

LC 17 Titre : Solides cristallins (CPGE)

Présentée par : Gabriel

Correcteur : Clément Guibert

Date : 12/12/19

Compte-rendu de leçon de chimie correcteur

Rappels de définitions, concepts à aborder lors de la leçon :

Le chapitre peut paraître assez vaste mais il est possible de couvrir tout le programme en une leçon. Cela étant dit, il est, à mon avis, également possible de laisser de côté une petite portion du programme et de proposer de la traiter en TD, par exemple, ce qui peut permettre de rendre la leçon plus personnelle et de dégager un peu de temps pour faire des expériences. Cela étant dit, le titre étant général, il me paraît plus logique de commencer par des généralités, et ensuite d'approfondir ces notions sur des cas plus spécifiques (solides métalliques, ioniques, covalents...). Par ailleurs, il y a beaucoup de définitions nouvelles dans cette leçon : arriver à les traiter sans trop donner l'impression d'égrener un véritable catalogue de définitions me semble une des grandes difficultés de cette leçon. Une ouverture classique en conclusion peut être l'évocation des défauts et leur rôle prépondérant dans certaines propriétés des cristaux.

Montrer des modèles 3D et une visualisation par logiciel dédié me semble incontournable.

Voici les extraits des programmes correspondants :

MPSI (*idem* PTSI)

| Notions et contenus | Capacités exigibles |
|--|---|
| Modèle du cristal parfait Description du cristal parfait ; population, coordinence, compacité, masse volumique. | Décrire un cristal parfait comme un assemblage de mailles parallélépipédiques. Déterminer la population, la coordinence et la compacité pour une structure fournie. Déterminer la valeur de la masse volumique d'un matériau cristallisé selon une structure cristalline fournie. |
| Limites du modèle du cristal parfait. | Relier le rayon métallique, covalent, de van der Waals ou ionique, selon le cas, aux paramètres d'une maille donnée. Utiliser un logiciel ou des modèles cristallins pour visualiser des mailles et des sites interstitiels et pour déterminer des paramètres géométriques. Confronter des données expérimentales aux prévisions du modèle. |
| Métaux et cristaux métalliques Description des modèles d'empilement compact de sphères identiques. Maille conventionnelle cubique à faces centrées (CFC). | Relier les caractéristiques de la liaison métallique (ordre de grandeur énergétique, non directionnalité) aux propriétés macroscopiques des métaux. Localiser, dénombrer les sites tétraédriques et octaédriques d'une maille CFC et déterminer leur habitabilité. Approche documentaire : à partir de documents, découvrir quelques alliages, leurs propriétés et leurs utilisations. |

| | |
|--|---|
| Solides covalents et moléculaires | Relier les caractéristiques des liaisons covalentes, des interactions de van der Waals et des liaisons hydrogène (directionnalité ou non, ordre de grandeur des énergies mises en jeu) et les propriétés macroscopiques des solides correspondants. |
| Solides ioniques | Relier les caractéristiques de l'interaction ionique dans le cadre du modèle ionique parfait (ordre de grandeur de l'énergie d'interaction, non directionnalité, charge localisée) avec les propriétés macroscopiques des solides ioniques. |

Remarque (pour information) : enseignement scientifique (première générale, 2019) :

| | |
|---|---|
| 1.2 - Des édifices ordonnés : les cristaux L'organisation moléculaire étant déjà connue, ce thème aborde une autre forme d'organisation de la matière : l'état cristallin (qui revêt une importance majeure, tant pour la connaissance de la nature - minéraux et roches, squelettes, etc. - que pour ses applications techniques). La compréhension de cette organisation au travers des exemples choisis mobilise des connaissances sur la géométrie du cube. Elle fournit l'occasion de développer des compétences de représentation dans l'espace et de calculs de volumes. | |
| Savoirs | Savoir-faire |
| Le chlorure de sodium solide (présent dans les roches, ou issu de l'évaporation de l'eau de mer) est constitué d'un empilement régulier d'ions : c'est l'état cristallin. | Utiliser une représentation 3D informatisée du cristal de chlorure de sodium. Relier l'organisation de la maille au niveau microscopique à la structure du cristal au niveau macroscopique. |
| Plus généralement, une structure cristalline est définie par une maille élémentaire répétée périodiquement. Un type cristallin est défini par la forme géométrique de la maille, la nature et la position dans cette maille des entités qui le constituent. Les cristaux les plus simples peuvent être décrits par une maille cubique que la géométrie du cube permet de caractériser. La position des entités dans cette maille distingue les réseaux cubique simple et cubique à faces centrées. La structure microscopique du cristal conditionne certaines de ses propriétés macroscopiques, dont sa masse volumique. | Pour chacun des deux réseaux (cubique simple et cubique à faces centrées) : <ul style="list-style-type: none"> - représenter la maille en perspective cavalière ; - calculer la compacité dans le cas d'entités chimiques sphériques tangentes ; - dénombrer les atomes par maille et calculer la masse volumique du cristal. |
| Un composé de formule chimique donnée peut cristalliser sous différents types de structures qui ont des propriétés macroscopiques différentes. Ainsi les minéraux se caractérisent par leur composition chimique et leur organisation cristalline. Une roche est formée de l'association de cristaux d'un même minéral ou de plusieurs minéraux. Des structures cristallines existent aussi dans les organismes biologiques (coquille, squelette, calcul rénal, etc.). | Distinguer, en termes d'échelle et d'organisation spatiale, maille, cristal, minéral, roche. Les identifier sur un échantillon ou une image. |
| Dans le cas des solides amorphes, l'empilement d'entités se fait sans ordre géométrique. C'est le cas du verre. Certaines roches volcaniques contiennent du verre, issu de la solidification très rapide d'une lave. | Mettre en relation la structure amorphe ou cristalline d'une roche et les conditions de son refroidissement. |

Avis sur le plan proposé, choix des exemples et des expériences :

Le plan proposé correspond tout à fait au programme. En revanche, il manquait cruellement d'expériences, certes difficiles à trouver mais qui existent néanmoins (voir quelques suggestions en dernière section). Le dernier rapport de jury dit à ce propos :

Le jury attire l'attention des candidats sur la place et le rôle des expériences au sein d'une leçon. La leçon de chimie doit contenir **la réalisation et l'exploitation d'expériences**. Les expériences doivent **présenter un intérêt didactique pour la leçon** et être présentées à l'oral de manière précise et argumentée. **Le positionnement d'une expérience avant ou après l'introduction d'une notion doit être mûrement réfléchi**. Les expériences choisies doivent s'inscrire dans une **démarche pédagogique** pour valider ou construire un modèle. L'analyse des sources d'erreurs potentielles et une évaluation de l'incertitude sur le résultat doivent être plus souvent présentées. **Les expériences** doivent également permettre aux candidats de mettre en valeur leurs compétences expérimentales.

Au cours de cette leçon, s'il est difficile d'éviter le catalogue de définitions, il me semble utile d'illustrer les notions avec des exemples marquants qui ne manquent pas au vu du lien avec les matériaux des thèmes abordés. Il me semble que, par exemple, problématiser l'ensemble des notions vues à l'aide d'exemples exposés en introduction peut aider à rendre la leçon plus vivante et la succession des parties moins artificielle.

