DM 6
Atomistique, Cristallographie, Eléctromagnétisme

Données générales :
Constante des gaz parfaits : $R = 8{,}31\,\mathrm{J\cdot K^{-1}\cdot mol^{-1}}$
Constante d'Avogadro : $N_A = 6{,}02\times10^{23}\,\mathrm{mol^{-1}}$
Constante de Planck : $h = 6{,}63\times10^{-34}\,\mathrm{J\cdot s}$
Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3{,}0\times10^{8}\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$
$\varepsilon_0 = \dfrac{1}{36\pi}\cdot10^{-9}$ SI.

Exercice 1 : Révisions d'atomistique

Q.1 L'élément oxygène possède le numéro atomique $Z = 8$. Indiquer sa configuration électronique dans son état fondamental, en énonçant précisément les règles utilisées.

Q.2 Quel est son nombre d'électrons de valence ? Dans quelle colonne du tableau périodique est-il situé ? Dans quelle période ?

L'électronégativité de O est assez élevée, ce qui lui donne un caractère oxydant relativement marqué. C'est pour cela que la plupart des éléments que l'on rencontre à l'état naturel se trouvent sous forme d'oxydes, comme le carbone C ($Z = 6$) dans la molécule CO_2 ou encore l'azote N ($Z = 7$) avec l'ion ${NO_3}^-$.

Q.3 Donner, en la justifiant, la formule de Lewis de CO_2.

Q.4 Dans l'ion ${NO_3}^-$, l'azote est l'atome central. Donner la formule de Lewis la plus stable de cet ion, c'est à dire celle qui contient le moins de charges formelles possibles.

Le plomb a un numéro atomique $Z(\mathrm{Pb}) = 82$ et une masse molaire $M(\mathrm{Pb}) = 207{,}21\,\mathrm{g\cdot mol^{-1}}$.

Q.5 Justifier l'ordre de grandeur de la masse molaire du plomb par rapport à son numéro atomique.

Q.6 Le plomb possède 3 isotopes stables prépondérants $^{206}\mathrm{Pb}$, $^{207}\mathrm{Pb}$ et $^{208}\mathrm{Pb}$. Sachant que l'abondance isotopique de $^{208}\mathrm{Pb}$ vaut $52,4\%$, en déduire celles des deux autres isotopes.

Q.7 Définir les énergies de première et de deuxième ionisation du plomb. Sachant que leurs valeurs respectives sont $715\,\mathrm{kJ\cdot mol^{-1}}$ et $1450\,\mathrm{kJ\cdot mol^{-1}}$, si on soumet des atomes de plomb à un rayonnement électromagnétique de longueur d'onde $= 120\,\mathrm{nm}$, peut-on observer la première ionisation ? La deuxième ?

Exercice 2 : Cristallographie

Les supports utilisés pour les CD-RW ou DVD-RW doivent être réinscriptibles. Un des matériaux utilisé est le "GST" : un alliage de germanium (Ge), antimoine (Sb) et tellure (Te). La structure cristallographique de ce matériau peut-être décrite comme un réseau cubique faces centrées (cfc) d'atomes de tellure, dans lequel les atomes d'antimoine et de germanium occupent aléatoirement des sites octaédriques. La formule brute de ce matériau est $Ge_2Sb_2Te_5$.

Données :

	Ge	Sb	Te
Numéro atomique (Z)	32	51	52
Masse atomique (M en $\mathrm{g\cdot mol^{-1}}$)	$72,7$	$121,8$	$127,6$
Rayon atomique (r en nm)	$0,125$	$0,145$	$0,140$

Masse volumique expérimentale du GST : $6{,}13\,\mathrm{kg\cdot L^{-1}}$. Distances mesurées entre atomes au sein du cristal : $D_{Te-Te} = 0{,}43\,\mathrm{nm}$, $D_{Te-Ge} = 0{,}28\,\mathrm{nm}$ et $D_{Te-Sb} = 0{,}29\,\mathrm{nm}$.

Q.1 Dessiner la maille conventionnelle cfc de tellure (ne pas représenter les atomes d'antimoine et de germanium pour le moment).

