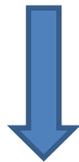
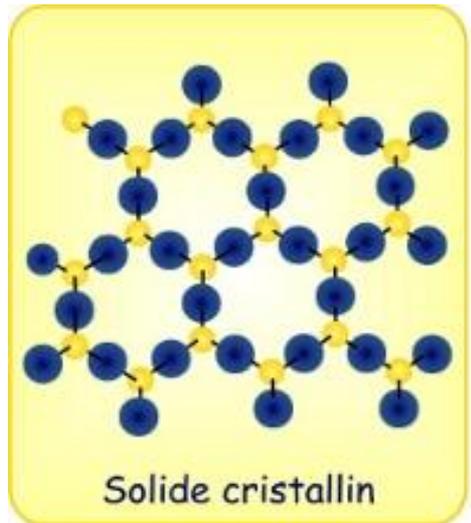


Modèle du cristal parfait

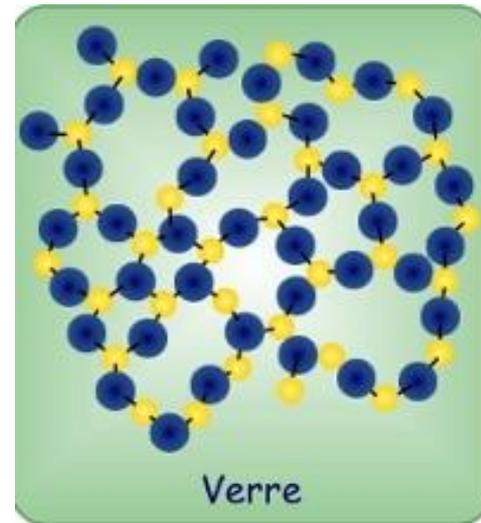


I. Les divers états solides de la matière

1. Les différents états solides



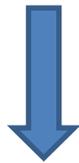
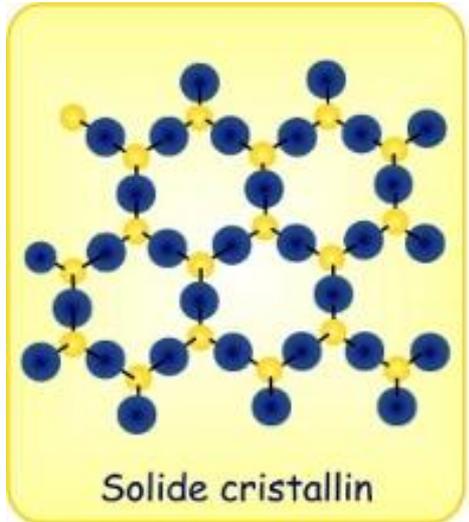
Ils correspondent à un assemblage régulier sur de larges domaines d'échelle microscopique.



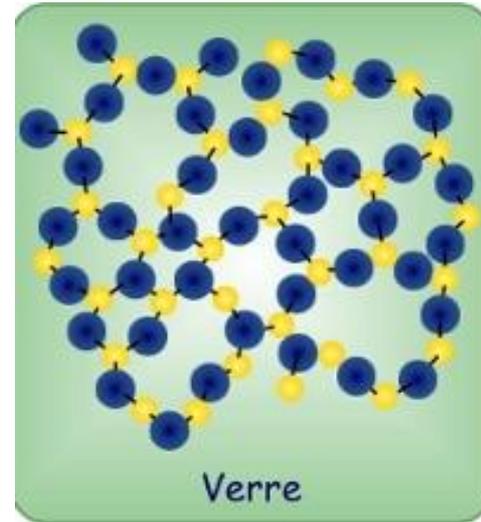
L'état amorphe est obtenu en figeant une structure désordonnée en la refroidissant rapidement.

