

## **TD REV01 : Structure et organisation de la matière condensée**

### **Exercice 01 : Vrai / Faux**

- 1 ) Dans un cube, la longueur de la diagonale du cube vaut  $a\sqrt{3}$ , celle d'une face vaut  $a\sqrt{2}$ .
- 2 ) Dans une structure cfc, les sphères dures sont tangentes selon l'arête du cube.
- 3 ) Il y a 8 sites octaédriques par maille dans une structure cfc.
- 4 ) La coordinence vaut 8 dans une structure cubique centrée.
- 5 ) La structure du chlorure de sodium NaCl est telle que les ions chlorure occupent les nœuds d'une structure cubique à faces centrées et les ions sodium, les cavités octaédriques de celle-ci. Il y a tangence des sphères selon la diagonale d'une face.
- 6 ) Dans une structure du type fluorure CaF<sub>2</sub> (Ca<sup>2+</sup> : cubique à faces centrées et F<sup>-</sup> : dans les cavités tétraédriques), la somme des rayons ioniques du cation et de l'anion vaut  $a/2$ .
- 7 ) Deux anions sont tangents entre eux dans une structure ionique.
- 8 ) Dans la blende ZnS (avec S<sup>2-</sup> : cubique à faces centrées), les cations Zn<sup>2+</sup> occupent tous les sites tétraédriques.

### **Exercice 02 : Micro-structure des nitrures de fer**

La structure cristalline de la phase ( $\gamma$ )-FeN est telle que les atomes de fer y occupent une structure cubique face centrée de paramètre de maille  $a = 380$  pm.

- 1 ) Représenter la maille des atomes de fer dans la structure  $\gamma$ . Indiquer un site tétraédrique et un site octaédriques puis dénombrer chaque type de site.
- 2 ) Calculer la taille des sites octaédriques et tétraédriques dans la maille ( $\gamma$ )-FeN.
- 3 ) Sachant que le rayon atomique de l'azote vaut 71 pm, en déduire si l'azote forme une solution solide d'insertion, ou de substitution. Indiquer la position des atomes d'azote et proposer une structure cristallographique pour cette phase

### **Exercice 03 : Le trioxyde d'azote**

A l'état solide, le trioxyde de diazote N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> peut être étudié par diffraction des rayons X. Il cristallise à -160 °C dans une maille orthorhombique (les trois vecteurs de base sont orthogonaux) de paramètres de maille  $a = 507$  pm,  $b = 648$  pm et  $c = 863$  pm avec quatre molécules par maille. Les longueurs de liaisons sont similaires à celles obtenues en spectroscopie micro-ondes, trois longueurs de liaisons N-O : 112 pm, 120 pm et 121 pm et une distance N-N de 189 pm.

- 1 ) Donner l'expression ayant permis de calculer la masse volumique indiquée en Annexe à partir des paramètres de maille.
- 2 ) En s'appuyant sur les résultats expérimentaux obtenus en diffraction des rayons X et sur les autres propriétés données en Annexe, donner le type de solide cristallin auquel appartient ce cristal ainsi que la nature des interactions à l'origine de la cohésion à l'état solide.

## Données sur le trioxyde de diazote $N_2O_3$ et le tétraoxyde de diazote $N_2O_4$

Le tableau suivant rassemble la masse molaire  $M$ , la température de fusion  $T_{\text{fus}}$ , la température de vaporisation  $T_{\text{vap}}$ , le moment dipolaire  $\mu$ , la masse volumique du solide  $\rho_s$  à  $-160\text{ }^\circ\text{C}$  et la masse volumique du liquide  $\rho_l$  de  $N_2O_3$  et de  $N_2O_4$ .

	$M$ (g.mol <sup>-1</sup> )	$T_{\text{fus}}$ (°C)	$T_{\text{vap}}$ (°C)	$\mu$ (D)	$\rho_s$ (g.cm <sup>-3</sup> )	$\rho_l$ (g.cm <sup>-3</sup> )
$N_2O_3$	76,01	-100,7	3,5	2,12	1,78	1,45
$N_2O_4$	92,01	-9,3	21,15	0	1,96	1,45

### Exercice 04 : Alliage pour l'aéronautique

L'alliage le plus utilisé dans l'industrie aéronautique a pour formule brute  $Al_xNi_yTi_z$ . A l'aide des documents ci-dessous :

1 ) Donner la formule de l'alliage en déterminant les nombres  $x$ ,  $y$  et  $z$ .

2 ) Expliquer en quoi l'alliage de titane présente à qualités mécaniques équivalentes de l'intérêt pour l'industrie aéronautique par rapport à un acier courant.

#### Caractéristiques d'un acier courant

	Masse volumique (kg.m <sup>-3</sup> )	Compacité
Acier courant	7800	0,7

#### Paramètre de maille

Paramètre de la maille conventionnelle de l'alliage  $Al_xNi_yTi_z$  :  $a = 589\text{ pm}$

#### Maille conventionnelle de l'alliage $Al_xNi_yTi_z$

- Le titane admet un système cristallographique cubique faces centrées ;
- Les atomes d'aluminium occupent la totalité des cavités octaédriques ;
- Les atomes de nickel occupent la totalité des cavités tétraédriques ;

