





**FICHE ENSEIGNANT****I. Repères du programme :**

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) : - 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.

**II. Description des cartes de réalité augmentée à disposition :**

Cartes d'indices en réalité augmentée : Ces cartes permettent de donner des indices visuels aux élèves pour avancer dans leur démarche.			
Carte 1	Représentation des sphères, ½ sphères, etc... sans légende		
Carte 2	Dans un cube, démonstration visuelle de la valeur des diagonales des faces et des diagonales internes du cube.		
Carte 3	Cubique simple	Sphères tangentes + mailles voisines en transparence (un bouton pour mettre en valeur la maille)	
Carte 4	Cubique simple Calcul du nombre d'atomes par maille	Sphères tangentes de la maille avec représentation de sphères, ½ sphères, 1/8 sphères... + maille avec arrêtes.	Paramètre de la maille a représenté + rayon des sphères
Carte 5	Cubique simple. Condition de contact au niveau des arrêtes	Sphères tangentes de la maille avec mise en valeur des contacts au niveau des sphères. Matérialisation de la ligne de contact à utiliser.	Paramètre de la maille a représenté + rayon des sphères

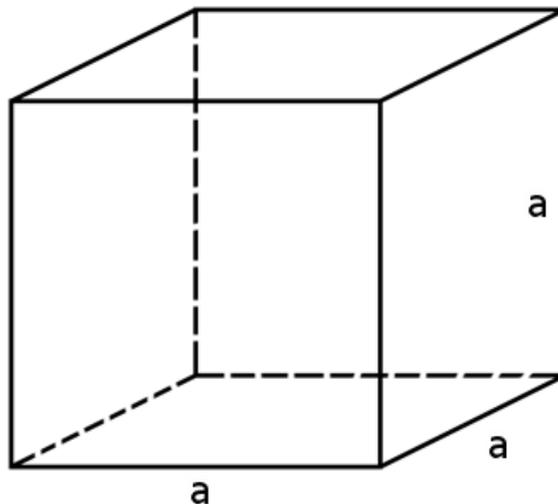
Carte 6	Cubique centré	Sphères tangentes + mailles voisines en transparence (un bouton pour mettre en valeur la maille)	
Carte 7	Cubique centré Calcul du nombre d'atomes par maille	Sphères tangentes de la maille avec représentation de sphères, $\frac{1}{2}$ sphères, $\frac{1}{8}$ sphères... + maille avec arrêtes.	Paramètre de la maille a représenté + rayon des sphères
Carte 8	Cubique centré. Condition de contact au niveau des arrêtes	Sphères tangentes de la maille avec mise en valeur des contacts au niveau des sphères. Matérialisation de la ligne de contact à utiliser.	Paramètre de la maille a représenté + rayon des sphères
Carte 9	Cubique faces centrées	Sphères tangentes + mailles voisines en transparence (un bouton pour mettre en valeur la maille)	
Carte 10	Cubique faces centrées Calcul du nombre d'atomes par maille	Sphères tangentes de la maille avec représentation de sphères, $\frac{1}{2}$ sphères, $\frac{1}{8}$ sphères... + maille avec arrêtes.	Paramètre de la maille a représenté + rayon des sphères
Carte 11	Cubique faces centrées. Condition de contact au niveau des arrêtes	Sphères tangentes de la maille avec mise en valeur des contacts au niveau des sphères. Matérialisation de la ligne de contact à utiliser. Indices moins mis en évidence pour autonomie de l'élève	Paramètre de la maille a représenté + rayon des sphères

Cartes de systèmes cristallins : Ces cartes permettent d'évaluer la capacité des élèves à reconnaître des systèmes cristallins déjà vus, ou des systèmes cristallins connexes.		
Carte 12	Or	Cubique faces centrées
Carte 13	Fer (minerai)	Cubique centré
Carte 14	Pechblende	Cubique simple
Carte 15	Fluorine	Cubique faces centrées et sites tétraédriques
Carte 16	Chlorure de sodium	Cubique faces centrées et sites octaédriques
Carte 17	Blende ZnS	Cubique faces centrées et sites tétraédriques partiels

## FICHE ELEVE

### Questionnaire introductif :

1. **A l'aide de la carte 1**, attribuer à chaque figure les légendes suivantes, et notez les couleurs utilisées :
  - a. Une sphère
  - b. Une  $\frac{1}{2}$  sphère
  - c. Un  $\frac{1}{4}$  de sphère
  - d. Un  $\frac{1}{6}$  de sphère
  - e. Un  $\frac{1}{8}$  de sphère
  - f. Un  $\frac{1}{10}$  de sphère
  - g. Un  $\frac{1}{16}$  de sphère
2. **A l'aide de la carte 2**, prendre note des relations des longueurs dans un cube.



a représente le « paramètre » de la maille, c'est-à-dire la longueur d'un côté du cube.