I. Les divers états solides de la matière

1. Les différents états solides



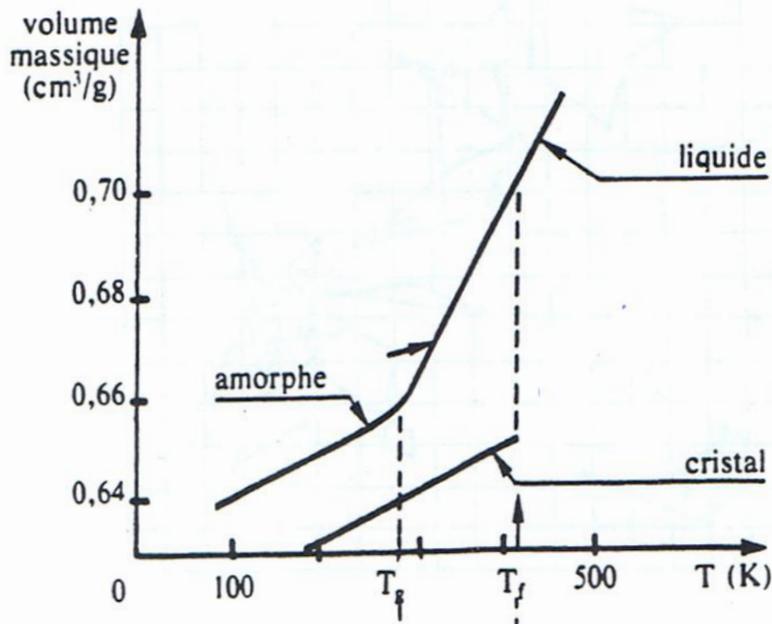
Ordre à « grandes » distances
 T_{fus} nette



Liquide figé
Etat métastable rare

I. Les divers états solides de la matière

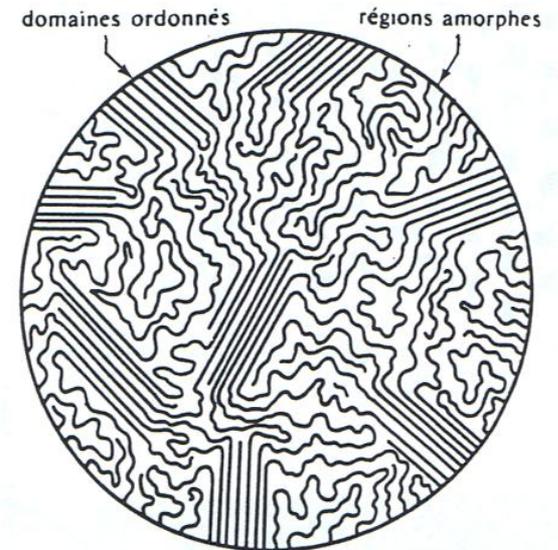
1. Les différents états solides



a. Commenter la courbe de la figure 2.

Le verre n'a pas de température de fusion franche à la différence du cristal. Le verre passe par un état pâteux entre l'état vitreux (dur et cassant) et l'état liquide.

Conclusion : Le cristal parfait et le solide amorphe constituent **deux limites** du niveau d'organisation de la matière à l'état solide.



I. Les divers états solides de la matière

2. Le cristal parfait

Le cristal parfait est donc un état d'ordre absolu.

Un cristal sera considéré parfait si l'ordre atomique est respecté sur **une cinquantaine de distances interatomiques**. **Chaque entité constituant le cristal sera considérée comme une sphère dure**.

La connaissance d'une partie élémentaire, dite **maille du réseau cristallin**, permet alors par répétition d'obtenir le cristal parfait.

I. Les divers états solides de la matière

3. Les différents types de cristaux

*Les éléments suivants existent à l'état solide : **Fe, NaCl, C, H₂O** ; mais ils appartiennent tous à des types de cristaux différents car les interactions entre les entités chimiques dans le solide sont différentes.*

b. Déterminer le nom de chaque famille de cristaux à partir des interactions qu'il existe entre les entités chimiques du solide.

- **Cristaux métalliques** : les entités sont des atomes métalliques et la liaison entre les atomes est appelée liaison métallique.
- **Cristaux ioniques** : les entités sont des ions de charges opposées et la cohésion se fait grâce aux interactions électrostatiques.

