

## DS N°11 du 21 juin 2019

## CRISTALLOGRAPHIE

Voici un extrait d'un article publié en 1997 dans une revue économique destinée au grand public :

“Quel est le point commun entre la coque d'un sous-marin Russe et la monture des lunettes du premier ministre de la France(\*) ? Eh bien, toutes deux sont en titane. Une boutade qui résume la mutation fulgurante d'un métal longtemps réservé aux militaires et qui rencontre un vif succès dans des usages domestiques. Clubs de golf skis, raquettes de tennis, cadres de VTT, montures de lunettes, montres, couverts ou prothèses... Ces nouveaux marchés représentent déjà 12 % de la production mondiale de titane, alors qu'ils étaient inexistantes il y a cinq ans. L'exploitation industrielle du titane n'a débuté qu'en 1951....”

(\*) C'était la cohabitation, le Premier Ministre était Lionel Jospin.

Le problème Proposé ci-dessous aborde les structures du métal puis celle d'un alliage utilisé dans l'aéronautique

### Le titane, l'élément et l'atome

Le titane a pour numéro atomique  $Z = 22$ .

1) Ecrire la configuration électronique fondamentale de l'atome de titane.

2) Localiser le titane dans la classification périodique des éléments : numéro de la période (ou ligne) à laquelle il appartient ? Numéro de la colonne ? Dans quel bloc se situe-t-il ?

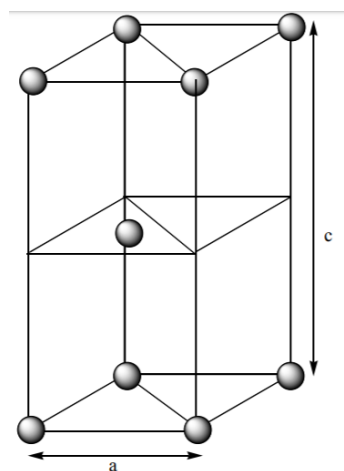
### Les structures cristallines du titane

#### Le titane pur

Le Titane existe sous deux variétés allotropiques, le  $Ti_{\alpha}$  et le  $Ti_{\beta}$ . Le  $Ti_{\alpha}$ , stable à température et pression ordinaires, cristallise dans le mode d'empilement hexagonal compact. Cet empilement peut être décrit à partir de la maille conventionnelle représentée ci-contre :

4) Qu'appelle-t-on “variété allotropique” ?

5) Le titane cristallise selon un empilement compact. Quelle est la coordinnence dans un empilement de ce type ? Expliquer brièvement.



6) Quel type de liaison assure la cohésion des atomes dans le cristal ? Donner une modélisation qualitative de cette liaison, et quelques propriétés (disons 3) physiques générales des métaux qui en découlent.

**Le titane allié : étude de l'alliage  $\text{Al}_x\text{Ni}_y\text{Ti}_z$**

L'alliage le plus utilisé dans l'industrie aéronautique a pour formule brute  $\text{Al}_x\text{Ni}_y\text{Ti}_z$ . Le titane présent engendre un réseau cubique faces centrées. Les atomes d'aluminium occupent la totalité des sites octaédriques, et ceux de nickel occupent les sites tétraédriques. Le paramètre de la maille ainsi formée vaut  $a = 0,589 \text{ nm}$ .

7) Représenter en perspective la maille élémentaire cubique face centrée du titane. Puis indiquer clairement la position des sites octaédriques et tétraédriques. On respectera la légende, inutile de tous les représenter, mais indiquer les positions caractéristiques

● Ti  
⊕ Site O  
△ Site T

8) À partir du rayon atomique du titane dans le tableau de données indiquer si l'empilement des atomes de titane est compact .

9) Exprimer la taille des sites octaédriques et celle des sites tétraédriques en fonction de  $R(\text{Ti})$  et du paramètre  $a$  ; faire l'application numérique.

10) A partir des calculs précédents, justifier la répartition des atomes d'aluminium et de nickel dans les sites interstitiels. On note cependant une anomalie pour le Nickel.

11) Déterminer la formule de l'alliage, c'est à dire les valeurs de  $x$ ,  $y$  et  $z$  et en déduire le nombre d'unités formulaireire par maille.

12) Calculer la compacité et la masse volumique de cet alliage.

Suite au dos

13) Données concernant un acier courant  $\rho(\text{acier}) = 7800 \text{ kg.m}^{-3}$ , compacité = 0,70.

Sachant que l'alliage de titane présente des qualités mécaniques équivalents à celles de l'acier, justifier son intérêt dans l'aéronautique.

Données :

Constante d'Avogadro :  $N_a = 6,02.10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Atome	Masses molaires atomiques / $\text{g.mol}^{-1}$	Rayon atomique / nm
Ti	47,90	147
Al	26,98	143
Ni	58,70	124