Par exemple, on peut, en introduction, mettre en évidence que, dans cette leçon où on ne traitera que des solides cristallins et pas des solides amorphes, on verra néanmoins des solides aux propriétés visiblement très différentes (cuivre, sel de table, sucre...) et qu'on pourra expliquer ces différences notamment au regard des type d'interaction en jeu au sein des cristaux qui les constituent.

Montrer des images de cristaux permet également de contextualiser de manière attractive cette leçon et d'illustrer le lien micro/macrosopique remarquable dans les cristaux, voire de souligner au final les limites du modèle de cristal parfait.

Remarques sur des points spécifiques de la leçon :

Pour pallier un peu le manque d'expériences véritablement pertinentes pour cette leçon, la manipulation didactique, descriptive et approfondie des modèles de cristaux, numériques et sous forme de maquette, me semble très utile.

Insister sur les différences entre les types d'interactions (force, directionnalité...), par exemple dans un tableau résumé construit au fur et à mesure et faire le lien entre les ordres de grandeurs d'énergies d'interaction et les propriétés observées me semble important également. Fournir des exemples d'application est une contextualisation qui me paraît intéressante.

Enfin, il me semble important de faire attention à la place dans le plan où l'on introduit certaines notions comme le réseau de Bravais CFC ou l'allotropie, pour éviter la confusion possible pour les étudiants entre l'endroit où ces notions sont introduites dans la leçon et le type de cristaux qui peuvent présenter ces caractéristiques.

Discussion sur les manipulations présentées au cours du montage (objectifs de l'expérience, phases de manipulations intéressantes, difficultés théoriques et techniques) :

Expérience 1 : immersion d'un clou en fer dans une solution de Cu^{2+}

Cette expérience permet certes de visualiser la formation d'un solide mais, à mon avis, elle souffre de plusieurs défauts :

- la formation du solide fait intervenir une réaction rédox qui implique de mettre ce chapitre en pré-requis sans que ça ne soit utile par ailleurs,
- on ne voit pas ici un solide d'un seul matériaux mais un plaquage de cuivre sur du fer,
- on ne peut pas faire de lien fort entre l'expérience et les propriétés étudiées dans la leçon,

- l'expérience ne fait pas intervenir de geste technique particulier et elle est extrêmement qualitative.

Autour des valeurs de la République et des thématiques relevant de la laïcité et de la citoyenneté :

Un élève rentre en classe avec un bandana particulier autour des cheveux. Vous pensez qu'il pourrait s'agir d'un symbole religieux. Que faites-vous ?

Question sur la laïcité, bien traitée dans la fiche 3 du vademecum déjà fourni. Tous les cas pratiques ne sont évidemment pas à connaître par cœur, mais ils répondent tous à des principes communs qu'il est bon d'avoir en tête pour répondre aux questions.

Par ailleurs, la question plus générale du port de la casquette ou d'une capuche en classe, par exemple, est précisée par le règlement intérieur de chaque établissement, dans les limites d'une tenue acceptable sont souvent définies.

Propositions de manipulations – Bibliographie :

Exemples sur réseau 2D pour illustrer les définitions de base : H-prépa.

Utilisation du logiciel VESTA (exemples d'utilisation détaillés dans Flore DUNAC et Jean-François Le MARÉCHAL. Expériences de chimie. Dunod, 2019), ChimGéné

Utilisation de modèles atomiques

Idées d'expériences : formation de cristaux de sulfate de cuivre (en préparation), dissolution de solides moléculaires et ioniques et mesure de la conductivité, fonte endothermique de solides (et mesures de températures de fusion associées), mesures de masse volumique et liens à la structure cristalline (Flore DUNAC et Jean-François Le MARÉCHAL. Expériences de chimie. Dunod, 2019), transitions de phase du fer (JFLM 2).

LC Titre : Solides cristallins

Présentée par : Gabriel Gouraux

Correcteur :

date : 12/12/19

Compte rendu leçon élève

| Bibliographie de la leçon : | | | |
|-----------------------------|---------|--------------------|------|
| Titre | Auteurs | Editeur (année) | ISBN |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

| Plan détaillé |
|---------------|
|---------------|

Niveau choisi pour la leçon : CPGE

I. Etat cristallin

1) Cristal parfait

Définition : cristal parfait : un empilement tripériodique de particules, sans défaut et de dimensions infinies.

C'est un modèle.

Quelques outils :

Réseau : empilement tripériodique de points (les noeuds) déduits des translations :

$$\vec{r} = n\vec{a} + p\vec{b} + k\vec{c}.$$

Maille : unité de pavage de l'espace.

C'est un parallélépipède, qui n'est pas unique.

Motif : le contenu de la maille (atome, ion...).

Expérience : clou en fer dans une solution de sulfate de cuivre, du cuivre métallique se dépose du le clou.

Démonstration de la maille cdc avec le logiciel Vesta.

2) Maille cristalline

Population : nombre d'éléments propres à la maille. Pour la cfc, $p = (1/8)*8 + (1/2)*6 = 4$

Coordinance : nombre de plus proches voisins d'un élément. Cfc : 12 ppv.

Compacité : rapport du volume occupé dans une maille par le volume de la maille.

$$\text{Cfc} : c = \frac{pV_{occ}}{V_{Maille}} = \frac{4 \times \pi r^3 / 3}{a^3}, \text{ où } a \text{ est le paramètre de maille.}$$

Quel est le lien entre a et r ?

Condition de tangence : $4a = a\sqrt{2}$, d'où

$$c = \frac{\pi\sqrt{2}}{6} \approx 0.74$$

3) Classification des cristaux

*Cristaux covalents (atomes liés par des liaisons covalentes)

*Cristaux ioniques (deux réseaux intriqués, cohésion d'ensemble par forces coulombiennes et répulsion par le principe d'exclusion)

*Cristaux moléculaires (molécules liées par interactions de VdW ou I-H)

*Cristaux métalliques

II. Cristal métallique

1) Liaison métallique

Liaison métallique : résultat de la délocalisation des électrons sur l'ensemble du

réseau formé par les cations fixes avec formation d'un mer d'électrons.

2) Propriétés

*Très bonne conductivité électrique (qui est responsable de l'éclat métallique) et aussi thermique. Ceci est dû aux électrons libres.

*Malléabilité : on peut déformer les métaux sans les rompre.

*Ductilité : on peut en faire des fils.

3) Alliages

Alliage par substitution : les atomes originaux sont remplacés par d'autres.

Ex : alliage Cu-Au, existant sous deux formes, ordonnée ou désordonnée (selon comment l'or s'arrange).

Conditions de formation :

- mêmes structure cristallines
- rayons atomiques proches (à 15% près)

La compacité de la maille cdc vaut 0.74 : il reste de la place, on peut réaliser des alliages d'insertion dans les sites octa- et tétraédriques.

Alliage d'insertion : les atomes viennent de loger dans les sites (ou une parties d'entre eux) de la maille.

Ex: acier = fer + carbone dans les sites. L'acier a une fraction massique en carbone inférieure à 2%. Le principe est de rajouter des défauts, on perd la régularité, l'acier est donc plus dur. On peut jouer sur la fraction de carbone pour obtenir différentes propriétés. Pour une fraction supérieure à 2%, on obtient de la fonte, très cassante mais facile à couler.

On peut obtenir de l'acier inoxydable en rajoutant du chrome (10,5%) dans les sites octaédriques. Le chrome réagit préférentiellement avec l'oxygène de l'air, formant une couche d'oxyde qui protège le fer.