### I. Marie Curie et la découverte d'un élément inconnu...



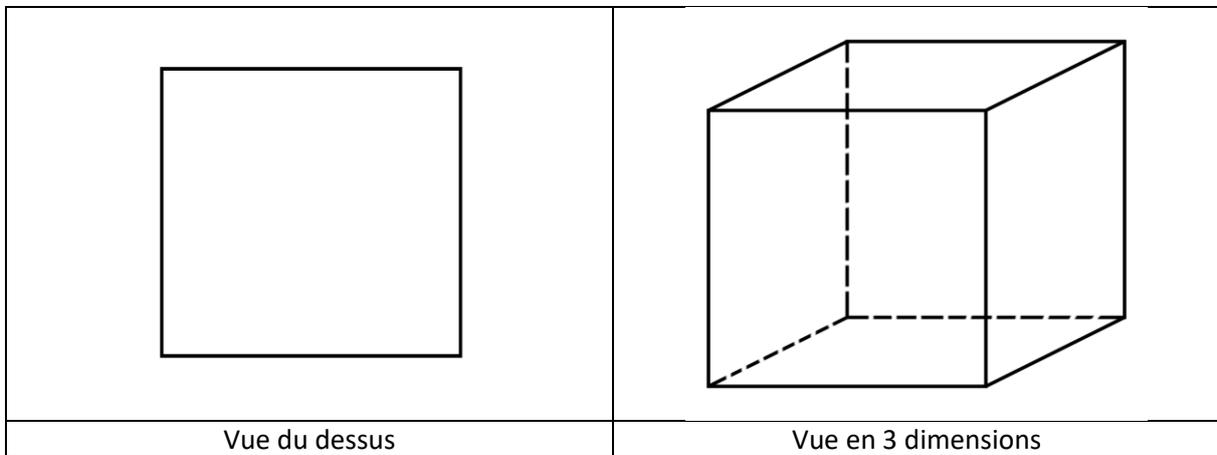
La Pechblende (à gauche) est un minéral contenant (entre autres) de l'Uranium à l'état naturel, dont le principal gisement se trouvait en République tchèque. En 1898, et après traitement de plusieurs tonnes de Pechblende, Marie Curie met en évidence que ce minéral contient également d'autres éléments chimiques naturellement radioactifs, le radon et le polonium.

Le polonium découvert dispose d'une structure dite « cubique simple », découvrons ensemble cette structure et d'autres par la suite...

II. Structure « cubique simple » :

3. **A l'aide de la carte 3**, proposer une définition d'une « maille » et décrire comment sont organisés les atomes. *Utilisez le sélecteur central qui permet d'afficher une seule maille.*

4. Toujours à l'aide **de la carte 3**, représenter ci-dessous, une seule maille.



**Point méthode : Comment calculer la compacité d'un cristal ?**

La compacité d'un cristal indique est une valeur comprise entre 0 et 1, qui détermine l'espace occupé par les atomes dans la maille. C'est, pour le dire simplement, le taux de remplissage du cube représentant la maille par les atomes. Par exemple, une compacité de 0.74 indique que 74% du volume de la maille cubique est remplie par des atomes, le reste étant du vide. Plus la compacité sera importante, plus le matériau sera dense.

Pour calculer la compacité, il faut suivre les étapes suivantes :

**Etape 1 : Trouver le nombre d'atomes par maille**

**Utilisez la carte 4.** Vous observez une maille de graphite, une structure dite « cubique simple ». Pour déterminer le nombre d'atomes par maille, il faut compter quelle proportion de chaque sphère occupe l'intérieur du cube représentant la maille. Pour cela, appuyez sur le sélecteur, seules les parties internes au cube s'affichent alors. Si vous reprenez la toute première question, vous pouvez observer que seulement 1/8<sup>ème</sup> de chaque sphère est interne au cube.

Pour déterminer le nombre d'atomes par maille, il suffit alors d'additionner chaque contribution de chaque sphère. Ici, 8 sphères pour une contribution de 1/8<sup>ème</sup>.

Donc le nombre d'atomes par maille  $N = 8 * (1/8) = 1$  atome par maille.