I. Les divers états solides de la matière

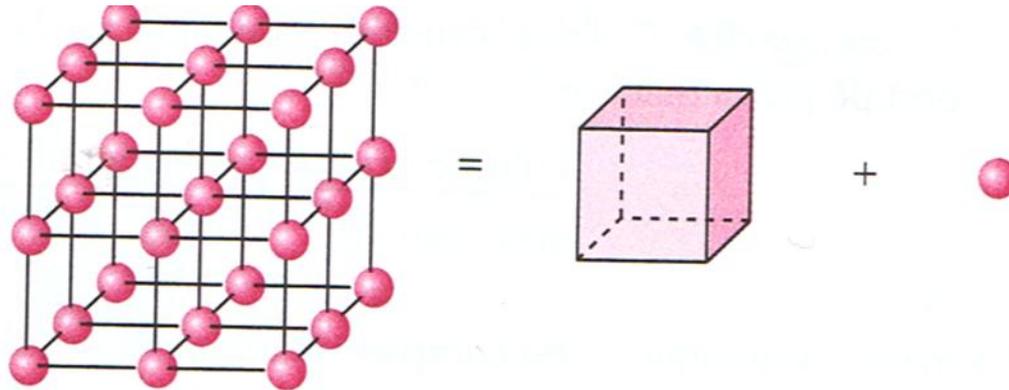
3. Les différents types de cristaux

Les éléments suivants existent à l'état solide : **Fe, NaCl, C, H₂O**

- **Cristaux covalents** : les entités sont des atomes non métalliques et la cohésion du solide est due à des liaisons covalentes entre les atomes.
- **Cristaux moléculaires** : les entités sont des molécules qui interagissent par liaisons de Van der Waals ou par liaisons hydrogènes.

Type de cristal	Métallique	Ionique	Covalent	Moléculaire
Energie de cohésion [en kJ/mol]	100 à 800	600 à 3000	200 à 500	5 à 40
T _{fus}	variable	élevée	élevée	faible

II. Définitions élémentaires de l'état cristallin



CRISTAL = Réseau + Motif

Les cristaux résultent de la répétition périodique d'un groupe d'atomes appelé **motif** dans l'espace à 3 dimensions. Leur description requiert un support géométrique appelé **réseau**.

II. Définitions élémentaires de l'état cristallin

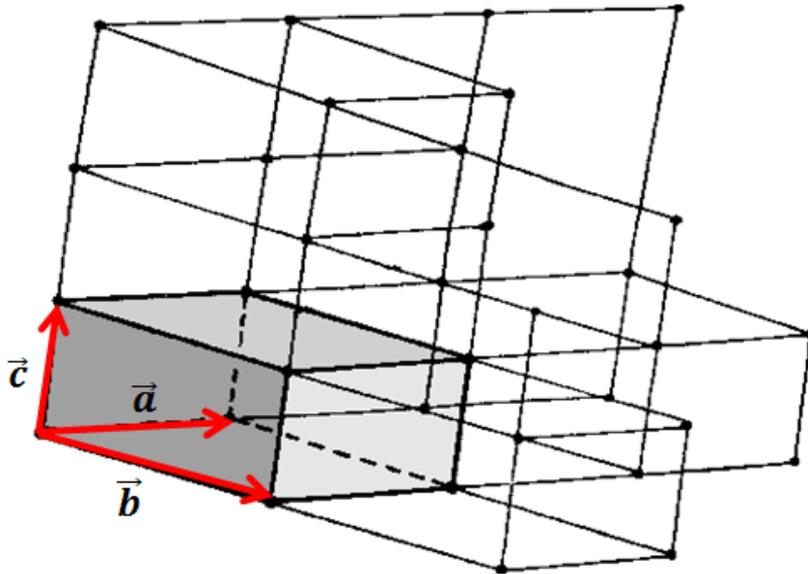
1. Le Motif

Le motif est la plus petite entité discernable qui se répète périodiquement par translation.

Il est possible de proposer une infinité de motifs pour effectuer la pavage de l'espace mais ces motifs contiendront toujours les mêmes objets.

II. Définitions élémentaires de l'état cristallin

2. Le Réseau



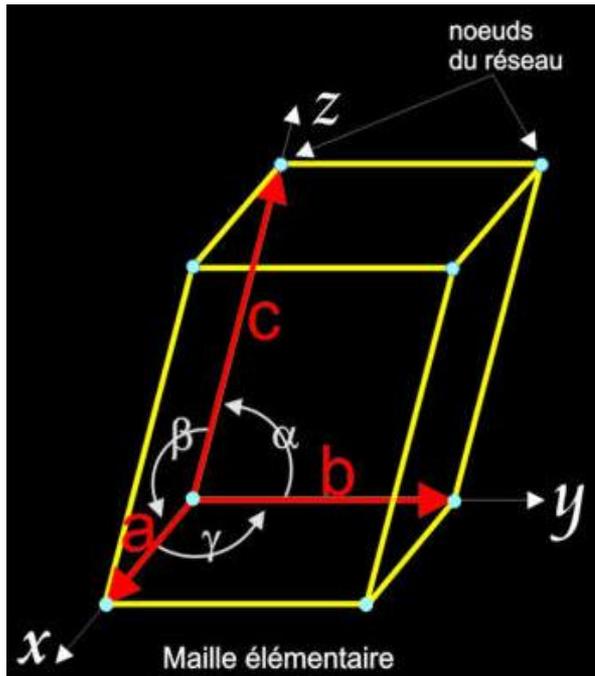
Le réseau est un ensemble infini triplement périodique de points, appelé nœuds, c'est donc une entité géométrique.