III. Autres cristaux

1) Cristal covalent

Allotrope : existence de plusieurs formes cristallines d'un même corps simple

ex : carbone (graphite et diamant).

Diamant : cfc + 50% de sites tétraédriques occupés. Très dur, isolant électrique, bon conducteur thermique.

Graphite : feuillets de graphène liés par des liaisons de VdW. Il y a des électrons délocalisés : bonne conductivité électrique dans le plan des feuillets, très mauvaise dans la direction orthogonale. Les liaisons de VdW sont faibles donc les feuillets peuvent coulisser les uns contre les autres : mines de crayons.

2) Cristal ionique

ex : NaCl

La cohésion est due aux forces de coulomb entre ions de charges opposées et la pression de dégénérescence entre ions de charges de même signe.

Structure cdc pour les cations + une décalée pour les anions, ce qui est équivalent à une maille cfc d'ions dont tous les sites octaédriques sont occupés par les contre-ions.

ions.

3) Cristal moléculaire

Molécules liées par des liaisons de VdW ou hydrogène.

Ex : la glace d'eau (liaisons H)

Conclusion : le cristal parfait est un modèle, on peut étudier expérimentalement les cristaux par diffraction des rayons X. Triangle de Ketelaar.

Questions posées

Quel est le domaine de validité du modèle du cristal parfait ?

Comment justifier entropiquement l'existence de défauts dans un cristal ?

Que doit retenir un élève des propriétés des cristaux parfaits ?

Comment expliquer la fragilité des cristaux ioniques ?

Comment faire le lien entre la conductivité électrique et la réflectivité ? Comment expliquer la couleur du cuivre ? Quels électrons en sont responsables ?

Comment étudier les cristaux sans faire d'expérience de diffraction ?

Qu'est-ce qui est vu au lycée sur le sujet ?

Quel est le lien entre la géométrie à l'échelle microscopique et celle à l'échelle macroscopique ?

Quelles sont les difficultés majeures ? Les élèves peuvent-ils profiter de l'utilisation de modèles en plastique ?

Peut-on trouver le logiciel Vesta facilement ? Est-il libre ? Qui produit les bases de données nécessaires à son utilisation ?

Quelle autre activité pédagogique en lien avec la leçon peut-on imaginer ?

Vesta peut-il mettre en évidence les sites interstitiels ?

Tous les cristaux covalents ont des allotropes ?

Le diamant est-il vraiment le matériau le plus dur ?

Comment tester la dureté relative de deux matériaux ?

Comment justifier les propriétés de l'acier ? Des autres alliages ?

Pourquoi lorsqu'on réalise un alliage le paramètre de maille change ? Quel sont les rayons atomique du cuivre et de l'or ?

Quelle maille a la compacité maximale ? Comment l'expliquer ?

Question agir :

Un élève entre en cours avec un bandana dont vous pouvez penser qu'il s'agit d'un signe religieux, que faites vous ?

Commentaires

Expérience 1 - Titre :

Référence complète :

Équation chimique et but de la manip :

Modification par rapport
au mode opératoire décrit :

Commentaire éventuel :

Phase présentée au jury :

Durée de la manip :

Expérience 2 - Titre :

Référence complète :

Équation chimique et but de la manip :

Modification par rapport
au mode opératoire décrit :

Commentaire éventuel :

Phase présentée au jury :

Durée de la manip :

Expérience 3 - Titre :

Référence complète :

Équation chimique et but de la manip :

Modification par rapport
au mode opératoire décrit :

Commentaire éventuel :

Phase présentée au jury :

Durée de la manip :

Expérience 4 - Titre :

Référence complète :

Équation chimique et but de la manip :

Modification par rapport
au mode opératoire décrit :

Commentaire éventuel :

Phase présentée au jury :

Durée de la manip :

Expérience 5 - Titre :

Référence complète :

Équation chimique et but de la manip :

Modification par rapport
au mode opératoire décrit :

Commentaire éventuel :

Phase présentée au jury :

Durée de la manip :

Compétence « Autour des valeurs de la République et des thématiques relevant de la laïcité et de la citoyenneté »

Question posée :

Réponse proposée :

Commentaires du correcteur :

LC 17 Titre : Solides cristallins

Présentée par : Xavier DUMOULIN

Correcteur : Nicolas DEBONS

Date : 24/04/2020

Compte-rendu leçon correcteur

Rappels de définitions, concepts à aborder lors de la leçon :

Le chapitre peut paraître assez vaste mais il est possible de couvrir tout le programme en une leçon. Cela dit, il est également possible de laisser de côté une petite portion du programme et de proposer de la traiter en TD par exemple, ce qui peut permettre de rendre la leçon plus personnelle et de dégager un peu de temps pour faire des expériences. Par ailleurs, le titre indique logiquement de commencer par des définitions, pour ensuite illustrer ces notions abstraites sur des cas concrets (solides métallique, ionique, covalent et/ou moléculaire). C'est un chapitre qui est aride, car on y définit de nombreux concepts nouveaux. Il faut je pense **assumer ces définitions comme un contrat** qui proposerait en échange la compréhension de phénomènes connus depuis longtemps : pourquoi la glace flotte-t-elle, comment peut-il exister plusieurs types, quelles structures microscopiques permettent de justifier un tel écart entre les propriétés du graphite et du diamant... D'où la nécessité d'une **iconographie** personnelle et abondante afin d'attiser un maximum l'intérêt des futur.e.s élève.s.

Une ouverture classique en **conclusion** peut être l'évocation des **défauts** et leur rôle prépondérant dans certaines propriétés des cristaux. Attention, il ne s'agit pas seulement de les introduire en conclusion mais de pouvoir en donner des exemples et de s'être un minimum documenté dessus en amont ou pendant la préparation de la leçon (cf biblio pour des ouvrages intéressants dans ce sens).

L'utilisation de **modèles moléculaires 3D** pour aider ceux qui ne voient pas dans l'espace, ainsi que la visualisation de mailles *via* un **logiciel** dédié, sont incontournables dans cette leçon.

Voici les extraits des programmes correspondants : MPSI (*idem* PTSI)

| Notions et contenus | Capacités exigibles |
|---|---|
| Modèle du cristal parfait | |
| Description du cristal parfait ; population, coordinence, compacité, masse volumique. | Décrire un cristal parfait comme un assemblage de mailles parallélépipédiques. Déterminer la population, la coordinence et la compacité pour une structure fournie. Déterminer la valeur de la masse volumique d'un matériau cristallisé selon une structure cristalline fournie. |

| | |
|--|---|
| | Relier le rayon métallique, covalent, de van der Waals ou ionique, selon le cas, aux paramètres d'une maille donnée. Utiliser un logiciel ou des modèles cristallins pour visualiser des mailles et des sites interstitiels et pour déterminer des paramètres géométriques. |
| Limites du modèle du cristal parfait. | Confronter des données expérimentales aux prévisions du modèle. |
| Métaux et cristaux métalliques Description des modèles d'empilement compact de sphères identiques. Maille conventionnelle cubique à faces centrées (CFC). | Relier les caractéristiques de la liaison métallique (ordre de grandeur énergétique, non directionnalité) aux propriétés macroscopiques des métaux. Localiser, dénombrer les sites tétraédriques et octaédriques d'une maille CFC et déterminer leur habitabilité. Approche documentaire : à partir de documents, découvrir quelques alliages, leurs propriétés et leurs utilisations. |
| Solides covalents et moléculaires | Relier les caractéristiques des liaisons covalentes, des interactions de van der Waals et des liaisons hydrogène (directionnalité ou non, ordre de grandeur des énergies mises en jeu) et les propriétés macroscopiques des solides correspondants. |
| Solides ioniques | Relier les caractéristiques de l'interaction ionique dans le cadre du modèle ionique parfait (ordre de grandeur de l'énergie d'interaction, non directionnalité, charge localisée) avec les propriétés macroscopiques des solides ioniques. |