#### Rayons améalliques et masses molaires

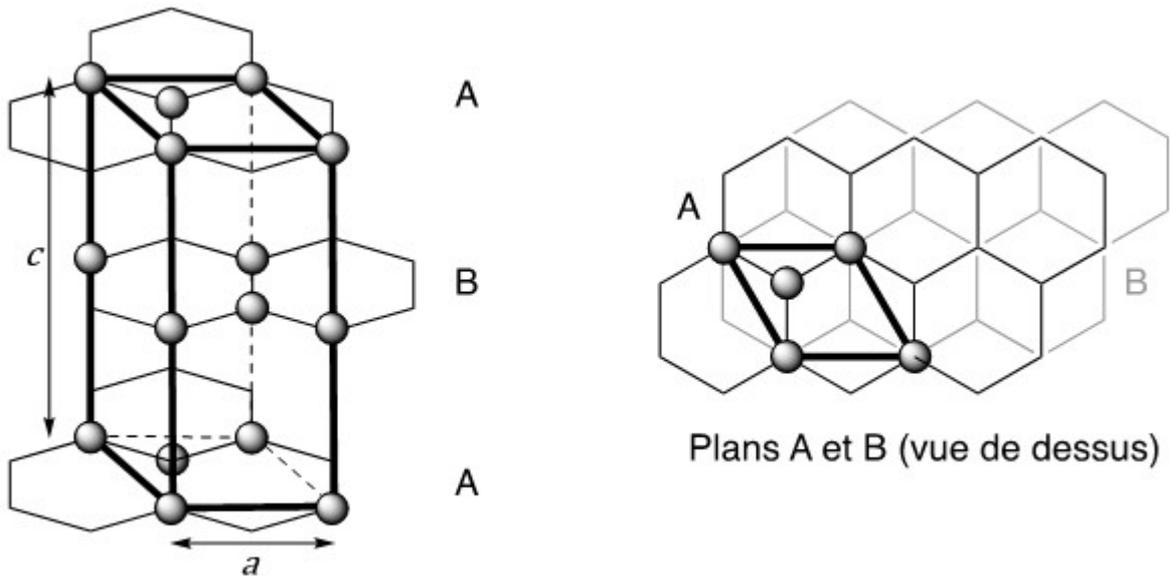
Atome	Rayon atomique (pm)	Masse molaire atomique (g.mol <sup>-1</sup> )
Ti	147	47,9
Al	143	27,0
Ni	124	58,7

## Exercice 05 : Le carbone

### Le carbone graphite

Le graphène est préexistant dans le graphite. En effet, la structure du graphite est un empilement de plans décalés de graphène tenus entre eux par des forces de Van der Waals (Figure 1).

Dans cet empilement, la moitié des atomes des hexagones du plan B sont positionnés au-dessous des centres des hexagones du plan A.



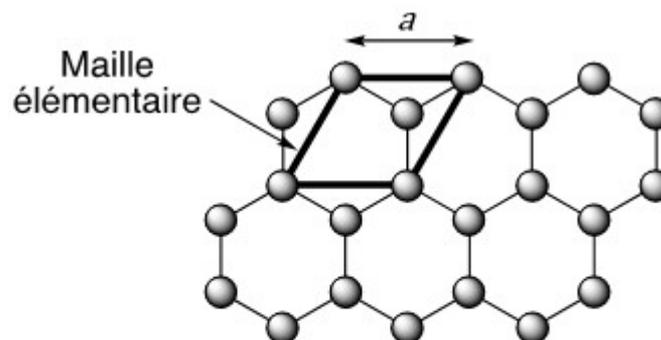
1 ) Donner le nombre d'atomes de carbone par maille (représentée en gras sur le Figure 1) ainsi que leur coordinence (les atomes n'appartenant pas à la maille n'ont pas été représentés).

2 ) Calculer la densité  $d$  du graphite et déterminer l'expression de la compacité  $C$  en fonction de  $l_{C-C}$ , la longueur de la liaison C-C dans le graphite, et du paramètre de maille  $c$ .

3 ) Justifier le caractère conducteur du graphite.

### Le carbone graphène

On considère dès lors l'arrangement bidimensionnel d'atomes de carbone d'épaisseur monoatomique disposés suivant un réseau dit en « nid d'abeilles ». La structure cristallographique du graphène peut être décrite par la cellule unitaire en gras (Figure 2).



- 4) À quelle famille de cristaux appartient le graphène ?
- 5) Déterminer le nombre d'atomes de carbone dans la maille, la coordinence du carbone dans cet environnement et les coordonnées des atomes définissant la maille.
- 6) Calculer la densité surfacique des atomes de carbone dans une monocouche de graphène.

*Annexe 1. Constantes usuelles et approximations de calcul.*

Constante de Faraday :  $\mathcal{F} \approx 10^5 \text{C} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

Constante d'Avogadro :  $\mathcal{N}_A \approx 6 \cdot 10^{23} \text{mol}^{-1}$ .

On considèrera  $\sqrt{3} \approx \frac{7}{4}$ ,  $\pi \approx 3$ .

*Annexe 2. Données numériques.*

Numéros atomiques : C ( $Z = 6$ ), Ru ( $Z = 44$ ).

Longueur de la liaison C – C dans le graphite ou le graphène :  $l_{\text{C-C}} = 0,14 \text{ nm}$ .

Distance entre deux feuillets de graphène dans le graphite :  $d = 0,34 \text{ nm}$ .

Masse volumique de l'eau à 298 K :  $\rho_{\text{eau}} = 10^3 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Rayon atomique du lithium :  $r_{\text{Li}} = 0,15 \text{ nm}$ , rayon ionique du lithium :  $r_{\text{Li}^+} = 0,08 \text{ nm}$