**Etape 2 : Trouver la condition de contact entre les sphères :**

**Utilisez la carte 5.** Nous voulons exprimer le paramètre de la maille  $a$ , c'est-à-dire la longueur d'un côté du cube, rapport aux rayons  $R$  des atomes de Carbone. Pourquoi ? Vous allez comprendre après ...

Il faut ainsi trouver la condition de contact de chaque sphère. En utilisant la carte 5, utilisez le sélecteur pour afficher la condition de contact. Ici, les sphères se touchent le long des arêtes du cube. On peut donc écrire, et vous pouvez l'observer sur la carte, que la paramètre de la maille  $a$ , vaut 2 fois le rayon des sphères.

Donc  $a = 2 * R$

**Etape 3 : Calculer la compacité :**

La compacité correspond au taux de remplissage du cube représentant la maille. C'est le rapport entre le volume des atomes interne au cube et le volume du cube.

$$C = \frac{V_{\text{atomes internes au cube}}}{V_{\text{cube}}}$$

**Expression de  $V_{\text{atomes internes au cube}}$  :**

$$V_{\text{atomes internes au cube}} = \text{Nombre d'atomes par maille} * \text{Volume d'une sphère}$$

$$V_{\text{atomes internes au cube}} = N * \frac{4}{3} * \pi * R^3$$

**Expression de  $V_{\text{cube}}$  :**

$$V_{\text{cube}} = a^3 = (2 * R)^3$$

**Donc :**

$$C = \frac{N * \frac{4}{3} * \pi * R^3}{(2 * R)^3} = \frac{N * \frac{4}{3} * \pi * R^3}{2^3 * R^3}$$

On simplifie par  $R^3$ . C'est tout l'intérêt de l'étape « condition de contact », dont le but est d'exprimer le paramètre de la maille  $a$  en fonction du rayon des sphères  $R$ . Sans cela, on ne pourrait faire de simplification par  $R^3$ . Nous ne pourrions aller plus loin.

$$C = \frac{N * \frac{4}{3} * \pi * R^3}{(2 * R)^3} = \frac{N * \frac{4}{3} * \pi}{2^3}$$

On remplace  $N$  par 1 et on effectue le calcul

$$C = \frac{1 * \frac{4}{3} * \pi}{2^3} = 0.52$$

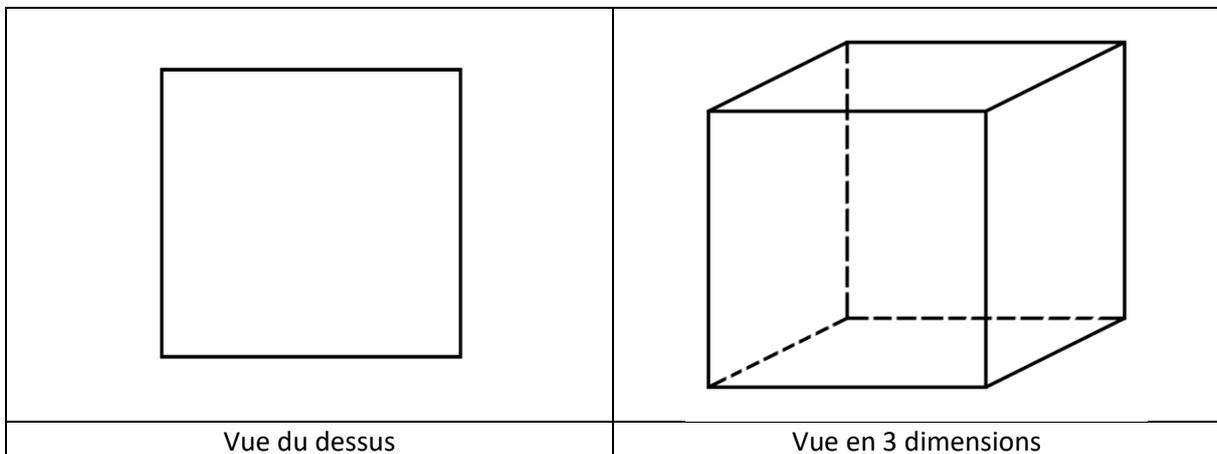
Les atomes dans la maille « cubique simple » remplissent 52% du volume de la maille. C'est à dire que quasiment la moitié du volume de la maille n'est pas occupé. C'est une structure assez peu dense par rapport à celles que nous allons étudier par la suite.

**III. Structure cubique centrée :**

La structure « cubique centrée » est une structure adaptée par les cristaux métalliques, comme le Fer, le Cuivre, l'Argent. C'est la structure qui a inspiré l'Atomium à Bruxelles, monument emblématique de la ville.

