

Solide et structure cristalline – Exercices – Devoirs

Exercice 1 corrigé disponible

Un lingot d'or de masse 1,0 kg occupe un volume de seulement 52,5 mL. Cela fait de ce métal l'un des plus denses connus !

1. Calculez la masse volumique de l'or.
2. Déterminez le rayon atomique de l'or et précisez la distance entre deux plans consécutifs d'atomes d'or au contact.

l'or cristallise dans une structure CFC

masse d'un atome d'or : $m = 3,27 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$

Exercice 2 corrigé disponible

Le polonium est un élément radioactif que l'on trouve à l'état de trace dans les minerais d'uranium. Il est l'une des rares structures cristallines de type cubique simple de paramètre $a = 0,340 \text{ nm}$.

1. Dessinez la maille du polonium et donnez le nombre d'atomes par maille.
2. Calculez la masse volumique attendue du polonium et comparez-la à sa valeur expérimentale :
 $\rho = 9\,200 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.
2. Calculez la masse volumique attendue du polonium et comparez-la à sa valeur expérimentale :
 $\rho = 9\,200 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Masse d'un atome de plutonium : $m = 3,47 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$

Exercice 3 corrigé disponible

Les éléments de la colonne 18 du tableau périodique sont des gaz monoatomiques inertes à température ambiante, d'où le nom de « gaz nobles ». Il faut les porter à des températures très basses pour obtenir des cristaux. On obtient alors des structures CFC.

1. Représentez la maille CFC et déduisez-en les rayons atomiques des 4 atomes de cette famille.
2. Calculez les masses volumiques pour chacun de ces éléments à l'état solide.

Élément	Néon	Argon	Krypton	Xénon
Masse molaire (g·mol ⁻¹)	20,2	39,9	83,8	131,3
a (nm)	0,452	0,543	0,559	0,618
T_{fusion} (K)	24,5	83,9	116	161

Exercice 4 corrigé disponible

Les diamants, des mines de crayon de haute pression. Le graphite et le diamant sont deux minéraux qui possèdent la même composition chimique : ils sont tous deux composés exclusivement de carbone. Cependant, leurs propriétés physiques sont très différentes: alors que le graphite est opaque, friable, avec une conductivité électrique élevée, le diamant, lui, est transparent, très dur et est un isolant électrique.

Partie 1. Structure cristalline du diamant

Ne sachant pas à quel type de réseau cristallin appartient le diamant, on fait l'hypothèse qu'il s'agit d'une structure cubique à faces centrées et que les atomes de carbone sont des sphères tangentes.

1- Représenter en perspective cavalière le cube modélisant une maille élémentaire cubique à faces centrées.

2- Représenter une face de ce cube et justifier que le rayon r des sphères modélisant les atomes de carbone et l'arête a du cube sont liés par la relation

$$r = \frac{a\sqrt{2}}{4}$$

3- Calculer la compacité d'une structure cristalline cubique à faces centrées (volume effectivement occupé par les atomes d'une maille divisé par le volume de la maille). La clarté et l'explicitation du calcul sera prise en compte.

4- À partir d'une mesure de la masse volumique du diamant, on déduit que sa compacité est en fait égale à 0,34. Que peut-on conclure quant à l'hypothèse d'une structure cubique à faces centrées ?

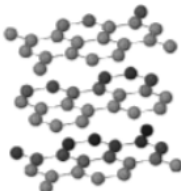
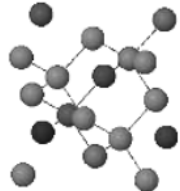
Partie 2. Les conditions de formation du diamant

