MÉTROPOLE 2007 (5 POINTS)
EXERCICE II : DÉCOUVERTES LIÉES À DES ÉCLIPSES DE SOLEIL

Cet exercice se compose de deux parties indépendantes.
Certaines aides au calcul peuvent comporter des résultats ne correspondant pas au calcul à effectuer.

A. Partition lunaire

Des chercheurs du CEA de l'équipe d'Elisabeth Blanc viennent d'annoncer qu'une éclipse n'a pas pour seul effet une baisse de la luminosité. Lors de l'éclipse du Soleil du 11 août 1999, à 12 h 16 précises, l'ombre de la Lune commence sa traversée de la France à la vitesse de 2850 km.h^{-1} sur un axe Cherbourg-Strasbourg. Sur son passage, la température de l'air chute rapidement d'environ 5 °C. Le déplacement de cette zone froide, à la même vitesse que celui de l'ombre (…), engendre dans son sillage des ondes transversales dont la fréquence est largement inférieure à 20 Hz.

D'après la revue Les Défis du CEA - n° 97 octobre-novembre 2003

1. Ondes créées lors de l'éclipse

1.1. Définir une onde mécanique progressive.

1.2. Définir une onde transversale.

1.3. Dire, en justifiant la réponse, si les ondes créées lors de l'éclipse peuvent être sonores.

2. Caractéristiques des ondes créées

L'équipe en charge du projet a pu détecter à faible altitude, une série d'ondes dont la période moyenne est de l'ordre de 10 minutes et la célérité moyenne est de l'ordre de 100 km.h^{-1}.

2.1. Vérifier que la fréquence de l'onde est effectivement largement inférieure à 20 Hz.

2.2. Ces ondes peuvent-elles être diffractées par des montagnes séparées par une distance de 10 km ? Justifier la réponse.

Aide au calcul	
$\frac{1}{6} = 1{,}7 \times 10^{-1}$	$\frac{1}{36} = 2{,}8 \times 10^{-2}$

B. Découverte historique d'un nouvel élément chimique

Lors de l'éclipse totale du Soleil du 18 août 1868, le français Pierre Janssen et le britannique Norman Lockyer ont analysé le spectre de la couronne solaire et ont remarqué qu'il présentait une raie brillante dans le jaune très proche de celle du sodium. N. Lockyer a émis l'hypothèse que cette raie était due à un nouvel élément qu'il baptisa hélium (du grec hélios qui signifie Soleil). Ce n'est que vingt-sept ans plus tard que cet élément chimique fut identifié sur Terre.

Données :

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 2{,}998 \times 10^{8}\ m.s^{-1}$

Constante de Planck : $h = 6{,}626 \times 10^{-34}\ J.s$

$1\ eV = 1{,}602 \times 10^{-19}\ J$

Longueur d'onde de la raie D du sodium dans le vide : $\lambda_{Na} = 589{,}0\ nm$.

Longueur d'onde de la raie jaune de l'hélium dans le vide : $\lambda_{He} = 587{,}6\ nm$.

Aide au calcul	
$\frac{6{,}626 \times 2{,}998 \times 1{,}602}{589{,}0} = 5{,}403 \times 10^{-2}$	$\frac{6{,}626 \times 2{,}998}{587{,}6 \times 1{,}602} = 2{,}110 \times 10^{-2}$
$\frac{6{,}626 \times 2{,}998}{589{,}0 \times 1{,}602} = 2{,}105 \times 10^{-2}$	$\frac{6{,}626 \times 2{,}998 \times 1{,}602}{587{,}6} = 5{,}416 \times 10^{-2}$

1. Spectre d'énergie

1.1. Illustrer, en s'aidant d'un schéma de niveaux d'énergie d'un atome, le phénomène d'émission d'un photon (quantum d'énergie lumineuse).

1.2. *On note E l'énergie du photon émis lors d'une transition énergétique d'un atome.*

Donner l'expression littérale de *E* en fonction de la longueur d'onde λ de la radiation lumineuse émise dans le vide, de la constante de Planck *h* et de la célérité de la lumière dans le vide *c*.

1.3. *Raie D du sodium*

1.3.1. Calculer la valeur de *E* en électronvolts, pour le rayonnement correspondant à la raie D du sodium.

1.3.2. Déterminer, en s'aidant de la **figure 2 page 7**, à quelle transition correspond cette émission.

1.4. *L'énergie du photon correspondant à l'émission de la raie jaune de l'hélium (de longueur d'onde* λ_{He}*) est égale à 2,110 eV.* En s'aidant de la **figure 2 page 7**, justifier que cette émission ne peut pas être attribuée au sodium.

2. Formation de l'hélium dans le Soleil

Les noyaux d'hélium 3 et d'hélium 4 peuvent être produits par une suite de réactions nucléaires dont les équations sont indiquées ci-dessous :

$$\begin{aligned} {}^{1}_{1}H + {}^{1}_{1}H &\rightarrow {}^{2}_{1}H + {}^{0}_{1}e \\ {}^{1}_{1}H + {}^{2}_{1}H &\rightarrow {}^{3}_{2}He \\ {}^{3}_{2}He + {}^{x}_{2}He &\rightarrow {}^{4}_{2}He + y\,{}^{1}_{1}H \end{aligned}$$

2.1. Quel nom donne-t-on à ces réactions nucléaires ?

2.2. Parmi les noyaux ${}^{3}_{2}He$, ${}^{3}_{1}H$ et ${}^{4}_{2}He$, lesquels sont isotopes ? Justifier.

2.3. Déterminer les valeurs de x et y dans la troisième équation de réaction et justifier la réponse en précisant les lois de conservation utilisées.

2.4. *On étudie dans la couronne solaire les spectres d'émission des atomes d'hélium 3 et d'hélium 4. On rappelle qu'un spectre atomique caractérise la configuration électronique de l'atome (c'est-à-dire le nuage d'électrons de l'atome).*

2.4.1. Ces deux types d'atomes possèdent-ils la même configuration électronique ? Justifier.

2.4.2. Ces deux atomes auraient-ils pu être distingués l'un de l'autre expérimentalement dans le spectre obtenu par Pierre Janssen et Norman Lockyer ?

Figure 2