Remarque (pour information) : enseignement scientifique (première générale, 2019) :

| | |
|--|--|
| 1.2 - Des édifices ordonnés : les cristaux | |
| L'organisation moléculaire étant déjà connue, ce thème aborde une autre forme d'organisation de la matière : l'état cristallin (qui revêt une importance majeure, tant pour la connaissance de la nature - minéraux et roches, squelettes, etc. - que pour ses applications techniques). La compréhension de cette organisation au travers des exemples choisis mobilise des connaissances sur la géométrie du cube. Elle fournit l'occasion de développer des compétences de représentation dans l'espace et de calculs de volumes. | |
| Savoirs | Savoir-faire |
| Le chlorure de sodium solide (présent dans les roches, ou issu de l'évaporation de l'eau de mer) est constitué d'un empilement régulier d'ions : c'est l'état cristallin. | Utiliser une représentation 3D informatisée du cristal de chlorure de sodium. Relier l'organisation de la maille au niveau microscopique à la structure du cristal au niveau macroscopique. |

| | |
|--|---|
| <p>Plus généralement, une structure cristalline est définie par une maille élémentaire répétée périodiquement. Un type cristallin est défini par la forme géométrique de la maille, la nature et la position dans cette maille des entités qui le constituent.</p> <p>Les cristaux les plus simples peuvent être décrits par une maille cubique que la géométrie du cube permet de caractériser. La position des entités dans cette maille distingue les réseaux cubique simple et cubique à faces centrées.</p> <p>La structure microscopique du cristal conditionne certaines de ses propriétés macroscopiques, dont sa masse volumique.</p> | <p>Pour chacun des deux réseaux (cubique simple et cubique à faces centrées) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - représenter la maille en perspective cavalière ; - calculer la compacité dans le cas d'entités chimiques sphériques tangentes ; - dénombrer les atomes par maille et calculer la masse volumique du cristal. |
| <p>Un composé de formule chimique donnée peut cristalliser sous différents types de structures qui ont des propriétés macroscopiques différentes. Ainsi les minéraux se caractérisent par leur composition chimique et leur organisation cristalline. Une roche est formée de l'association de cristaux d'un même minéral ou de plusieurs minéraux. Des structures cristallines existent aussi dans les organismes biologiques (coquille, squelette, calcul rénal, etc.).</p> | <p>Distinguer, en termes d'échelle et d'organisation spatiale, maille, cristal, minéral, roche.</p> <p>Les identifier sur un échantillon ou une image.</p> |
| <p>Dans le cas des solides amorphes, l'empilement d'entités se fait sans ordre géométrique. C'est le cas du verre. Certaines roches volcaniques contiennent du verre, issu de la solidification très rapide d'une lave.</p> | <p>Mettre en relation la structure amorphe ou cristalline d'une roche et les conditions de son refroidissement.</p> |

Avis sur le plan proposé, choix des exemples et des expériences :

Le plan de la leçon proposée ici au niveau CPGE est le suivant :

I – Modèle du cristal parfait. 1) Structure cristalline : formalisme. 2) Empilement compact de sphères dures : présentation des mailles.

II – Propriétés des mailles cristallines : la maille CFC du cuivre. 1) Définitions. 2) Compacité et masse volumique. 3) Sites interstitiels.

III – Diversité ces cristaux et des propriétés. 1) Cristaux covalents. 2) Propriétés des métaux.

Le plan est bon. On peut en effet se dispenser de la description exhaustive des types de cristaux avec ceux ionique et moléculaire, en sachant le justifier bien-sûr. Il faut encore plus nourrir ce plan je pense d'exemples nombreux, d'iconographie abondante une nouvelle fois, de modèles moléculaires, de visualisation 3D sur un logiciel,... Il faut imaginer tout ce qui pourrait intéresser un.e étudiant.e face à ce chapitre lourd. On peut exposer des exemples en introduction qui serviront de fil rouge, comme cela a été le cas ici avec le cuivre.

Enfin, on peut, en introduction, mettre en évidence que, dans cette leçon où on ne traitera que des solides cristallins et pas des solides amorphes, on verra néanmoins des solides aux propriétés visiblement très différentes (cuivre, sel de table, sucre...) et qu'on pourra expliquer ces différences notamment au regard des type d'interaction en jeu au sein des cristaux qui les constituent.

Remarques sur des points spécifiques de la leçon :

Pour parler de défauts, on peut les classer en 3 catégories (cf Dorlot). Les défauts :

- 3D : précipité, inclusion.
- 2D : joint de grain, macule.
- 1D : dislocation, substitution, lacune, insertion.

Attention, ne pas citer des cours de la prépa agrég pour ne pas fausser l'anonymat, et citer les sites internet avec leur adresse exacte, accompagnée de la date et de l'heure auxquelles vous les avez consultés.

Pour pallier le manque d'expériences véritablement pertinentes pour cette leçon, la manipulation didactique, descriptive et approfondie des modèles de cristaux, numériques et sous forme de modèles moléculaires, est indispensable.

Insister sur les différences entre les types d'interactions (force, directionnalité...), par exemple dans un tableau résumé construit au fur et à mesure et faire le lien entre les ordres de grandeurs d'énergies d'interaction et les propriétés observées me semble important également. Fournir des exemples d'application est une contextualisation qui me paraît intéressante.

Enfin, se préparer pour les questions à savoir parler de **diffraction à rayons X (DRX)**, technique indispensable lorsqu'on étudie des cristaux et qu'on souhaite déterminer les paramètres de maille ; et de **diagrammes binaires** lorsqu'il s'agit de savoir comment on sait quelles quantités mélanger dans un contexte industriel pour préparer tel ou tel alliage (l'exemple acier/fonte est très parlant).

Discussion sur les manipulations présentées au cours du montage (objectifs de l'expérience, phases de manipulations intéressantes, difficultés théoriques et techniques) :

Les expériences étant assez limitées dans cette leçon, il s'agit de les diversifier un maximum.

Expérience 1 : Croissance de cristaux de sulfate de cuivre pentahydraté sur un fil trempant dans une solution concentrée de sulfate de cuivre en cours de refroidissement.