Document 1 : L'origine des diamants

Les diamants sont des cristaux de carbone pur, qui ne sont stables qu'à très forte pression. La majorité des diamants ont cristallisé très profondément, dans le manteau terrestre, au sein de veines où circulent des fluides carbonés. Les diamants remontent en surface, dans la quasi-totalité des cas, en étant inclus dans une lave volcanique atypique et très rare : la kimberlite. [...] Le dynamisme éruptif à l'origine des kimberlites est extrêmement explosif. La vitesse d'ascension des kimberlites est de plusieurs dizaines de km/h en profondeur, et les laves arrivent en surface à une vitesse supérieure à la vitesse du son. C'est cette importante vitesse de remontée qui entraîne une décompression et un refroidissement extrêmement rapides des diamants, trop rapides pour qu'ils aient le temps de se transformer en graphite. Les diamants n'ont pas cristallisé dans la lave kimberlitique, mais ne sont que des enclaves arrachées au manteau par la kimberlite sur son trajet ascensionnel.

Adapté de planet-terre.ens-lyon.fr

Document 2 : Comparaison des propriétés physiques du graphite et du diamant

Propriétés physiques	Graphite	Diamant
Dureté	Friable (débit en feuillets)	Très dur
Arrangement des atomes de carbone C		
Opacité	Opaque (sert pour les mines de crayon de papier)	Transparent (sert en joaillerie)
Masse volumique (kg.m ⁻³)	2,1x10 ³	3,5x10 ³

Les réponses aux questions suivantes s'appuieront sur vos connaissances et sur les informations contenues dans les différents documents.

5- Proposer une hypothèse pour expliquer la différence de masse volumique entre le graphite et le diamant.

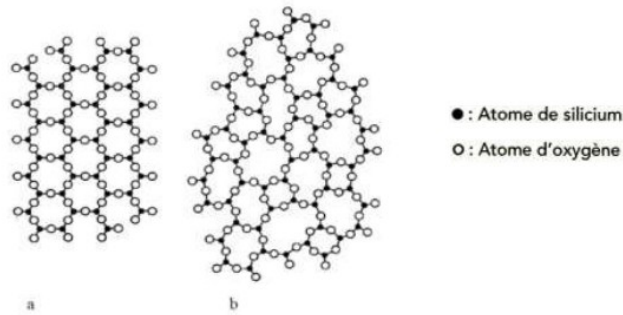
6- Le diamant est exploité dans des mines qui peuvent être en surface ou à une profondeur maximale d'un kilomètre. Comment expliquer que l'on retrouve des diamants en surface alors que le minéral carboné stable en surface est le graphite?

Exercice 5 corrigé disponible

La silice est la forme naturelle du dioxyde de silicium (SiO_2) qui entre dans la composition de nombreux minéraux (quartz, etc.) et de nombreuses roches (sable, grès, granite, etc.). Le verre désigne un solide non cristallin (amorphe). Sa composition chimique contient une part importante de silice. On s'intéresse ici à la structure et la formation du verre.

Partie 1. La silice : une structure amorphe ou cristalline

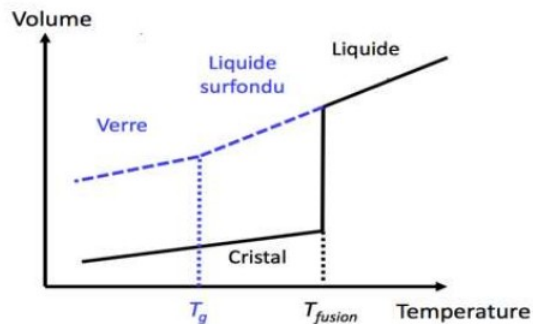
Document 1. Deux structures en coupe de la silice



d'après CHAGUETMI, Salem (2010) *Élaboration et caractérisation de nouveaux verres de fluorohafnates de strontium et de phosphosulfates*. Thèse, Université Mohamed Khider Biskra

1. La figure ci-dessus montre deux structures possibles de la silice. L'une est dite cristalline, l'autre amorphe (verre). Parmi les représentations a et b, Préciser laquelle correspond à une structure cristalline. Justifier votre choix. À partir de deux échantillons identiques de silice liquide, on peut obtenir soit un verre, soit un cristal selon la vitesse de refroidissement.