Ces nœuds se déduisent les uns des autres par translation, combinaisons linéaires de trois vecteurs $(\vec{a}, \vec{b}, \vec{c})$ non coplanaires et non colinéaires :

$$\vec{t} = u \cdot \vec{a} + v \cdot \vec{b} + w \cdot \vec{c} \quad \text{avec } u, v, w \text{ entiers.}$$

II. Définitions élémentaires de l'état cristallin

3. La Maille élémentaire



Il est plus simple de décrire le réseau de la structure en utilisant des **mailles**.

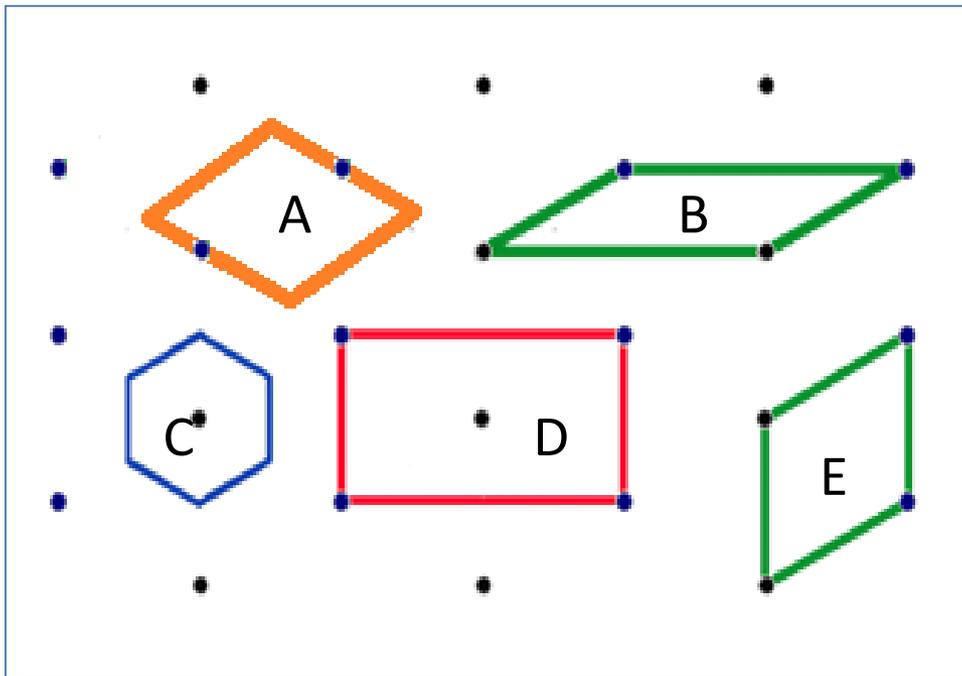
L'unité de pavage du réseau est une structure parallélépipédique : la maille.

Elle est définie au moyen de trois vecteurs $(\vec{a}, \vec{b}, \vec{c})$ ou de six scalaires : trois longueurs (a, b, c) et trois angles (α, β, γ) : **appelé paramètres de maille.**

II. Définitions élémentaires de l'état cristallin

3. La Maille élémentaire

d. Voici des exemples de mailles bidimensionnelles, compléter les phrases ci-dessous par la forme géométrique qui lui correspond.



A, B et E sont des **parallélogrammes** de surface égale à S .

C est une maille **hexagonale** de surface égale à S .

D est une maille **rectangulaire** de surface égale à $2 S$.

