

# AM3 - TD

## Exercices d'application directe du cours

### Exercice n°1 Le sodium

Le sodium est situé dans la première colonne et dans la troisième période de la classification périodique. Il possède une vingtaine d'isotopes identifiés. Seul le noyau du sodium  $^{23}\text{Na}$  est stable, ce qui en fait un élément monoisotopique, la plupart des autres radioisotopes du sodium ayant une demi-vie inférieure à une minute, voire une seconde.

Le sodium métallique a un aspect blanc argenté, légèrement rosé. Ce métal cristallise dans une structure de type cubique centrée. Dans une telle structure cristalline, seuls les sommets et le centre du cube de la maille conventionnelle sont occupés par un atome de sodium. Par ailleurs, le sodium métallique flotte sur l'eau, mais réagit avec elle de manière violente et quantitative.

- Q1. Écrire la configuration électronique du sodium dans son état fondamental et nommer la famille à laquelle appartient cet élément. Préciser la composition du noyau du sodium  $^{23}\text{Na}$  ( $\rightarrow$  AM1).
- Q2. Représenter une maille de ce cristal, et déterminer la population.
- Q3. Justifier que le sodium flotte sur l'eau en estimant la valeur d'une grandeur physique caractéristique de ce métal.

Données :  $M(\text{Na}) = 23 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $R_{\text{Na}} = 186 \text{ pm}$  ;  $\rho(\text{eau}) = 1,0 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

Q3.  $d = 0,964$

### Exercice n°2 Le cuivre

Le cuivre cristallise dans un système cubique faces centrées.

- Q1. Représenter une maille, déterminer sa population.
- Q2. Déterminer la longueur de l'arête  $a$  de la maille.
- Q3. En déduire le rayon métallique du cuivre.

Données :  $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ; densité  $d = 8,96$

Q2.  $a = 361 \text{ pm}$  ; Q3.  $R_{\text{Cu}} = 128 \text{ pm}$

### Exercice n°3 Le fer

En dessous de  $906 \text{ }^\circ\text{C}$ , le fer est plus stable dans une structure cubique centrée (fer  $\alpha$ ), alors qu'il est plus stable dans une structure cubique faces centrées entre  $906 \text{ }^\circ\text{C}$  et  $1401 \text{ }^\circ\text{C}$  (fer  $\gamma$ ).

- Q1. Comment nomme-t-on les différentes formes cristallines possibles pour un solide ?
- Q2. Déterminer le rayon métallique du fer  $r_{\text{Fe}}$ .
- Q3. En déduire la densité du fer  $\gamma$ .

- Q4. Localiser et dénombrer les différents sites interstitiels dans la structure cubique faces centrées.
- Q5. L'austénite est un acier (= un alliage d'insertion fer-carbone) dérivé du fer  $\gamma$ . Où les atomes de carbone se positionnent-ils ? Est-ce possible sans distorsion de la structure ?
- Données : Masse volumique du fer  $\alpha$  :  $\rho_\alpha = 7,92 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  ; masse molaire du fer  $M(\text{Fe}) = 55,8 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Q2.  $r_{\text{Fe}} = 124 \text{ pm}$  ; Q3.  $d_\gamma = 8,59$

---

## Exercices ★

---

### Exercice n°4 Étude de la fluorine

Le fluorure de calcium  $\text{CaF}_2$  ou fluorine a la structure suivante : les ions calcium constituent un réseau CFC, les ions fluorure occupent tous les sites tétraédriques.

- Q1. Donner la formule des ions calcium et fluorure.
- Q2. Schématiser la maille de  $\text{CaF}_2$  et déterminer sa population.
- Q3. Déterminer la coordinence de chacun des ions.
- Q4. Les rayons ioniques des ions sont  $r_+ = 99,0 \text{ pm}$  et  $r_- = 133 \text{ pm}$ . Déterminer :
- le paramètre cristallin  $a$ .
  - la compacité  $\mathcal{C}$ .
  - la masse volumique de la fluorine  $\mu$ .

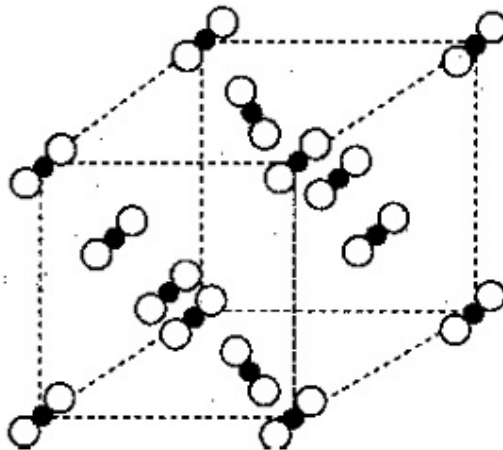
Donnée :  $M(\text{CaF}_2) = 78,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  \_\_\_\_\_

Q4.  $a = 535 \text{ pm}$  ;  $\mathcal{C} = 0,621$  ;  $\mu = 3,38 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

### Exercice n°5 La carboglace

À 195 K, le dioxyde de carbone se solidifie dans une structure cristalline appelée carboglace.

