Découvertes liées à des éclipses de Soleil

Bac S 2007 Métropole (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

1.1 Partie A. Définir une onde mécanique progressive.

Une onde mécanique progressive est la propagation, de proche en proche, d'une perturbation dans un milieu matériel, **sans transport de matière** mais avec transport d'énergie.

PIÈGE
Oublier « milieu matériel » ou « sans transport de matière » : ce sont les deux mots attendus par le barème.

1.2 Partie A. Définir une onde transversale.

Une onde est transversale si la perturbation déplace les points du milieu dans une direction **perpendiculaire** à la direction de propagation.

1.3 Partie A. Les ondes créées lors de l'éclipse peuvent-elles être sonores ? Justifier.

Le texte indique que les ondes engendrées sont transversales. Or une onde sonore est une onde de compression-dilatation de l'air : elle est longitudinale.

Les ondes créées lors de l'éclipse ne peuvent pas être des ondes sonores.

PIÈGE
Répondre « non, car la fréquence est inférieure à 20 Hz ». Un infrason est inaudible mais reste une onde sonore : l'argument valable est le caractère transversal.

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

Données utiles $T \approx 10$ min ; aide au calcul : $\frac{1}{6} = 1{,}7 \times 10^{-1}$

$T = 10 \times 60 = 6{,}0 \times 10^{2}$ s

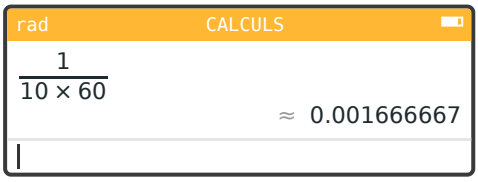
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{6{,}0 \times 10^{2}} = \frac{1}{6} \times 10^{-2} = 1{,}7 \times 10^{-1} \times 10^{-2}$$

$f = 1{,}7 \times 10^{-3}$ Hz : cette fréquence est environ dix mille fois plus petite que 20 Hz.

PIÈGE
Calculer $\frac{1}{10}$ avec la période en minutes : la fréquence n'est en hertz que si T est en secondes.

COMPRENDRE
La période est donnée « de l'ordre de 10 minutes » : deux chiffres significatifs suffisent largement. L'épreuve se passait sans calculatrice, d'où l'aide au calcul.

À LA CALCULATRICE



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

Données utiles $v \approx 100\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$; $T \approx 10$ min ; ouverture $a = 10$ km ; aide au calcul : $\frac{1}{6} = 1{,}7 \times 10^{-1}$

La diffraction est nette lorsque la largeur a de l'ouverture est du même ordre de grandeur que la longueur d'onde λ, ou plus petite.

Avec v en $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$, on exprime la période en heures : $T = \frac{10}{60} = \frac{1}{6}$ h.

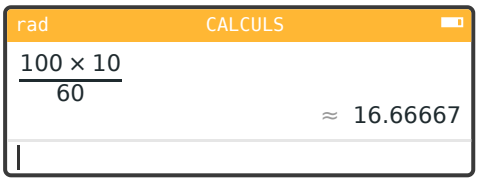
$$\lambda = v\,T = 100 \times \frac{1}{6} = 100 \times 1{,}7 \times 10^{-1} = 17\ \text{km}$$

$\lambda \approx 17$ km, du même ordre que $a = 10$ km (et même supérieure) : ces ondes peuvent être diffractées par les montagnes.

PIÈGE
Multiplier 100 par 10 ou par 600 sans accorder les unités. Prendre la vitesse de l'ombre (2850 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$) au lieu de la célérité des ondes est une autre erreur fréquente.

MÉTHODE
Question de diffraction : 1) calculer λ ; 2) la comparer à la dimension a de l'ouverture ou de l'obstacle ; 3) conclure, le phénomène étant d'autant plus marqué que a est petit devant λ.