Pour être sûr de la robustesse de cette expérience, il faudrait voir si la cinétique de croissance des cristaux peut être contrôlée : combien de temps faut-il pour que la croissance commence ? Faut-il utiliser un bain de glace ou laisser la température décroître lentement ? Selon les cas, on peut :

- Lancer la croissance des cristaux en début de leçon et reprendre l'expérience en fin de leçon pour montrer la complexité de la forme des cristaux obtenus. Cela pose de nombreuses questions : pourquoi ces faces ? pourquoi pas un parallélépipède unique comme attendu dans le modèle du cristal parfait ? comment caractériser ces cristaux ? Etc etc. Cela permet de parler du **cristal réel**, de **DRX**, de faire un peu d'**histoire de la physique**, de parler de **prix Nobel**, de faire un lien avec la **biologie** (structure de l'ADN découverte *via* la DRX en 1962, et plus généralement de l'intérêt de cristalliser des protéines pour en connaître l'exakte structure)... il y en a pour tous les goûts ! Comme pour l'iconographie, il s'agit dans cette leçon aride de nourrir le discours de contexte historique, de prix Nobel, d'exemples de structures cristallines dans d'autres domaines pour attiser l'appétit des étudiants envers cette partie de la chimie qui peut souvent rebuter.
- Lancer la croissance des cristaux pendant la préparation et les avoir de prêts au début de la leçon. La température de décomposition de ces cristaux pentahydratés étant de 110°C (**attention**, il ne s'agit pas de température de fusion car $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ se transforme en

CuO, SO₃ ainsi que d'éventuels sels cuivreux blancs comme Cu(OH)₂, on peut alors utiliser le banc Köfler (on peut également l'utiliser dans le scénario précédent).

Expérience 2 : Simulation sur ChimGéné des empilements de types ABA ou ABC de sphères dures. Simulation très pertinente, mais limitée pour ceux qui ne voient pas en 3D. Adjoindre l'utilisation de modèles moléculaires le jour J.

Expérience 3 : Mesure de la masse volumique du cuivre.

Très bonne idée d'expérience avec la préparation d'une fiole jaugée. Très bien de procéder à un calcul d'incertitudes ensuite.

Expérience 4 : Simulation sur ChimGéné des mailles du diamant et du graphite.

Très pertinent. On peut choisir l'exemple des différents types de glace ou encore d'autres exemples selon les goûts.

Autour des valeurs de la République et des thématiques relevant de la laïcité et de la citoyenneté :

Vous êtes actuellement professeur en lycée. La période qui s'ouvre met les élèves devant une obligation de présence et une futilité des notes obtenues. Comment comptez-vous motiver vos élèves pour cette nouvelle période ?

Je reprends ce que j'ai écrit dans le compte-rendu de la leçon LC20. J'essaie de ratisser large au niveau des questions qui se posent dans cette nouvelle configuration post-(dé-)confinement.

Il s'agit d'une question ouverte afin de faire naître une réflexion sur la nouvelle place du professeur dans cette période d'entre-deux qui se dessine et qui risque d'être vouée à perdurer. Comment faire cours à une partie de la classe chez elle, et une autre partie présente ? Outre les difficultés logistiques, dans le cadre de cette question, je pense qu'il faut aborder la question de la cohésion sociale attendue par l'école vue en tant qu'institution. Les élèves qui seront présents en classe faute de moyens de suivre l'avancée du programme de chez eux présenteront du retard. L'Ecole étant également vectrice d'égalité, comment y adjoindre la fraternité ? Faut-il que le professeur s'efface derrière l'entraide entre les élèves présents virtuellement et ceux présents physiquement afin qu'ils ne se sentent pas désocialisés ? Ne faudrait-il pas repenser le format de cours magistral usuellement mis en place au lycée ? Comment ne pas exclure ceux absents physiquement ? Comment ne pas stigmatiser ceux présents ? Comment aider ces derniers à rattraper leur retard ? Que peut-on imaginer comme format d'enseignement d'habitude impossible à mettre en place ? Faut-il privilégier la classe inversée pour ne pas discriminer ceux qui seraient peu présents physiquement ? Ne faut-il pas repenser les expériences de sciences physiques vers des expériences écologiques réalisables chez soi ? etc etc etc. Beaucoup de questions sur lesquelles je vous engage à réfléchir pour avoir des idées originales à proposer le jour J ainsi qu'avec vos futur.e.s collègues !

Enfin, je vous rappelle qu'il s'agit de la **dernière impression** que vous allez laisser sur le jury lors de cet entretien d'embauche, donc prenez bien le temps d'y réfléchir entre deux rédactions de plan pour laisser la meilleure dernière impression possible ☺

Propositions de manipulations – Bibliographie :

Cf Biblio du compte-rendu précédent pour ce qui est illustration sur réseau 2D (H-Prépa matériaux inorganiques p. 79-80), logiciels (ChimGéné, Vesta), utilisation de modèles moléculaires et pistes expérimentales.

Pour en savoir plus sur les défauts :

- Avec une très jolie iconographie, le **Dorlot** p. 64-71
- PUF Collongues Solide cristallin
- BUP 961 Fleury
- Smart and Moore

LC 17 Titre : Solides cristallins

Présentée par : Xavier Dumoulin

Correcteur : Nicolas Debons

date : 24/04/2020

Compte rendu leçon élève

| Bibliographie de la leçon : | | | |
|---|--------------------|-----------------|------|
| Titre | Auteurs | Editeur (année) | ISBN |
| Cours Aurélien Chapitre 12 | | | |
| Expérience de Chimie | Dunac, Le Maréchal | Dunod 2019 | |
| https://www.youtube.com/watch?v=QdwKhbtzsug | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

| Plan détaillé |
|---|
| <p><u>Niveau choisi pour la leçon</u> : CPGE</p> <p>Prérequis :</p> <ul style="list-style-type: none">- Interactions de VdW,- Liaisons H,- Liaisons (ionique, covalente)- Solubilité- électrons de valence <p>Plan :</p> <p>I/ Modèle du cristal parfait, II/ Propriétés des mailles cristallines : la maille CFC du cuivre, III/ Diversité des cristaux et des propriétés</p> <p>Plan détaillé :</p> |

Intro : L'état solide comporte des solides amorphes qui sont des liquides figés (les verres ou les polymères par exemple), et les solides cristallins qui présentent un ordre plus important. C'est à cette dernière famille que nous allons nous intéresser.

Pour sentir cette structure ordonnée on peut faire une première expérience :

EXPERIENCE : Cristaux de CuSO_4

Faire chauffer de l'eau à 90°C (pour augmenter la solubilité et obtenir solution sursaturée). La saturer en CuSO_4 . Placer un caillou afin de permettre aux cristaux de germer (abaissement local de l'énergie potentielle). Laisser refroidir : les cristaux sont prêts en 2h environ.

<https://www.youtube.com/watch?v=ypZtH0mvPxE>

<https://www.youtube.com/watch?v=QdwKhbtzsug>

On observe une structure macroscopique ordonnée. Peut-on expliquer cette structure par une organisation microscopique ?

I/ Modèle du cristal parfait

1) Structure cristalline : formalisme

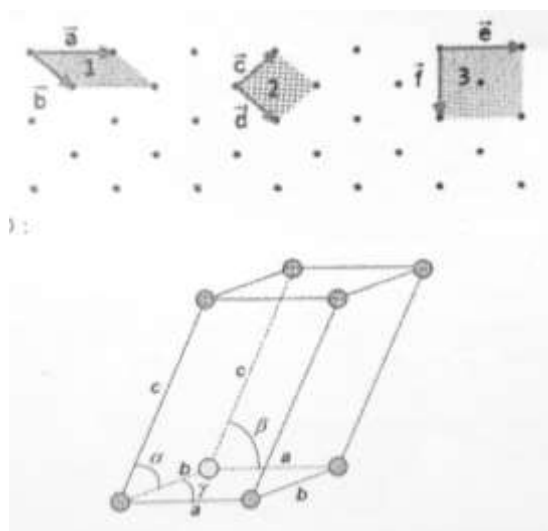
Dans toute cette leçon on se placera dans le modèle du cristal parfait. Autrement dit on supposera que les cristaux s'organisent selon une structure parfaitement régulière et répétable à l'infini dans les trois directions de l'espace.

