laiton) et insertion (acier)

- Quel type de diffraction dans Davisson et Germer ? Diffraction de Braag (distance interreticulaire)
- Différence entre la température de fusion et la température de transition vitreuse ? Ordre 1 et 2 ? Chute du module d'Young par exemple
- Différence entre maille élémentaire, conventionnelle, primitive et multiple ? $\text{elem} = 1$ seul motif, conventionnelle = facilite la vie, primitive = élémentaire souvent..., multiple = plusieurs noeuds (gaffe au définition, c'est un enfer en vérité)
- T'as fait beaucoup de CFC. C'est la maille la plus compacte ? Plan ABCABCABC $\rightarrow$ CFC ; Plan ABABABABA $\rightarrow$ hexagonale compacte, les deux ont la même compacité.
- Pourquoi tu t'appuies sur la coordinence ? Car Marie Masson le fait, mais on pourrait regarder le triangle de Ketelaar.
- Pourquoi introduire la coordinence à un autre moment que les définitions ? Pour la démarquer des définitions relous et montrer que la coordinence est super utile et elle apporte beaucoup de compréhension aux types de cristaux que l'on a.
- Maléable ? Ductile ? (faire des feuilles, faire des fils)
- Pourquoi dans le dosage du laiton on retire les NOx ? Ils sont nocifs
- Peut on doser les ions Zn^{2+} ? Peut être par complexation (EDTA ?)
- Pourquoi utiliser de l'eau dans le pycnomètre et pas du cyclohexane ? Car ça dépend du type de cristaux. Pour le Nickel, on prend de l'eau car il se dissout pas (ou suffisamment peu), alors que le NaCl se dissout dans l'eau.
- Faire le pycnomètre et utiliser les modèles moléculaires, mais dosage du laiton prend du temps et pas si intéressant que ça.

7 Exercices de base et applications intéressantes pour la leçon

- Réviser les mailles CFC/hexagonale compacts, savoir que Mg cristallise en hexagonale et Al en CFC, tout le cours de Marie.

8 Bibliographie pour construire la leçon

- Cours de Marie Masson
- Bouquin du IUPAC pour les définitions cristallographiques (Bonne chance)

9 Expériences illustratives, simulations numériques et exploitation pédagogique

- mesure de masse volumique et donc paramètre de maille avec pycnomètre. Astuce : en réalité la mesure de la masse volumique est pas ouf, donc plutôt donner le paramètre de maille (qui fait jouer une puissance $1/3$, ce qui rend le résultat plus proche de ce que l'on veut). Bien sécher le pycnomètre, utiliser au moins 4-5g de solide, et éviter au maximum les bulles d'air. Essayer de thermaliser au max le pycnomètre...
- Dosage du laiton, mais comme cela a été dit, trop de temps et pas si utile finalement... sauf si vous faites une leçon un peu plus axée sur les alliages
- Logiciel pas mal pour montrer les cavités, mais il faut bien utiliser les modèles moléculaires au moins une fois pour montrer le contact entre les sphères !

10 Critique des choix pédagogiques de la leçon

La leçon est longue, très longue, surtout quand on repasse sur les définitions. Il faut aller assez rapidement sur l'intro de Davisson et Germer. Faire une mini intro aussi sur "Pourquoi introduire le cristal parfait", ça a beaucoup plus à la correctrice, et ça pose les bases de pourquoi on fait la leçon. CFC est la seule maille exigible au programme des MPSI dans le cours, donc c'est assez logique d'en faire le fil conducteur. Attention à l'expérience du pycnomètre, elle est simple mais elle peut vite prendre du temps, donc prendre plusieurs pycnomètres au cas où vous oubliez de faire un "zéro" de balance (par exemple). Vu que l'on doit parler des cavités remarquables (élément imposé), il est logique de partir sur les alliages. Être un peu au courant de comment on réalise ces alliages industriellement, la question est vite venue.