

Les diamants, des mines de crayon de haute pression

Enseignement scientifique première

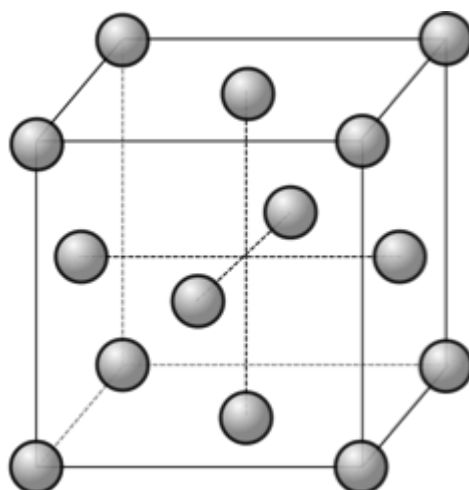
Durée 1h – 10 points – Thème « Une longue histoire de la matière »

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

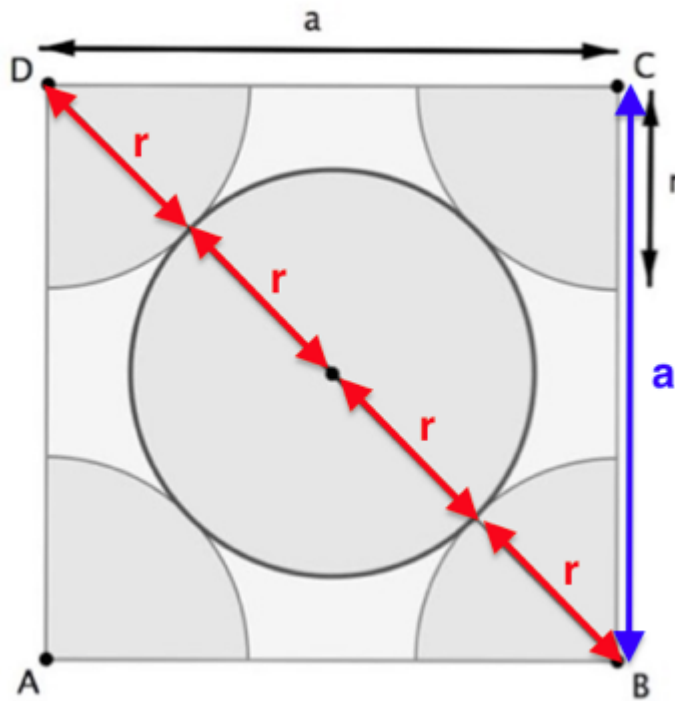
Ne sachant pas à quel type de réseau cristallin appartient le diamant, on fait l'hypothèse qu'il s'agit d'une structure cubique à faces centrées et que les atomes de carbone sont des sphères tangentes.

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

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



D'après le théorème de Pythagore :

$$(4r)^2 = a^2 + a^2$$

$$16r^2 = 2a^2$$

$$\sqrt{16r^2} = \sqrt{2a^2}$$

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

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

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.

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

$$\text{Volume occupé par les atomes d'une maille} = a^3$$

Chaque atome au sommet du cube appartient à huit mailles et ceux au centre de chaque face appartiennent à deux mailles :

$$N = 8 \times 1/8 + 6 \times 1/2 = 4$$

$$\text{Volume occupé par les atomes d'une maille} = N \times V_0$$

Avec :

$$V_0 = \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$C = \frac{N \times V_0}{a^3}$$

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

Or

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

$$C = \frac{4 \times \frac{4}{3} \pi \left(\frac{a\sqrt{2}}{4}\right)^3}{a^3}$$

$$C = \frac{4 \times \frac{4}{3} \pi \left(\frac{a^3 \sqrt{2}^3}{4^3} \right)}{a^3}$$

$$C = 4 \times \frac{4}{3} \pi \times \frac{\sqrt{2}^3}{4^3}$$

$$C=0,74$$

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 ?

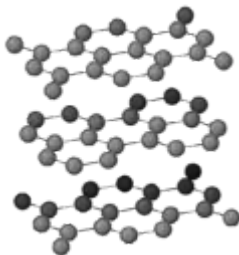
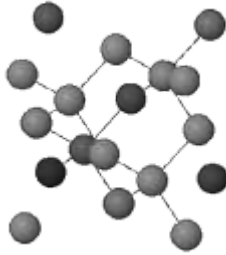
La compacité du diamant est égale à 0,34. On peut conclure que l'hypothèse d'une structure cubique à faces centrées est fausse car la compacité expérimentale est différente de celle cubique faces centrées.

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.

Source : Adapté de *planet-terre.ens-lyon.fr*

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)	2,1 x 10 ³	3,5 x 10 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.

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

L'arrangement des atomes de carbone C étant différent, m_{maille} et V_{maille} sont différents. Cette hypothèse peut 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 ?

Les diamants sont des cristaux de carbone pur, qui ne sont stables qu'à très forte pression.

En surface la pression n'est pas forte. Comment expliquer que l'on retrouve des diamants en surface alors que le minéral carboné stable en surface est le graphite ?

La majorité des diamants ont cristallisé très profondément. Les diamants remontent en surface, dans la kimberlite. Les kimberlites remontent à une importante vitesse qui entraîne une décompression et un refroidissement extrêmement rapide des diamants, trop rapide pour qu'ils aient le temps de se transformer en graphite.

Ainsi, on retrouve des diamants en surface.