

Corrigé et barème – Des édifices ordonnés : les cristaux

État cristallin, maille cubique simple et cubique à faces centrées, compacité, masse volumique, roches et minéraux, cristaux dans le vivant (programme d'enseignement scientifique de 1re)

Durée : 120 min – Sans document – Sur 20 points · 1^{re}

Exercice 1 – Vocabulaire du cristal

(4 pts)

- État cristallin : entités (atomes, ions, molécules) empilées de façon régulière et périodique dans les trois directions. Maille : plus petit motif dont la répétition reconstitue le cristal. (1)
- Un cristal est un objet (un grain) ; un minéral est une espèce définie par sa composition chimique et son organisation cristalline. De nombreux cristaux peuvent appartenir au même minéral. (1)
- Non : le verre est un solide amorphe, ses entités sont empilées sans ordre géométrique et aucune maille ne s'y répète. (1)
- Par exemple : os et dents (hydroxyapatite, phosphate de calcium) ; coquilles de mollusques (calcite ou aragonite, CaCO_3) ; calculs rénaux (oxalate de calcium). (1)

À retenir — Un minéral se définit par deux critères à la fois : sa composition chimique et son organisation cristalline.

Exercice 2 – La maille de l'or

(4 pts)

- 8 atomes aux sommets ($1/8$ chacun) et 6 aux centres des faces ($1/2$ chacun) : $N = 8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ atomes. (1)
- Contact sur la diagonale de face : $a\sqrt{2} = 4r$, donc $r = \frac{408 \times \sqrt{2}}{4} \approx 144$ pm. (1)
- $\rho = \frac{4 \times 197,0 \times 10^{-3}}{6,02 \times 10^{23} \times (408 \times 10^{-12})^3} = \frac{1,309 \times 10^{-24}}{6,792 \times 10^{-29}} \approx 1,93 \times 10^4$ kg/m³. (1)
- $\rho = \frac{7,72}{0,480} \approx 16,1$ g/cm³, nettement inférieure à 19,3 g/cm³ (écart d'environ 17 %) : la bague n'est pas en or pur, c'est un alliage contenant des métaux moins denses. (1)

Erreur fréquente — Oublier de convertir a en mètres ($1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$) ou M en kg/mol fausse la masse volumique d'un facteur énorme.

Exercice 3 – La sylvite, un cristal ionique

(4 pts)

- $\text{Cl}^- : 8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$; $\text{K}^+ : 12 \times \frac{1}{4} + 1 = 4$. Autant de K^+ que de Cl^- : maille neutre, conforme à la formule KCl. (1)
- L'ion K^+ central a pour plus proches voisins les 6 ions Cl^- des centres des faces : coordinence 6 ; distance $\frac{a}{2} = \frac{629}{2} \approx 315$ pm. (1)
- $m_{\text{maille}} = \frac{4 \times 74,6 \times 10^{-3}}{6,02 \times 10^{23}} \approx 4,957 \times 10^{-25}$ kg ; $a^3 = (629 \times 10^{-12})^3 \approx 2,489 \times 10^{-28}$ m³ ; $\rho \approx 1,99 \times 10^3$ kg/m³. (1)
- $\rho = \frac{6,85}{3,44} \approx 1,99$ g/cm³ = $1,99 \times 10^3$ kg/m³ : compatible avec la sylvite. Non : même structure mais composition chimique différente, donc deux minéraux distincts. (1)

Le point clé — Dans un cristal ionique, le décompte des ions de la maille doit toujours redonner la formule du composé et une charge totale nulle.

Exercice 4 – Granite, rhyolite et obsidienne**(4 pts)**

- a) Granite : structure grenue (entièrement cristallisée). Rhyolite : structure microlitique (phénocristaux, microlites, verre). Obsidienne : structure vitreuse (verre, solide amorphe). (1)
- b) Granite (refroidissement lent, en profondeur) < rhyolite (en deux temps : lent en profondeur puis rapide en surface) < obsidienne (très rapide, en surface). (1)
- c) La rhyolite contient des phénocristaux, formés lentement dans le réservoir magmatique avant l'éruption, et des microlites cristallisés en surface : seule une partie de la lave se fige en verre. (1)
- d) Le refroidissement a été si rapide que les atomes n'ont pas eu le temps de s'ordonner en mailles répétées : la lave s'est figée avec un empilement désordonné, c'est-à-dire en verre. (1)

Attention — Une même composition chimique peut donner des roches d'aspect très différent : c'est la vitesse de refroidissement qui fixe la taille des cristaux et la part de verre.

Exercice 5 – Les formes de la silice**(4 pts)**

- a) Même composition chimique (SiO_2) mais organisations cristallines différentes, comme le montrent leurs masses volumiques : deux minéraux distincts (polymorphisme). (1)
- b) $\rho = \frac{8,15}{2,80} \approx 2,91 \text{ g/cm}^3$: c'est la coésite (le quartz et la silice vitreuse s'en écartent de plus de 9 %). (1)
- c) À masse égale, $\frac{V_{\text{coésite}}}{V_{\text{quartz}}} = \frac{\rho_{\text{quartz}}}{\rho_{\text{coésite}}} = \frac{2,65}{2,91} \approx 0,911$: le volume diminue d'environ 8,9 %. (1)
- d) Dans la silice vitreuse, les entités sont empilées sans ordre, de façon moins serrée que dans le réseau régulier du quartz : il y a plus d'espace vide, donc moins de masse par unité de volume. (1)

Repère — Les fortes pressions favorisent la forme la plus dense d'un composé : la présence de coésite signale un impact météoritique ou un enfouissement très profond.