- Q1. Rappeler la géométrie de la molécule de dioxyde de carbone.
- Q2. Les atomes de carbone occupent un réseau CFC, de paramètre de maille  $a = 558 \text{ pm}$ . Les molécules s'orientent ensuite selon les diagonales des faces du cube.



- Déterminer le nombre de molécules par maille.
- Déterminer la distance  $d$  entre 2 atomes de carbone voisins.
- Comparer à la longueur de la liaison double  $\text{C}=\text{O}$  dans la molécule de  $\text{CO}_2$  :  $d_{\text{C}=\text{O}} = 120 \text{ pm}$ .

Q3. Déterminer la compacité de cette structure. On donne  $R_C = 77,0$  pm et  $R_O = 73,0$  pm.

Q4. Déterminer la densité de la carboglace connaissant  $M(C) = 12,0$  g·mol<sup>-1</sup> et  $M(O) = 16,0$  g·mol<sup>-1</sup>.

Q3.  $c = 0,12$  ; Q4.  $d = 1,68$

### Exercice n°6 Comparaison des divers types de cristaux

On peut classer les différents cristaux selon leurs propriétés physiques :

Propriétés	Cristal A	Cristal B	Cristal C	Cristal D
Thermiques ( $T_{\text{fus}}$ )	moyenne à élevée	élevée	élevée	faible
Mécaniques (dureté)	variable	élevée	élevée	faible
Électriques (conductivité)	élevée	très faible	très faible	nulle
Liaisons	non dirigées	non dirigées	dirigées	non dirigées

Q1. Associer aux lettres A, B, C et D les cristaux métalliques, covalents, moléculaires et ioniques en justifiant votre réponse.

Q2. D'après les électronégativités fournies, dans quel type classeriez-vous les cristaux suivants : oxyde de titane TiO<sub>2</sub>, arséniure de nickel NiAs et dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>.

Données : Électronégativités de Pauling :

$\chi(C) = 2,5$  ;  $\chi(O) = 3,5$  ;  $\chi(Ti) = 1,5$  ;  $\chi(Ni) = 1,9$  ;  $\chi(As) = 2,2$

## Exercices ★ ★

### Exercice n°7 Sites interstitiels dans le réseau CC

Le chrome cristallise dans une structure cubique centrée CC.

Q1. Représenter la maille du cristal de chrome. Quelle est la coordinence du chrome dans cette structure ? Quelle est la population de la maille ?

Q2. Exprimer la masse volumique du cristal  $\mu$  en fonction de la masse molaire du chrome et du paramètre de la maille  $a$ . En déduire  $a$ , puis le rayon  $R$  du chrome.

Q3. En étendant la notion de sites tétraédriques et octaédriques à la structure CC, montrer qu'il existe des sites  $T$  et  $O$  irréguliers. Les dénombrer et déterminer leur habitabilité en fonction de  $R$ , puis faire l'application numérique.

Données :  $M(\text{Cr}) = 52,0$  g/mol ;  $d(\text{Cr}) = 7,19$  \_\_\_\_\_

Q2.  $R = 125$  pm ; Q3.  $r_T = 0,29R$  et  $r_O = 0,15R$

### Exercice n°8 Stockage métallique de l'hydrogène

Si l'hydrogène devient un vecteur d'énergie essentiel dans le futur, on pourra le stocker dans des éponges métalliques grâce à sa petite taille. Ainsi dans un cristal CFC compact d'hydrure de titane, les atomes de titane occupent tous les nœuds et il est possible d'insérer à basse pression des atomes d'hydrogène H dans chaque site tétraédrique.

Q1. Repérer et dénombrer tous les sites tétraédriques dans la maille élémentaire (faire un dessin).

Q2. Quelle est alors la formule statistique du cristal TiH<sub>*n*</sub> ?

- Q3. Les rayons atomiques sont  $R_{\text{Ti}} = 0,140 \text{ nm}$  et  $R_{\text{H}} = 0,025 \text{ nm}$ . Quel est le rayon du site tétraédrique  $R_t$  et quelles est la dimension  $a$  de l'arête de la maille? L'hydrogène fait-il gonfler le métal?
- Q4. Il faut environ 600 g d'hydrogène pour rouler sur 100 km. Quel volume d'éponge faut-il prévoir?

---

Q3.  $R_t = 31,5 \text{ pm}$  ; Q4.  $V = 2,80 \text{ L}$

### Exercice n°9 Graphite

- Q1. Rappeler la nature des liaisons mises en jeu dans la structure du carbone graphite.
- Q2. Expliquer pourquoi le graphite est utilisé comme lubrifiant.
- Q3. Justifier l'emploi du graphite pour les mines de crayon à papier.
- Q4. Quelle différence peut-il y avoir entre une mine de crayon gras (B de l'anglais bold) et une mine de crayon sec (H de l'anglais hard).