II. Définitions élémentaires de l'état cristallin

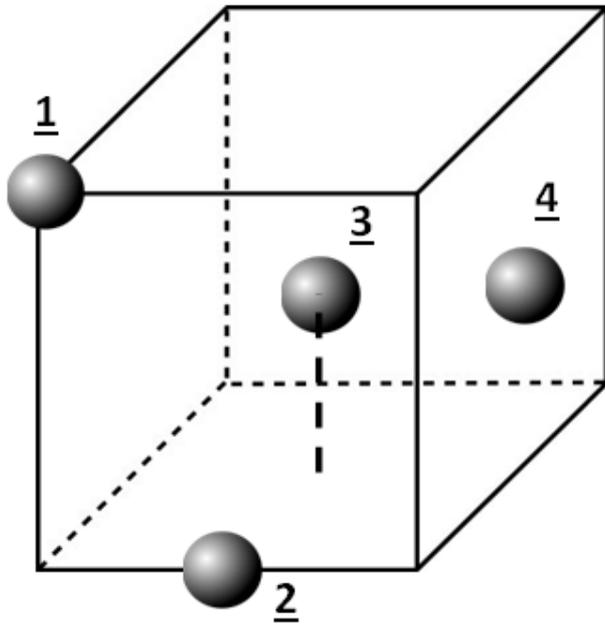
3. La Maille élémentaire

Il existe plusieurs caractérisations des mailles :

- Maille qui ne contient qu'un seul motif : **La maille simple**
- Maille qui contient plus d'un motif : **La maille multiple**
- Maille simple qui possède tous les éléments de symétrie du réseau : **La maille primitive**
- Maille multiple qui possède tous les éléments de symétrie du réseau : **La maille conventionnelle**

III. Caractéristiques des réseaux cristallins

1. Population ou multiplicité d'une maille



On appelle multiplicité ou population d'une maille le nombre Z de motifs appartenant en propre à cette maille.

Pour calculer la multiplicité, il suffit de dénombrer les nœuds et de repérer leur appartenance aux mailles voisines.

Le motif 1 appartient à 8 mailles

→ Il compte pour 1/8

Le motif 2 appartient à 4 mailles

→ Il compte pour 1/4

Le motif 3 appartient à 1 maille

→ Il compte pour 1

Le motif 4 appartient à 2 mailles

→ Il compte pour 1/2

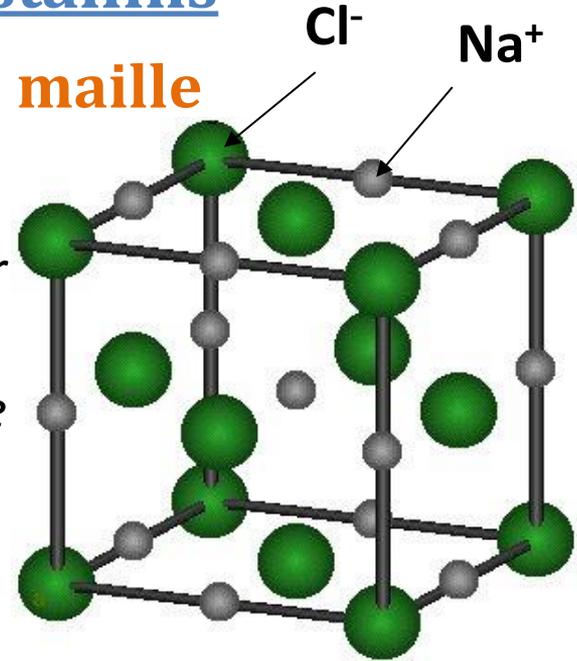
III. Caractéristiques des réseaux cristallins

1. Population ou multiplicité d'une maille

Application : Structure cristallographique du sel.

e. Déterminer le nombre de Na^+ et de Cl^- par maille.

En déduire la formule brute sous laquelle cristallise le sel et de quel type de maille il s'agit.



Nbr de Cl^- par maille :

- Cl^- au sommet qui comptent pour
- Cl^- au centre des faces qui comptent pour .

$$Z_{\text{Cl}^-} =$$

+

=

Il y a Cl^- par maille.

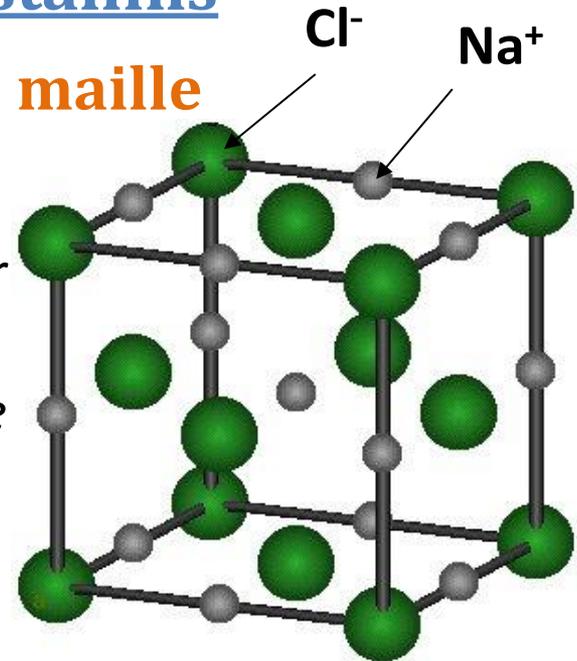
III. Caractéristiques des réseaux cristallins