On va donc commencer par donner toute la phénoménologie nécessaire à l'étude du cristal parfait. On va dire qu'un cristal est défini par deux choses : Un motif et un réseau.

Définition : Un réseau est un ensemble infini de points appelés nœuds se répétant de manière régulière dans les trois directions de l'espace.

Le réseau est un objet mathématique qui traduit la tri-périodicité spatiale de l'agencement des atomes dans un cristal. On peut donc le décrire de façon équivalente par un ensemble de trois vecteurs $(\vec{a}, \vec{b}, \vec{c})$. Deux nœuds se déduisent l'un de l'autre par une translation $n\vec{a} + m\vec{b} + l\vec{c}$ avec l, m, n entiers.

Définition : Le parallélogramme ou le parallélépipède défini par ces vecteurs est appelé maille du réseau.



Reste à définir le motif pour définir complètement le cristal

Définition : Le motif est la plus petite entité physique (atome, molécule, groupe d'ions) qui se répète par translation et permet ainsi d'obtenir le cristal en entier.

Exemples : Dans le cas du cristal de Fer, le motif est un atome de fer. Pour $NaCl$, le motif est un cation sodium et un anion chlorure à une distance bien définie. Dans le cas de la glace, le motif est une molécule d'eau

TR : On est resté ici très général pour simplement donner le formalisme. On peut l'appliquer au cas particulier de différents cristaux pour comprendre les propriétés de la maille cristalline

2) Empilement compact de sphères dures : présentation des mailles

Dans le modèle qu'on a pris, on suppose que le solide est constitué de sphères dures impénétrables et indéformables. L'idée est de voir comment réaliser un empilement de sphères dures le plus compact possible.

On peut faire un premier plan A de sphères toutes tangentes les unes aux autres. On peut ensuite au-dessus de ce plan mettre un second plan B dont les sphères se mettront dans les enclaves du premier. A ce deuxième plan se superpose enfin un troisième plan C dont les sphères vont également se placer dans les enclaves du second sans pour autant se placer comme celles du premier plan. La seule possibilité pour un autre plan de se mettre au-dessus du troisième est de se placer comme le premier plan A.

SIMULATION : Utiliser ChimGéné pour montrer les empilements.

TR : On appelle ce type d'agencement, un empilement de type ABC. Un tel empilement correspond à une maille dite Cubique à Faces centrées (CFC) avec des nœuds aux sommets et au centre de chaque face du cube. On va en étudier les différentes propriétés

II/ Propriétés des mailles cristallines : La maille CFC du cuivre.

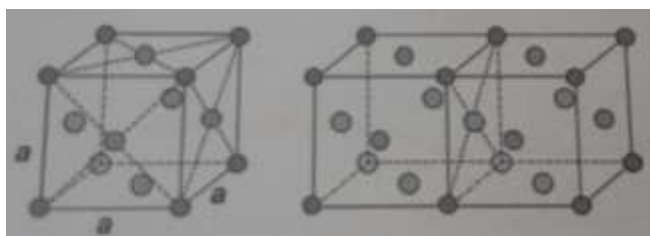
1) Définitions

Dans cette partie on considère que les nœuds des mailles sont occupés par des sphères de rayon r . On note a le paramètre de la maille.

Définition : On appelle population ou multiplicité de la maille, le nombre de motifs appartenant en propre à la maille.

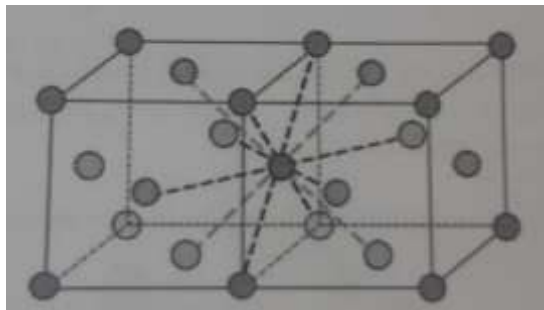
Pour le cuivre : $p = 6 * \frac{1}{2} + 8 * \frac{1}{8} = 4$. En effet, on a un motif au centre de chaque face donc 6 motifs au total. Chaque face est en contact avec deux mailles. Donc sur une maille, les 6 motifs des faces comptent pour 3. Il y a aussi un motif pour chaque sommet donc 8 motifs. Chaque sommet est en contact avec 8 mailles donc sur une maille chaque sommet compte pour 1.

Dans une maille CFC il y a au total 4 motifs par maille



Définition : On appelle coordinence pour un motif le nombre de plus proches voisins de ce motif.

La coordinnence de la maille CFC vaut 12.



Propriété : Condition de tangence. Dans une maille cristalline, on a dit que les sphères dures les plus proches les unes des autres sont en contact tangent et les nuages électroniques des entités motifs ne s'interpénètrent pas.

Sur la maille CFC, sur la diagonale d'une face (face de longueur a) la condition de tangence entraine : $a\sqrt{2} = 4r$. Poser Pythagore sur une face pour le faire proprement.

TR : Quelles sont les conséquences des caractéristiques de la maille CFC sur ces propriétés macroscopiques ?

2) Compacité et masse volumique

La compacité définit la quantité d'espace occupée par les sphères dans la maille. On va alors se rendre compte que la masse volumique du motif n'est pas la masse volumique du cristal.

En effet si on définit la compacité comme le rapport $C = \frac{V_{\text{sphères}}}{V_{\text{Maille}}}$ alors pour une maille CFC on a :

$C = \frac{p \cdot \frac{4}{3}\pi r^3}{a^3}$. En appliquant la condition de tangence, on a $C = \frac{\pi\sqrt{2}}{6} = 0.74$. Dans une maille CFC, 74% du volume de la maille est occupée.

Comme on n'occupe pas tout l'espace, dans la détermination de la masse volumique, on doit considérer ces espaces vides.

Ainsi, si on définit la masse volumique du cristal comme $\rho = \frac{m_{\text{maille}}}{V_{\text{maille}}} = p \cdot \frac{M_{\text{motif}}}{N_A \cdot V_{\text{maille}}}$ avec M_{motif} la masse molaire du motif considéré.

Dans le cas du cuivre on a un paramètre de maille qui vaut $a = 362\text{pm}$ et $M_{\text{motif}} = 63.546\text{ g.mol}^{-1}$. On en déduit donc qu'en théorie on a $\rho_{th} = 8.90\text{ g.cm}^{-3}$. Dans la littérature on donne $\rho = 8.96\text{ g.cm}^{-3}$.

EXPERIENCE : On propose de réaliser la mesure de cette masse volumique. Suivre Flore Dunac et Jean-François le Maréchal. Expériences de chimie, Dunod 2019.

Pour cela, on place une masse connue de copeaux de cuivre dans une fiole jaugée. Compléter avec de l'eau. Peser la masse d'eau et remonter à la masse volumique par : $\rho = \frac{m_{\text{Cu}}}{V_{\text{Cu}}}$ avec $V_{\text{Cu}} = V_{\text{fiole}} - \frac{m_{\text{eau}}}{\rho_{\text{eau}}}$. ATTENTION la masse volumique de l'eau dépend de la température. Bien agiter pour éviter le piégeage de l'air.