Document 2. Évolution du volume d'un échantillon de silice lors d'un changement d'état.



3/5

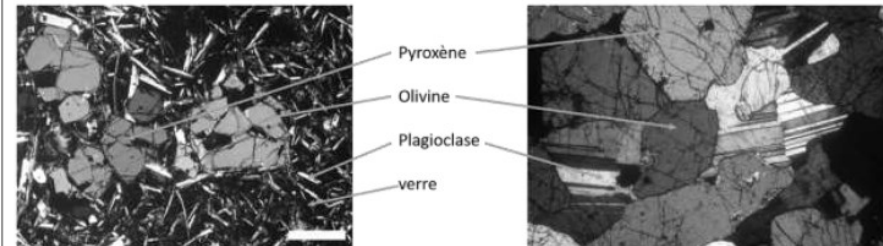
2-Comparer qualitativement les volumes des deux échantillons obtenus (verre ou cristal) à la température de 1400 K.

3-Proposer une explication à cette différence de volume en s'appuyant sur le document 1.

Partie 2. Formation du verre en contexte géologique.

Document 3. Structure microscopique de deux roches de la croûte océanique.

Photographies de lames de roches observées au microscope en lumière polarisée et analysée (grossissement 40)



Basalte de dorsale océanique

<http://www.lppp.fr/> Catherine Mével

Gabbro de la croûte océanique

Banque Nationale de photos en SVT - Lyon

www2.ac-lyon.fr/enseigne/biologie/photosql/photos.php

Les basaltes et les gabbros sont des roches magmatiques qui se forment dans plusieurs contextes géologiques, notamment au niveau des dorsales océaniques.

4-Comparer la structure cristalline de ces deux échantillons de roches, puis, à partir des informations précédentes, proposer une explication des différences observées.

Exercice 6 corrigé disponible

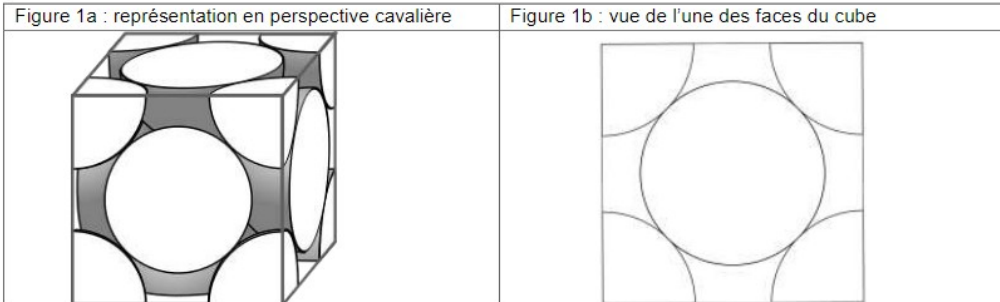
L'argent est connu depuis des millénaires et son utilisation pour des applications industrielles s'est fortement développée au XX^{ème} siècle. L'argent est l'élément chimique de numéro atomique $Z = 47$ et de symbole Ag. À l'état métallique, il est blanc, très brillant, malléable ainsi que très ductile (c'est-à-dire qu'il peut être étiré sans se rompre).

Données : Nombre d'entités par mole: $N = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Rayon moyen d'un atome d'argent : $r = 1,45 \text{ \AA}$. L'angström (\AA) est une unité de longueur utilisée en cristallographie (valant 10^{-10}m).

Document 1. Maille élémentaire du cristal d'argent

À l'état microscopique, l'argent métallique solide est organisé selon un réseau cubique à faces centrées.



Document 2. Les minerais d'argent

L'argent est rarement présent dans le sous-sol à l'état natif (pépite ou filon). Cependant dans les minerais, on le trouve souvent associé à d'autres éléments chimiques : par exemple, dans la chlorargyrite de formule AgCl , il est associé à l'élément chlore Cl ; dans l'acanthite de formule Ag_2S , il est associé à l'élément soufre S.