1. Population ou multiplicité d'une maille

Application : Structure cristallographique du sel.

e. Déterminer le nombre de Na^+ et de Cl^- par maille.

En déduire la formule brute sous laquelle cristallise le sel et de quel type de maille il s'agit.



Nbr de Na^+ par maille :

- Na^+ au milieu des arêtes qui comptent pour
- Na^+ au centre du cube qui compte pour

$Z_{\text{Na}^+} =$

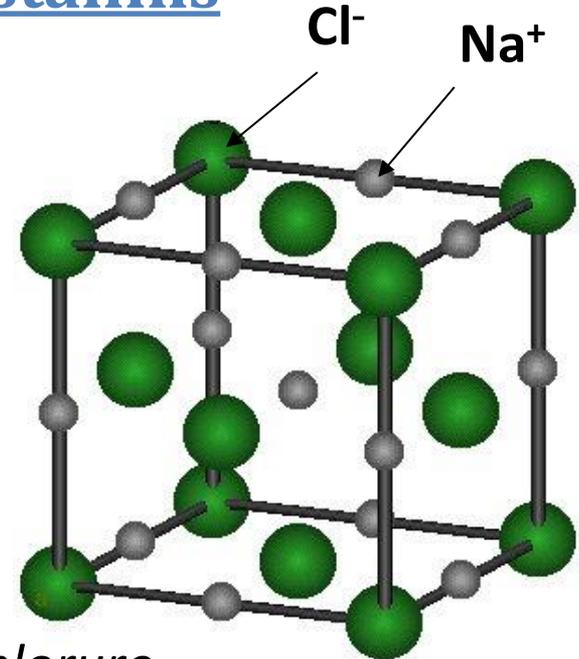
Il y a Na^+ par maille.

La formule brute est donc . Il s'agit d'une maille .

III. Caractéristiques des réseaux cristallins

2. Coordination

La coordination d'un atome ou d'un ion au sein d'un réseau cristallin est le nombre de plus proches voisins que possède cet atome ou cet ion.



f. Déterminer la coordination du sodium et du chlorure.

Coordination de Na⁺ : On choisit l'ion Na⁺ au centre de la maille. Ces plus proches voisins sont les Cl⁻ du milieu des faces. Donc sa coordination est de 6.

Coordination de Cl⁻ : On choisit l'ion Cl⁻ à l'un des sommets. Les ions sont tangents selon les arêtes du cube. Cl⁻ est aussi au centre d'un octaèdre donc sa coordination est de 6.

III. Caractéristiques des réseaux cristallins

3. Compacité

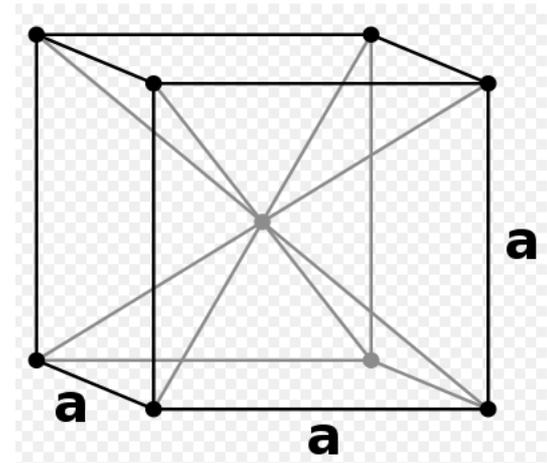
La compacité C d'une structure cristalline est la fraction de volume réellement occupée par la matière.

$$C = \frac{\text{Volume occupé par les atomes}}{\text{Volume de la maille}}$$

Le thorium peut cristalliser dans la structure cubique centrée suivante :

g. Le paramètre a de la maille cubique vaut $a = 411$ pm et le rayon atomique de l'atome de thorium vaut $R = 179$ pm. Calculer la compacité de la structure.