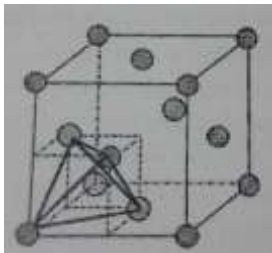
TR : Ici, la compacité du cristal vaut 74% puisqu'on a une maille CFC. Cela veut dire qu'il reste 26% d'espace vide. Dans cette espace peuvent se glisser des espèces dans les sites interstitiels.

3) Sites interstitiels.

On distingue deux types de sites interstitiels :

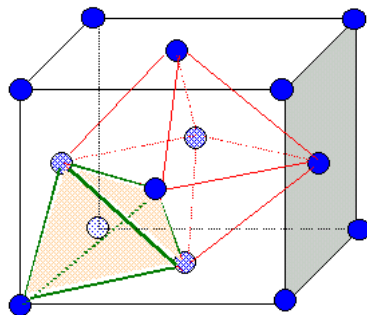
Les sites tétraédriques qui se situent au centre d'un tétraèdre défini par 4 atomes de la maille. Les sites tétra sont au centre des 8 cubes d'arête $\frac{a}{2}$ qu'on peut voir dans le cube. Faire dessin au tableau.

Pour info : en travaillant le long d'une diagonale le long d'un petit cube pour obtenir la condition



de tangence : $r + r_T = \frac{a\sqrt{3}}{4}$

Les sites octaédriques qui se situent au centre d'un octaèdre défini par 6 atomes de la maille. Dans un CFC on a en propre dans chaque maille 4 sites octaédriques.



Source image : <http://www.chimix.com/an12/cap12/ag5.html>

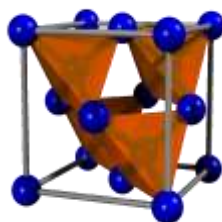
La taille du site octaédrique est définie par le rayon r_0 de la plus grosse sphère dure qui peut s'y loger. Si l'on regarde le long d'une arête on a la condition de tangence : $2r_0 + 2r = a$.

TR : On peut typiquement observer le remplissage de ces sites dans différents types de cristaux comme des alliages de métaux ou dans le sel de table. On se propose justement maintenant d'étudier ces différents types de cristaux et comment ces phénomènes microscopiques se reflètent à l'échelle macroscopique.

III/ Diversité des cristaux et des propriétés

1) Cristaux covalents

Dans le cas du diamant, on constate que 4 atomes de carbone se sont insérés dans la moitié des sites tétraédriques de la maille CFC de carbone. (Source image Wikipédia)



Dans le cas du diamant, on a un matériau très rigide, et isolant. On peut comprendre ces propriétés par l'aspect de la maille.

En effet, la coordinence des atomes de carbone vaut 4 soit le nombre d'électrons de valence de l'atome. Chaque atome met en jeu ses 4 électrons de valence pour effectuer une liaison : Il n'y a pas d'électron libre et donc pas de conduction du courant.

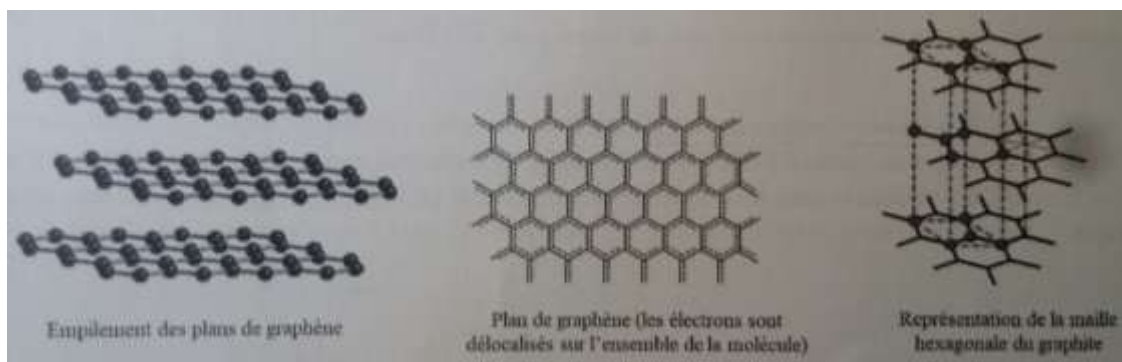
Pour la rigidité du matériau, on n'a que des liaisons covalentes entre les atomes. On a donc des liaisons très localisées et fortes ($300\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$).

Pour mettre en évidence l'importance de l'agencement on peut regarder une autre variété allotropique, **c'est-à-dire une autre forme cristalline du carbone** : le graphite.

Dans le cas du graphite, on a des empilements de mailles hexagonales compactes liées entre elles par des liaisons de VdW faibles et faciles à casser d'où la friabilité du matériau. On remarque aussi que des doubles liaisons peuvent se délocaliser d'où la conductivité dans 2 dimensions de l'espace du matériau.

MONTREZ MAILLES DIAMANT ET CARBONE SUR VESTA OU CHIMIEGENE

| | Diamant | Graphite |
|--------------------------------------|-----------------|--|
| Température de changement d'état | 3500°C (fusion) | 3642°C (sublimation) |
| Dureté | Extrêmement dur | Friable |
| Aspect | Transparent | Noir opaque |
| Propriétés électriques et thermiques | Isolant | Conducteur dans 2 directions de l'espace ; isolant dans la troisième direction |



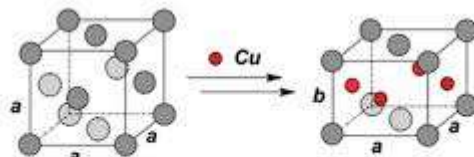
TR : Ce n'est pas le seul type de cristal dans lequel on observe la présence d'atomes dans les sites interstitiels

2) Propriétés des métaux

Un des métaux les plus connus reste l'acier utilisé dans de nombreux domaines de l'industrie. L'acier est en réalité un alliage de différents métaux. On distingue deux types d'alliage :

Alliage d'insertion : Des atomes ou des ions suffisamment petits peuvent occuper les sites interstitiels de la maille. Plus on rajoute d'atomes dans ces sites, plus le glissement entre les plans de glissement est difficile et les propriétés mécaniques sont renforcées. Pour l'acier, plus on veut un acier résistant et dur, plus on introduit d'atomes de carbone dans les sites.

Alliage de substitution : on remplace certains atomes du réseau hôte par des atomes d'un autre élément (ex : AgCu). Ces alliages sont possibles lorsque les éléments cristallisent dans le même type de maille et que leurs rayons sont comparables.



La maille CFC de l'argent (gauche) et la maille du composé AgCu (droite), avec une des dimensions de la maille qui est raccourcie du fait de la taille plus petite des atomes de cuivre.

On fait ces alliages pour jouer sur les propriétés des métaux tels que leur conductivité ou leur malléabilité.

CCL : L'étude de la structure cristalline microscopique permet d'interpréter les propriétés macroscopiques des solides cristallins tels que la conductivité ou la dureté d'un matériau.

On aurait aussi pu s'intéresser à un cristal dans lequel on a des liaisons ioniques ou un cristal dont les sites octa étaient occupés comme le chlorure de sodium ou le sel de table (Ici je ne l'ai pas fait parce que je n'aurais pas eu le temps je pense).