Figure 2a : maille élémentaire de la chlorargyrite

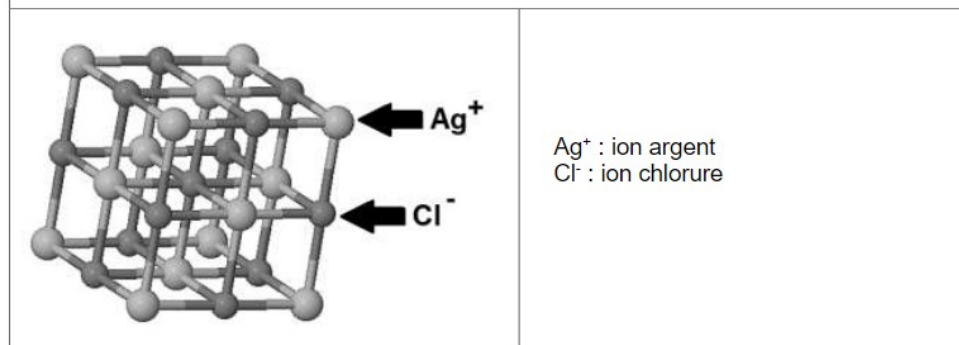
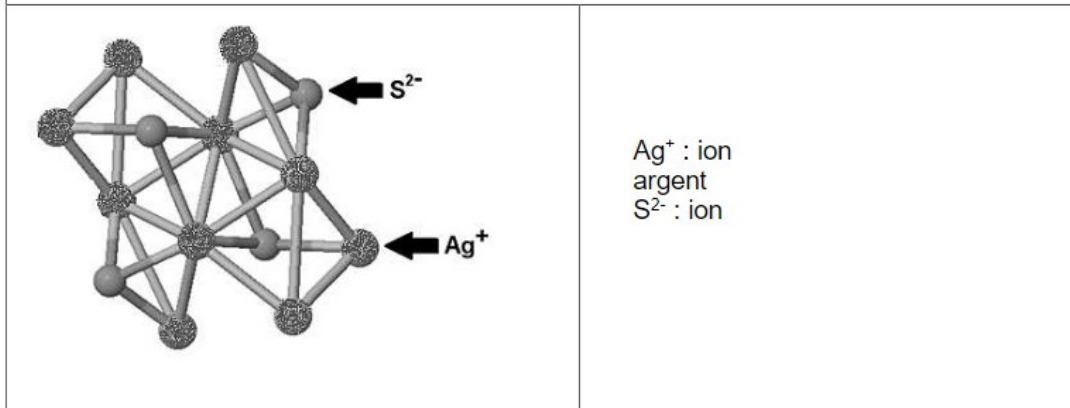


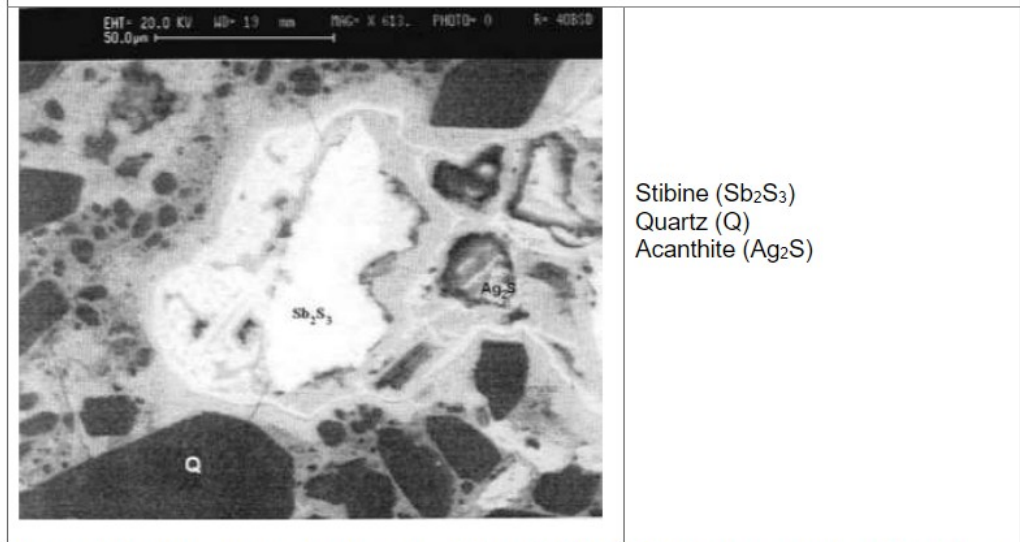
Figure 2b : maille élémentaire de l'acanthite