5. **A l'aide de la carte 6**, décrire comment sont organisés les atomes. *Utilisez le sélecteur central qui permet d'afficher une seule maille.*

6. Toujours à l'aide **de la carte 6**, représenter ci-dessous, une seule maille.



En utilisant le point méthode « Comment calculer la compacité d'un cristal ? », déterminer la compacité  $C$  de cette structure.

Vous disposez des indices suivants pour vous aider pour chaque étape.

**Etape 1 : Trouver le nombre d'atomes par maille**

Relire la **question 1** et la **carte 7**. Appuyez sur le sélecteur pour afficher l'indice.

**Etape 2 : Trouver la condition de contact entre les sphères**

Utilisez la **carte 8** et appuyez sur le sélecteur pour afficher l'indice.

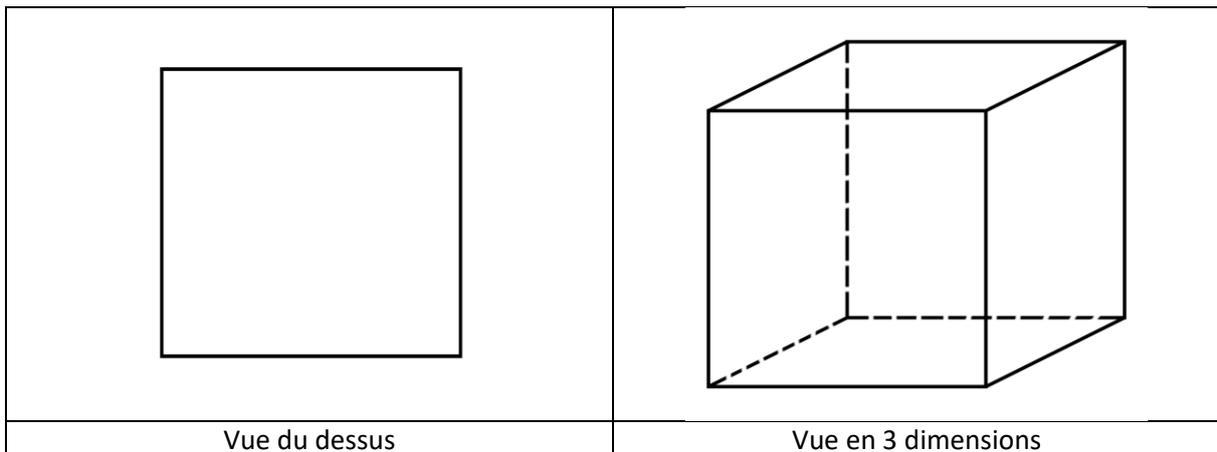
**Etape 3 : Calculer la compacité :**

Indice : Vous devez trouver une valeur supérieure à 0,52.

**IV. Structure cubique faces centrées :**

7. **A l'aide de la carte 9**, décrire comment sont organisés les atomes. *Utilisez le sélecteur central qui permet d'afficher les différentes couches successives.*

8. Toujours à l'aide **de la carte 9**, représenter ci-dessous, une seule maille.



En utilisant le point méthode « Comment calculer la compacité d'un cristal ? », déterminer la compacité C de cette structure.

Vous disposez des indices suivants pour vous aider pour chaque étape.

**Etape 1 : Trouver le nombre d'atomes par maille**

Relire la **question 1** et la **carte 10**. Appuyez sur le sélecteur pour afficher l'indice.

**Etape 2 : Trouver la condition de contact entre les sphères**

**Utilisez la carte 11** (seules les sphères à étudier sont surlignées, à vous de trouver la condition de contact cette fois !)

**Etape 3 : Calculer la compacité :**

Débrouillez-vous 😊

9. Question bonus. En utilisant la carte 9, 10 et 11. Indiquez sur la représentation en 3D, à quelle couche appartient chaque atome.

**V. Exercice d'application :**

10. **A l'aide des cartes 12, 13 et 14**, indiquez le type de structure, le nombre d'atomes par maille et la compacité

**VI. Des structures plus exotiques ...**

**A l'aide des cartes 15, 16 et 17**, de la Fluorine, le chlorure de sodium et la blende, répondez aux questions suivantes :

11. Trouver le nombre d'atomes par maille pour chaque type d'atomes composant le cristal.

12. A partir de la question précédente, trouvez la formule brute de chaque cristal. (une formule brute s'écrit, par exemple,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ , etc... )