

1^{ère}

Thème : Une longue histoire de la matière

TP + Cours

Ens. Scient.

Des édifices ordonnés : les cristaux

Chap.2

➤ **Objectifs** : Calculer la compacité d'un cristal et sa masse volumique

I. L'état solide

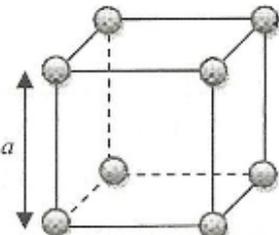
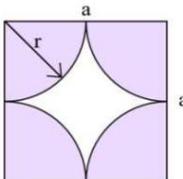
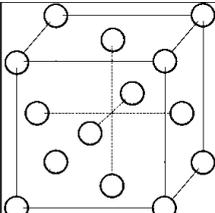
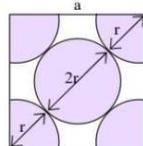
- L'état solide correspond à un état condensé de la matière obtenu par **solidification d'un liquide** ou par **condensation d'un gaz**.
- Deux types de solides existent selon l'organisation des entités (atomes, ions ou molécules) qui les composent. On distingue :
 - Les **solides amorphes**, les entités ne respectent aucun ordre, elles sont désordonnées.
 - Les **solides cristallins** respectent un ordre bien spécifique, elles sont organisées selon une géométrie précise.

II. Solide cristallin

- Un solide cristallin est en assemblage périodique régulier d'entités. Il existe :
 - Les **solides covalents** composés d'atomes
 - Les **solides ioniques** composés d'ions comme le chlorure de sodium solide
 - Les **solides moléculaires** composés de molécules.
- Différentes géométries sont possibles pour un solide cristallin. Pour définir la structure cristalline, on utilise une maille élémentaire qui sera répétée périodiquement dans le solide. Les cristaux les plus simples peuvent être décrits par une maille cubique.

III. Analyse des propriétés macroscopiques d'un cristal

Les réseaux cubique simple (CS) et cubique à faces centrées (CFC)

Réseau	Représentation de la maille	Représentation de boules indéformables
Cubique simple (CS)		
Cubique Faces Centrées (CFC)		

1. Approche expérimentale de la compacité d'un cristal

- **Définition** : La **compacité** correspond à la proportion d'espace occupé par les atomes dans le cube. Elle s'exprime sous la forme : $c = \frac{\text{volume occupé par les atomes}}{\text{volume du cube}}$. On appelle a l'arête du cube.

➤ **Protocole expérimental** : les billes symbolisent les entités d'un cristal

- 1.1. Introduire 15 billes dans une éprouvette graduée de 250 mL. Noter le volume total V occupé par les billes
V =
- 1.2. Peser l'éprouvette graduée : m = g
- 1.3. A l'aide d'un bécher, verser progressivement de l'eau jusqu'à ce qu'elle atteigne le volume V
- 1.4. Peser de nouveau l'éprouvette graduée et en déduire le volume V_{eau} d'eau ajoutée (ρ_{eau} = 1,0 g/mL)
V_{eau} =
- 1.5. Calculer la compacité du réseau de billes réalisé dans cette éprouvette avec la relation :
 $c = \frac{V_{billes}}{V} = \frac{V - V_{eau}}{V}$

2. Approche expérimentale de la masse volumique

- Certaines propriétés de la matière à l'état solide sont identiques à l'échelle macroscopique et à l'échelle de la maille. Il en est ainsi par exemple pour la masse volumique ρ (lire « rhô ») : $\rho = \frac{m}{V}$

2.1. Proposer un protocole expérimental pour déterminer la masse volumique d'une bille.

🔊 **Faire vérifier votre protocole avant de réaliser l'expérience.**

2.2. Déterminer la masse volumique ρ d'une bille.

3. Etude du réseau cubique simple (CS)

3.1. D'après la figure ci-contre, les entités aux sommets sont partagées par combien de mailles élémentaires ?

En déduire le nombre d'entité par maille.

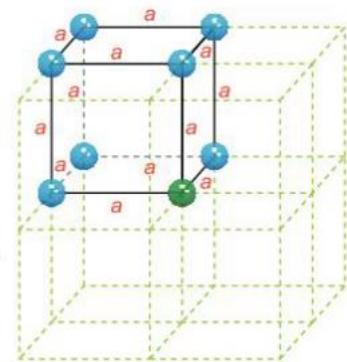
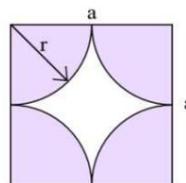
3.2. Les sphères étant en contact suivant l'arête a du cube, exprimer a en fonction du rayon r .

.....

En déduire l'expression de r en fonction de a

3.3. Le volume d'une sphère a pour expression : $V = \frac{4}{3} \pi r^3$. Démontrer que le volume de la sphère en fonction de

l'arête a peut s'exprimer par la relation $V = \frac{\pi}{6} a^3$. Donnée : $\left(\frac{a}{2}\right)^3 = \frac{a^3}{8}$



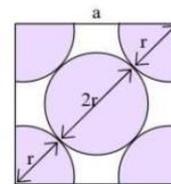
3.4. Calculer la compacité c du réseau CS. $c = \frac{\text{volume occupé par les atomes}}{\text{volume du cube}}$ en %.

4. Etude du réseau cubique faces centrées (CFC)

- Le cuivre est un métal constitué d'atomes de symbole Cu qui cristallise dans la structure cubique à faces centrées (CFC). Données : Pour le cuivre, paramètre de maille : $a = 361$ pm ;

4.1. D'après la figure page 1, les entités sur les faces sont partagées par combien de mailles élémentaires ?
En déduire le nombre d'entité par maille pour le réseau CFC.

4.2. Les sphères étant en contact suivant la diagonale d'une face du cube, calculer le rayon r de l'atome de cuivre (en pm). (Utiliser le théorème de Pythagore)



4.3. Le volume d'une sphère a pour expression : $V = \frac{4}{3} \pi r^3$. Calculer le volume V (en pm³) de la sphère.

4.4. Calculer la compacité c en % du réseau CFC du cuivre et le comparer à la compacité d'un réseau CS.

- La masse d'un atome de cuivre est $m = 1,05 \times 10^{-25}$ kg.

4.5. A partir du volume de la maille de cuivre, calculer la masse volumique ρ et comparer celle-ci avec la valeur de référence $\rho_{\text{référence}} = 8,9 \times 10^3$ kg.m⁻³. Donnée : 1 pm = 10⁻¹² m et $a = 361$ pm.