Questions posées

Pourquoi avoir choisi les cristaux covalents et métalliques au dépend des cristaux ioniques ?

Plus intéressant dans le choix de ton plan.

Variétés allotropiques du carbone notions intéressantes

Pourquoi il y a deux variétés allotropiques ?

Cela dépend des conditions thermodynamiques : carbone graphite majoritaire dans les conditions standards de pression et de température

Le diamant se forme à quelles conditions ?

Haute pression

Quelle interaction de VdW dans le graphite, ordre de grandeur ?

Interactions de London, entre 10 et 50 kJ/mol

On parle aussi de pi-stacking

Diamant non conducteur, pourquoi ?

Les électrons sont engagés dans la formation des liaisons covalentes

Comment sont préparés les alliages, sur quoi se basent-ils ?

Utilisation des diagrammes binaires

Jusqu'à quel pourcentage de carbone je peux aller dans l'acier ?

Quelques pourcents de carbone – 10% c'est de la fonte

Avez-vous d'autres idées d'alliages ?

Dans les semi-conducteurs

Alliages Nickel-Chrome

Comment fait-on des cristaux de silicium ?

On fait pousser des cristaux : procédé Schokraski (je ne suis pas sûr de l'orthographe)

Masse volumique de l'eau « à la bonne température », cela veut dire quoi ?

Prendre une valeur tabulée à la bonne température

Comment varie-t-elle en fonction de la température ?

Expérience : eau chaude en haut et eau froide en bas

Dans l'eau les molécules se distancient au fur et à mesure que la température augmente ?

On n'aura jamais la réponse à cette question

Explication de la manipulation de la détermination de la masse volumique du cuivre ?

Mettre le cuivre à la bonne couleur

De quelle couleur sera la solution à la fin ?

Pas d'oxydation du cuivre

En quoi consiste l'expérience du sulfate de cuivre ? Pourquoi l'avoir choisie pour introduire le chapitre ?

Apparition d'une notion d'ordre : la poudre n'est pas organisée alors que le cristal l'est fortement. Il s'agit d'une expérience simple en la laissant posée deux-trois heures ?

Que pourriez-vous faire de ces cristaux ?

Mesure de la température de fusion sur banc Kofler.

Quelle est cette température ?

Pourquoi y a-t-il des reflets ?

Pourquoi il n'y a pas un unique parallélipède ?

Défauts

Est-ce que le solide cristallin présenté est un solide réel ?

Non il s'agit du modèle du cristal parfait

Quelles sont les limites à ce modèle ?

Rupture de périodicité

Défauts

Défauts tridimensionnels, bidimensionnels, unidimensionnels : auriez-vous des exemples ?

Précipités, dislocation ou inclusion en 3D

Joints de grain en 2D

Qu'est-ce que le paramètre de maille ?

Dans le cas d'une CFC, c'est la longueur de l'arête du cube

C'est ce que l'on mesure en diffraction de rayons X mais il a plusieurs paramètres de maille

Dans le cas d'une maille rhomboédrique ?

On s'en fiche

Dans quelle technique ce paramètre est important ?

Comment caractériser les cristaux ?

Diffraction de rayons X

De quand date cette technique ? *en 1900*

Des noms ? *Bragg -> relation de périodicité*

Est-ce qu'il y a qu'une période dans un cristal ? *Non, tridimensionnel*

Comment sait-on si l'empilement est ABA ou ABC ? Est-ce que quelque chose influence le type d'empilement ?

L'expérience qui le montre.

Avez-vous un exemple d'empilement hexagonal compact ? *Graphite*

Aurions-nous pu anticiper cet empilement ? *Apport d'énergie pas suffisant pour faire une CFC*

Comment faire quand on ne voit pas dans l'espace pour cette leçon ?

Logiciel gratuit ; modèles moléculaires (seule solution 3D)

Vous auriez préféré le logiciel ou les modèles moléculaires ?

Les deux, c'est mieux et cela permet de varier les rythmes

Source : « Aurélien Bailly, Chapitre 12, Solides cristallins », c'est un livre ?

Cours en ligne

Quelles activités pluridisciplinaires pourriez-vous envisager dans cette leçon ?

Anglais : articles de recherche

Mathématiques : en première pour la géométrie dans l'espace

Physique : diffraction de rayons X

Biologie : en géologie ADN également pour la SVT

Seulement en géologie, auriez-vous un deuxième exemple ? Prix Nobel assez-particulier ? (Dans les années 50)

ADN : utilisation de rayons de X pour des cristaux de protéines (lien avec la SVT)

Il existe différentes techniques permettant de cristalliser des protéines

Quel cadre pour un voyage scolaire pour illustrer cette leçon ? Est-ce qu'un voyage serait intéressant ?

Milieu montagneux pour la géologie

Cristaux de sel

Allotropie pour le carbone, connaissez-vous un autre matériau commun présentant différentes variétés allotropiques ? Où les trouve-t-on ?

La glace.

Pourquoi la glace flotte ? *Densité inférieure à celle de l'eau*

Commentaires

Commentaires :

- Leçon un peu rude car il faut se taper toutes les définitions
- Vidéo du début est très bien car simple (mais le faire en vrai si c'est possible)
- Il est possible et il faut ajouter de l'iconographie
- Tic de parole : beaucoup « voilà »

Expérience 1 - Titre : Synthèse de cristaux de CuSO_4

Référence complète : Cf Intro CR plus haut

Équation chimique et but de la manip : But de la manip : montrer qu'on a un ordre à l'échelle macroscopique

Modification par rapport au mode opératoire décrit : En raison du confinement, cette expérience n'a jamais été effectivement réalisée

Phase présentée au jury : Mélange des grains de sulfate de cuivre dans la solution sursaturée. On montre ensuite ce qu'on a obtenu après avoir attendu plusieurs heures en préparation

Durée de la manip : ~2h

Expérience 2 - Titre : Mesure de la masse volumique du cuivre

Référence complète : Flore Dunac et Jean-François le Maréchal. Expériences de chimie Dunod 2019

Équation chimique et but de la manip : But vérifier que la masse volumique calculée théoriquement à partir du modèle du cristal parfait correspond bien à celle qu'on mesure en réalité.

Modification par rapport

au mode opératoire décrit : Idem, en raison du confinement cette expérience n'a pas été réalisée

Commentaire éventuel :

Phase présentée au jury : Introduction de l'eau dans la fiole jusqu'au trait de jauge et peser de la fiole remplie. Avec un tableur ou un programme python on rentre les valeurs et on obtient directement les mesures avec les incertitudes

Durée de la manip : 5-10 minutes en préparation pour le faire bien. 1-2 minutes devant le jury.

Compétence « Autour des valeurs de la République et des thématiques relevant de la laïcité et de la citoyenneté »

Question posée : Vous êtes actuellement professeur en lycée. Les élèves doivent être présents (obligation de présence) alors que les notes ne comptent plus. Comment les motiver pour venir en cours tout de même ?

Réponse proposée : *Les connaissances seront potentiellement utiles pour les années supérieures.*

Les prochaines semaines seront en effectifs réduits donc développement d'activités réalisables plus facilement avec ce type d'effectif (expériences, analyse de document avec débat).

Commentaires du correcteur :

Cette période actuelle est peut-être amenée à durer ou à se répéter.

Il peut être intéressant de se projeter dans son futur métier de professeur.

Recréer une cohésion de la classe en utilisant les nouvelles technologies.