À LA CALCULATRICE

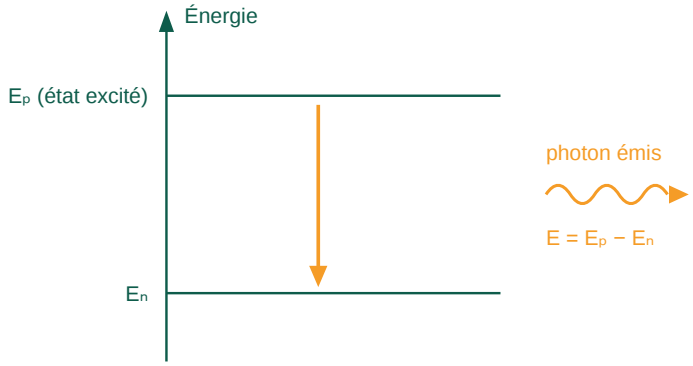


1.1 Partie B. Illustrer, à l'aide d'un schéma de niveaux d'énergie d'un atome, le phénomène d'émission d'un photon.

Un atome excité, d'énergie E_p, passe à un niveau d'énergie plus basse E_n. Il cède l'énergie perdue en émettant un photon.

Flèche descendante du niveau E_p vers le niveau E_n, accompagnée d'un photon d'énergie $E = E_p - E_n$.

PIÈGE
Dessiner la flèche vers le haut : une flèche montante représente l'absorption d'un photon, pas son émission.



1.1 · Émission d'un photon lors d'une transition entre deux niveaux d'énergie

1.2 Partie B. Donner l'expression littérale de l'énergie E du photon émis en fonction de λ, h et c.

L'énergie d'un photon de fréquence ν est $E = h\,\nu$, et dans le vide $\nu = \frac{c}{\lambda}$.

$$E = \frac{h\,c}{\lambda}$$

COMPRENDRE
E en joules, h en $\text{J} \cdot \text{s}$, c en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ et λ en mètres. L'énergie du photon est inversement proportionnelle à la longueur d'onde.

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

Données utiles $\lambda_{Na} = 589{,}0$ nm ; $h = 6{,}626 \times 10^{-34}$ J · s ; $c = 2{,}998 \times 10^{8}$ m · s^{-1} ; 1 eV $= 1{,}602 \times 10^{-19}$ J ; aide au calcul : $\dfrac{6{,}626 \times 2{,}998}{589{,}0 \times 1{,}602} = 2{,}105 \times 10^{-2}$

Pour passer des joules aux électronvolts, on divise par $1{,}602 \times 10^{-19}$:

$$E = \frac{h\,c}{\lambda_{Na} \times 1{,}602 \times 10^{-19}} = \frac{6{,}626 \times 10^{-34} \times 2{,}998 \times 10^{8}}{589{,}0 \times 10^{-9} \times 1{,}602 \times 10^{-19}}$$

Puissances de dix : $\dfrac{10^{-34} \times 10^{8}}{10^{-9} \times 10^{-19}} = \dfrac{10^{-26}}{10^{-28}} = 10^{2}$, donc

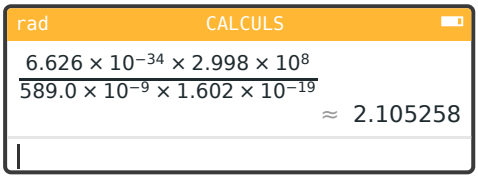
$$E = \frac{6{,}626 \times 2{,}998}{589{,}0 \times 1{,}602} \times 10^{2} = 2{,}105 \times 10^{-2} \times 10^{2}$$

$E = 2{,}105$ eV

PIÈGE
Choisir la mauvaise aide au calcul : diviser par $1{,}602 \times 10^{-19}$ place 1,602 au dénominateur, et c'est 589,0 (sodium) qu'il faut, pas 587,6. Laisser λ en nanomètres fausse aussi la puissance de dix.

COMPRENDRE
Toutes les données ont quatre chiffres significatifs : le résultat en garde quatre.

À LA CALCULATRICE



1.3.2 Partie B. Déterminer, à l'aide de la figure 2, à quelle transition correspond cette émission.

Données utiles $E = 2{,}105$ eV (1.3.1) ; figure 2 : $E_0 = -5{,}139$ eV ; $E_1 = -3{,}034$ eV

On cherche deux niveaux du sodium dont l'écart vaut 2,105 eV :

$E_1 - E_0 = -3{,}034 - (-5{,}139) = 2{,}105$ eV

La raie D correspond à la transition du niveau E_1 (premier état excité) vers le niveau E_0 (état fondamental).

MÉTHODE
Un photon émis a pour énergie l'écart entre deux niveaux : niveau de départ moins niveau d'arrivée. Tester d'abord les transitions vers le fondamental, ce sont les plus énergétiques.

1.4 Partie B. Le photon de la raie jaune de l'hélium a pour énergie 2,110 eV. Justifier, à l'aide de la figure 2, que cette émission ne peut pas être attribuée au sodium.