Q.2 Quel serait le paramètre de maille si le réseau était compact et constitué uniquement d'atomes de tellure ?

Q.3 Calculer la masse volumique du cristal de tellure seul.

Q.4 Sur le schéma de la question **Q.1**, placer les sites octaédriques en précisant le nombre de ces sites par maille.

Q.5 Dans le GST, quelle est la proportion de sites octaédriques occupés ?

Q.6 Quel est le paramètre de maille minimal requis dans le réseau cfc de tellure, afin de permettre l'occupation de sites octaédriques par les atomes de germanium et antimoine ?

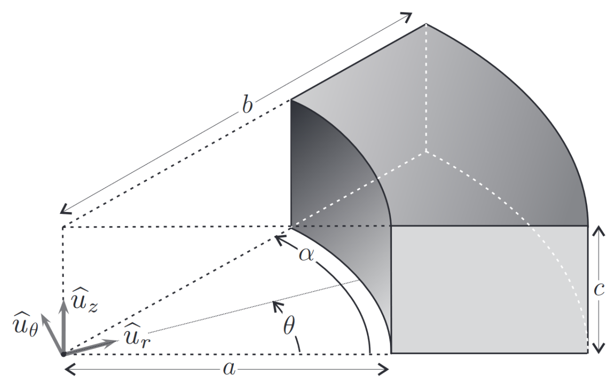
Q.7 Dans ce cas, quelle serait la plus courte distance entre deux atomes de tellure dans le cristal ?

Q.8 Déterminer la masse volumique qu'aurait le GST avec la valeur du paramètre de maille trouvée à la question **Q.6**.

Q.9 Comparer les valeurs trouvées pour le paramètre de maille et la masse volumique du GST avec les données expérimentales.

Exercice 3 : Résistance d'un conducteur ohmique torique

Un conducteur ohmique est caractérisé par une conductivité électrique γ de l'ordre de $10^8\,\mathrm{S}\cdot\mathrm{m}^{-1}$. Il forme un tore tronqué de section rectangulaire de rayon intérieur a, de rayon extérieur b, d'épaisseur c.



On cherche à déterminer la résistance orthoradiale R d'une portion de ce conducteur comprise entre les angles $\theta = 0$ où on applique un potentiel uniforme $V = U$ et $\theta = \alpha$ où on applique un potentiel $V = 0$.

Q.1 Rappeler le nom et l'unité pratique de ε_0.

Q.2 Établir, dans un conducteur ohmique, l'équation différentielle vérifiée par la densité volumique de charge ρ.

Q.3 En déduire que $\rho \simeq 0$ tant que la durée T caractéristique de variation des grandeurs électromagnétiques est très supérieure à une durée τ dont on donnera l'expression en fonction de γ et ε_0. Faire l'application numérique.

Q.4 Montrer alors qu'un terme peut être négligé dans l'équation de Maxwell-Ampère dans ces conditions.

Dans la suite, on suppose que $\rho \simeq 0$

Q.5 Établir l'équation vérifiée par le potentiel électrique V en régime permanent dans le conducteur ohmique.

On suppose que V ne dépend que de l'angle θ en coordonnées cylindriques et on donne, dans ce système de coordonnées, les expressions du gradient du potentiel et de son laplacien :

$$\overrightarrow{\mathrm{grad}}V = \frac{1}{r}\frac{\partial V}{\partial \theta}\vec{u}_\theta \quad ; \quad \Delta V = \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 V}{\partial \theta^2}$$

Q.6 Déterminer les expressions de $V(\theta)$, du champ $\vec{E}$ et de la densité de courant $\vec{j}$.

Q.7 Déterminer l'expression de l'intensité totale I traversant une section rectangulaire droite quelconque de ce tore. En déduire sa résistance orthoradiale R en fonction de a, b, c, γ, et α.

Q.8 Rappeler l'expression de la résistance d'un conducteur filiforme de section S et de longueur L. Vérifier qu'elle est cohérente avec l'expression trouvée pour le conducteur torique quand b est très proche de a.