Document 3. Analyse d'un échantillon du gisement minier d'Ain-Kerma

Le gisement minier d'Ain-Kerma est situé en Algérie à 15 km au Nord-Ouest de la ville de Constantine. Il a été activement exploité de 1913 à 1951 pour son minerai contenant 40 % d'antimoine de symbole chimique Sb.

Figure 3 : Échantillon de minerai observé en microscopie électronique MEB



D'après : https://www.researchgate.net/publication/279533102_Testing_of_Silver_Sulphide_in_Antimony_Mineralization_Hydrothermal_Karst_Formations_Ain-Kerma

- 1-En utilisant la figure 1a, montrer en explicitant la démarche que le nombre d'atomes contenus dans une maille élémentaire du cristal d'argent est égal à 4.
- 2-En utilisant la figure 1b et en notant a le paramètre de maille du cristal d'argent (égal à la longueur de l'arête du cube), démontrer que $\sqrt{2}a = 4r$. En déduire que $a = 4,10\text{Å}$.
- 3-Calculer la compacité du cristal d'argent et en déduire que 26% de la maille élémentaire est vide. On rappelle que la compacité d'un cristal est égale au rapport du volume des atomes contenus dans une maille élémentaire par le volume de cette maille.
- 4-La masse volumique de l'argent sous forme cristalline vaut approximativement $10,5 \times 10^3 \text{kg.m}^{-3}$. Calculer la masse d'un atome d'argent.
5. Déterminer la masse molaire de l'argent Ag.
6. La chlorargyrite et l'acanthite sont des cristaux. Préciser le sens du mot cristal et donner un exemple d'un autre mode d'organisation de la matière solide à l'échelle microscopique.
- 7-Expliquer pourquoi le minerai d'Ain-Kerma peut être qualifié de roche et pourquoi cette roche peut être qualifiée d'argentifère.

Exercice 7

Document 1 : données relatives au polonium

Le polonium est un des rares éléments à cristalliser dans le réseau cubique simple.

Paramètre de maille : $a = 3,359 \times 10^{-10} \text{ m}$

Masse molaire du polonium : $M(\text{Po}) = 209,98 \text{ g.mol}^{-1}$

Donnée complémentaire : nombre d'Avogadro $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Il est rappelé que la masse molaire d'un élément est la masse d'une mole de quantité de matière de cet élément

L'objectif est ici de vérifier que les $10 \mu\text{g}$ de polonium dont Tiago a besoin pour empoisonner l'agent infiltré sont bien invisibles à l'œil nu.

1-À partir de vos connaissances et des informations apportées par le document 1, répondre aux questions suivantes :

- 1-a-Représenter la structure cubique simple du polonium en perspective cavalière.
- 1-b-Dénombrer, en indiquant les calculs effectués, les atomes par maille.
- 2-Montrer que la masse volumique du polonium est de $9,20 \times 10^6 \text{g.m}^{-3}$.
- 3-a-Calculer le volume occupé par la masse de polonium utilisée par Tiago (10 microgrammes).
- 3-b-Sachant qu'un grain de poivre broyé occupe un volume d'environ 10^{-10}m^3 et est difficilement visible à l'œil nu, justifier que l'échantillon est invisible.