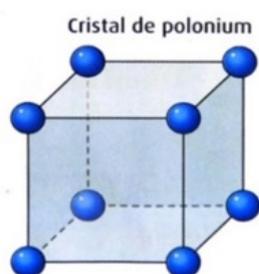


<b>Thème 1 - une longue histoire de la matière</b>	<b>Chapitre 1 - Des édifices ordonnés : les cristaux</b>	1ère Enseignement scientifique
<i>Fiche 2 - Des réseaux cristallins singuliers</i>		

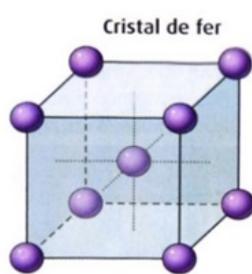
Les structures cristallines sont présentes autour de nous : dans la neige, dans le sucre, dans les sels comme le chlorure de sodium mais aussi dans de nombreuses roches. La connaissance de la forme géométrique de la maille, de la nature et de la position des entités chimiques, permet de décrire complètement un cristal.

**L'utilisation de ces informations permet-elle également de déterminer certaines de ses propriétés?**

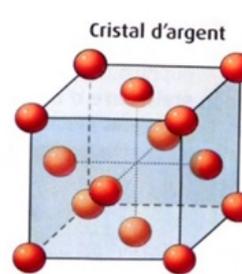
Document 1 - Trois exemples de mailles de structures cristallines cubiques monoatomiques



Cubique simple



Cubique centré



Cubique à faces centrées

Document 2 - Définition de la multiplicité  $Z$  d'une maille

Tableau de contribution d'un atome à la maille en fonction de sa position		
Place d'un atome dans la maille	Nombre de mailles qui se partagent l'atome	Contribution de l'atome à la maille
Centre		1
Face		$\frac{1}{2}$
Arête		$\frac{1}{4}$
Sommet		$\frac{1}{8}$

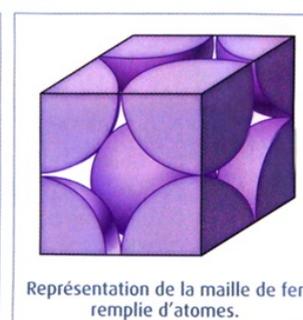
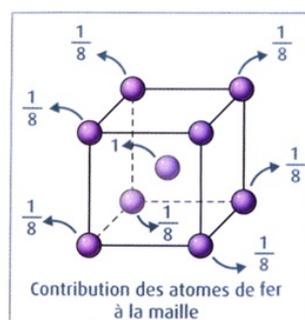
La multiplicité  $Z$  d'une maille est égale au nombre total d'atomes par maille. Une maille est dite primitive si  $Z=1$ . Sinon elle est dite multiple.

**Exemple de calcul pour le fer :**

Dans le cas du cristal de fer, un atome au sommet de la maille est partagé entre 8 mailles. Sa contribution à la maille est donc de  $\frac{1}{8}$  d'atome. Or, dans une maille, il y a des atomes aux 8 sommets donc leur contribution totale est de  $8 \times \frac{1}{8} = 1$ . L'atome au centre de la maille n'est partagé avec aucune autre maille et a donc une contribution de 1. La multiplicité étant égale à la somme des contributions des atomes, on obtient donc :

$$Z = \left(8 \times \frac{1}{8}\right) + (1 \times 1) = 2.$$

La multiplicité du cristal de fer vaut 2.

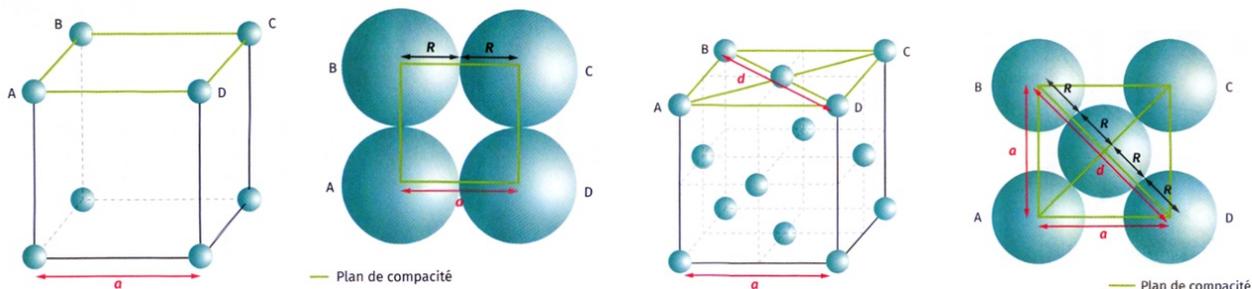


**Aide :** Logiciel MinUsc pour visualiser des mailles et vérifier la multiplicité :

<http://www.librairiedemolecules.education.fr/outils/minusc/> ou en flashant :