Voir Tableau



III. Caractéristiques des réseaux cristallins

4. Masse volumique

La masse volumique ρ ou μ du composé étudié peut se calculer à partir de la maille :

$$\mu = \frac{\text{Masse de la maille}}{\text{Volume de la maille}}$$

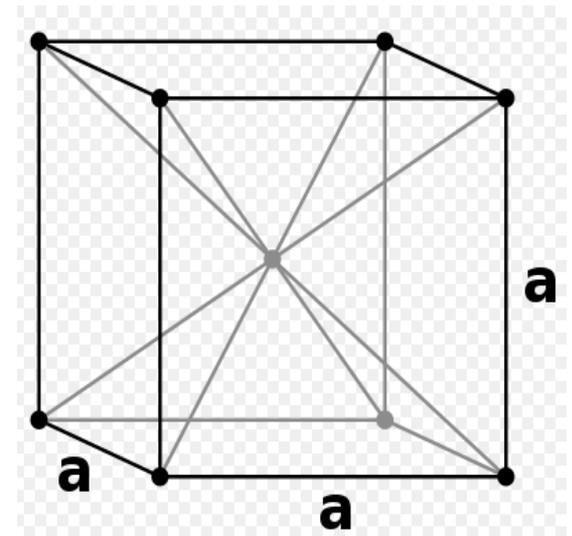
h. Le paramètre a de la maille cubique vaut $a = 411 \text{ pm}$ et la masse molaire du thorium vaut $M = 232 \text{ g.mol}^{-1}$.

Calculer la masse volumique du thorium solide.

Donnée :

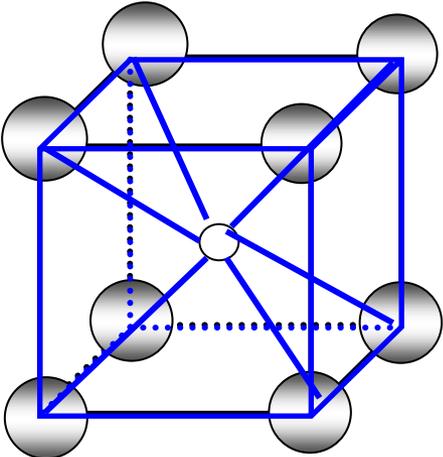
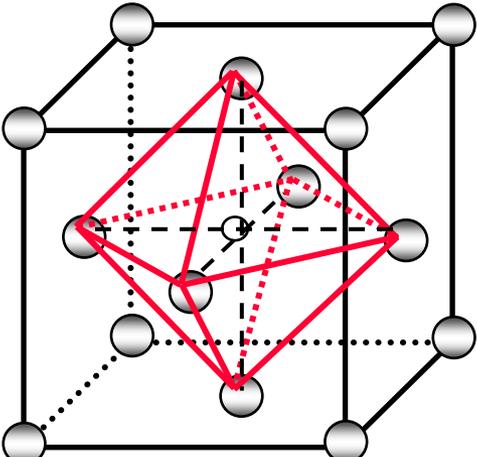
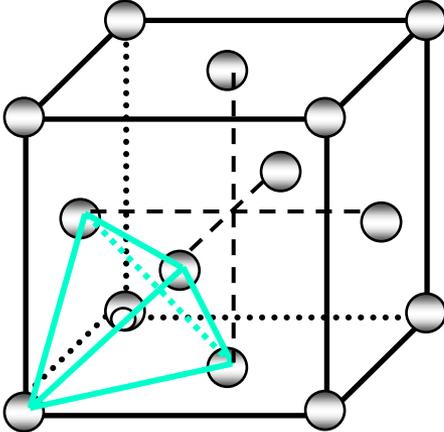
le nombre d'Avogadro $N_A = 6,022.10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Voir Tableau



III. Caractéristiques des réseaux cristallins

5. Sites cristallographiques

<u>Site Cubique</u>	<u>Site Octaédrique O</u>	<u>Site Tétraédrique T</u>
		
<p>La cavité est entourée par <u>8</u> sphères aux sommets d'un <u>cube</u></p>	<p>La cavité est entourée par <u>6</u> sphères aux sommets d'un <u>octaèdre</u></p>	<p>La cavité est entourée par <u>4</u> sphères aux sommets d'un <u>tétraèdre</u></p>