Données utiles figure 2, en eV : $E_0 = -5{,}139$; $E_1 = -3{,}034$; $E_2 = -2{,}959$; $E_5 = -1{,}798$

Il faudrait deux niveaux du sodium séparés de 2,110 eV.

Retour vers le fondamental : $E_1 - E_0 = 2{,}105$ eV, puis $E_2 - E_0 = -2{,}959 + 5{,}139 = 2{,}180$ eV. Les niveaux suivants donnent des écarts encore plus grands. La valeur 2,110 eV, comprise entre 2,105 et 2,180, n'est pas atteinte.

Entre états excités : le plus grand écart est $E_5 - E_1 = -1{,}798 + 3{,}034 = 1{,}236$ eV, inférieur à 2,110 eV.

Aucune transition du sodium ne libère 2,110 eV : cette raie ne peut pas être émise par le sodium.

PIÈGE
Se contenter de « $2{,}110 \neq 2{,}105$ ». Il faut montrer qu'aucune autre transition ne convient, en encadrant la valeur et en traitant les transitions entre états excités.

COMPRENDRE
Les énergies d'un atome sont quantifiées : seuls certains écarts existent, donc seules certaines longueurs d'onde sont émises. Un spectre de raies est la signature d'un élément ; une raie inconnue révèle un élément nouveau.

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

Dans chaque équation, deux noyaux légers s'unissent pour former un noyau plus lourd.

Ce sont des réactions de fusion nucléaire.

PIÈGE
Confondre avec la fission, où un noyau lourd se casse en deux noyaux plus légers sous l'impact d'un neutron.

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

Des noyaux isotopes ont le même nombre de protons Z mais des nombres de nucléons A différents (donc des nombres de neutrons différents).

${}^{3}_{2}\mathrm{He}$ et ${}^{4}_{2}\mathrm{He}$ sont isotopes : $Z = 2$ pour les deux, $A = 3$ et $A = 4$.

PIÈGE
Associer ${}^{3}_{2}\mathrm{He}$ et ${}^{3}_{1}\mathrm{H}$ parce qu'ils ont le même A : leurs numéros atomiques diffèrent, ce sont deux éléments différents.

2.3 Partie B. Déterminer les valeurs de x et y dans la troisième équation en précisant les lois de conservation utilisées.

Données utiles ${}^{3}_{2}\mathrm{He} + {}^{x}_{2}\mathrm{He} \longrightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + \mathrm{y}\ {}^{1}_{1}\mathrm{H}$

Conservation de la charge électrique (nombre de charge) : $2 + 2 = 2 + y \times 1$, d'où $y = 2$.

Le nombre total de nucléons se conserve aussi : $x + 3 = 4 + 2 = 6$, d'où $x = 3$.

$x = 3$ et $y = 2$: ${}^{3}_{2}\mathrm{He} + {}^{3}_{2}\mathrm{He} \longrightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + 2\ {}^{1}_{1}\mathrm{H}$

MÉTHODE
Commencer par la loi qui ne contient qu'une inconnue (ici la charge, qui donne y), puis reporter dans l'autre. Vérifier en relisant l'équation complète.

2.4.1 Partie B. Les atomes d'hélium 3 et d'hélium 4 possèdent-ils la même configuration électronique ? Justifier.

Les deux noyaux ont le même numéro atomique $Z = 2$, donc deux protons. Un atome est électriquement neutre : chacun possède deux électrons.

Oui, les atomes d'hélium 3 et d'hélium 4 ont la même configuration électronique.

COMPRENDRE
Les isotopes ne diffèrent que par leur nombre de neutrons, qui sont dans le noyau. Le cortège électronique, lui, ne dépend que de Z.

2.4.2 Partie B. Ces deux atomes auraient-ils pu être distingués expérimentalement dans le spectre obtenu par Janssen et Lockyer ?

Un spectre atomique caractérise la configuration électronique. Celle-ci étant identique pour les deux isotopes, ils ont les mêmes niveaux d'énergie et émettent les mêmes raies.

Non : le spectre observé en 1868 ne permettait pas de distinguer l'hélium 3 de l'hélium 4.

COMPRENDRE
Pour séparer des isotopes, il faut une grandeur liée au noyau, comme la masse (spectrométrie de masse), et non une propriété du nuage électronique.