Document 3 - Longueur des arêtes des mailles pour les cristaux de polonium (Po) et d'argent (Ag)



**Maille du polonium :**  $a = 2 \times R$  où  $a_{Po} = 336$  pm      **Maille de l'argent :**  $a = \frac{4 \times R}{\sqrt{2}}$  où  $a_{Ag} = 409$  pm

Document 4 - Calcul de la masse volumique  $\rho$  et de la compacité  $C$  d'un cristal cubique monoatomique

**COMPACTITÉ**

La compacité  $C$  mesure l'occupation du volume de la maille par les atomes. C'est un nombre sans dimension, compris entre 0 et 1.

$$C = \frac{V_{\text{atomes}}}{V_{\text{maille}}}$$

Les atomes étant sphériques,  $V_{\text{atome}} = \frac{4}{3} \pi r^3$

Avec  $r$  = rayon d'un atome

**Avec  $r$  et  $a$  dans la même unité !**

Donc:

$$C = \frac{Z \times \frac{4}{3} \pi r^3}{a^3}$$

**MASSE VOLUMIQUE**

La masse volumique  $\rho$  d'un cristal s'exprime en  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ .

$$\rho = \frac{m_{\text{maille}}}{V_{\text{maille}}}$$

La maille étant cubique,  $V_{\text{maille}} = a^3$

Avec  $a$  = longueur de l'arête de la maille en cm

Par ailleurs,  $m_{\text{maille}} = Z \times m_{\text{atome}} = Z \times \frac{M_{\text{atome}}}{N}$

Avec:  $N$  = Nombre d'Avogadro =  $6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$   
 $M_{\text{atome}}$  = masse molaire de l'atome en  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

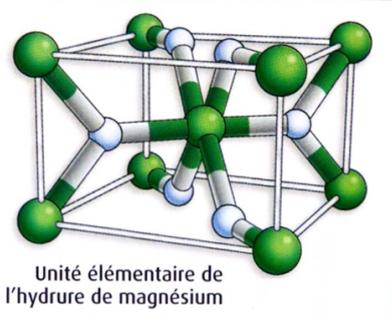
Donc:

$$\rho = \frac{Z \times \frac{M_{\text{atome}}}{N}}{a^3}$$

Document 5 - Stocker de l'hydrogène dans les cristaux

L'hydrogène est utilisé en grandes quantités dans certains procédés industriels, et commence à être employé comme carburant pour les véhicules. Le stockage sous forme gazeuse ou liquide présente des risques puisqu'une fuite peut entraîner une explosion. C'est pourquoi une méthode de stockage solide a été mise au point, en hébergeant l'hydrogène dans des

métaux comme le magnésium. Une solution plus sûre et qui permet de stocker plus d'hydrogène par mètre cube. Le magnésium est d'abord broyé en une fine poudre afin d'obtenir de petits cristaux, puis l'hydrogène gazeux et envoyé sur ces cristaux qui « absorbent » les atomes d'hydrogène pour former un hydruure de magnésium ( $\text{MgH}_2$ ).



Questions (à partir des documents précédents)

**Structure cristalline cubique simple :**

1. Calculer la multiplicité  $Z$  de la maille de structure cubique simple (Doc 1 et 2).
2. Exprimer puis calculer la compacité  $C$  de la structure cubique simple (Doc 3 et 4).
3. On considère qu'une structure cristalline est compacte lorsque sa compacité est égale à 0,74. Conclure.
4. Sachant que la masse d'un atome de polonium est  $m_{Po} = 3,47 \times 10^{-25}$  kg et son rayon  $r_{Po} = 0,168$  nm, calculer la masse volumique du polonium  $\rho_{Po}$  en  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$  puis en  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$  (Doc 3 et 4).

**Structure cristalline cubique à faces centrées (CFC) :**

5. Reprendre les questions 1 à 4 pour le cristal d'argent sachant que  $m_{Ag} = 1,79 \times 10^{-25}$  kg et  $r_{Ag} = 0,145$  nm. **Bonus :** démontrer la relation entre la longueur  $a$  de la maille et le rayon  $R$  de l'atome :  $a = \frac{4 \times R}{\sqrt{2}}$ .