Lampe à vapeur de sodium

Bac S 2004 Inde (Pondichéry) (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Quelles sont les longueurs d'onde des raies appartenant au domaine du visible, à celui des ultraviolets, à celui de l'infrarouge ?

Données utiles raies du spectre : 330,3 nm ; 568,8 nm ; 589,0 nm et 589,6 nm (doublet) ; 615,4 nm ; 819,5 nm ; 1138,2 nm

Dans le vide, le domaine visible s'étend environ de 400 nm à 800 nm.

En dessous de 400 nm, c'est l'ultraviolet ; au-dessus de 800 nm, l'infrarouge.

UV : 330,3 nm. Visible : 568,8 ; 589,0 ; 589,6 et 615,4 nm. IR : 819,5 et 1138,2 nm.

PIÈGE
Inverser les deux domaines invisibles. L'ultraviolet est du côté des petites longueurs d'onde (au-delà du violet, 400 nm), l'infrarouge du côté des grandes (au-delà du rouge, 800 nm).

1.2 S'agit-il d'une lumière polychromatique ou monochromatique ? Justifier.

Le spectre comporte plusieurs raies : la lampe émet plusieurs radiations de longueurs d'onde différentes.

La lumière de la lampe est **polychromatique**.

COMPRENDRE
La lampe paraît jaune parce que le doublet à 589 nm est de loin le plus intense, mais une seule couleur perçue ne signifie pas une seule radiation.

1.3 Quelle est la valeur de la fréquence ν de la raie de longueur d'onde $\lambda = 589{,}0$ nm ?

Données utiles $c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $\lambda = 589{,}0\ \text{nm} = 589{,}0 \times 10^{-9}\ \text{m}$

Pour une radiation lumineuse dans le vide : $\lambda = \dfrac{c}{\nu}$, donc $\nu = \dfrac{c}{\lambda}$.

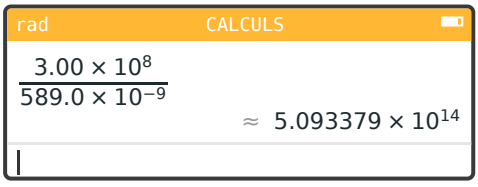
$$\nu = \frac{3{,}00 \times 10^{8}}{589{,}0 \times 10^{-9}}$$

$\nu = 5{,}09 \times 10^{14}\ \text{Hz}$

PIÈGE
Laisser λ en nanomètres : le résultat est alors faux d'un facteur 10^{9}. Convertir en mètres avant de diviser.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs : c n'en a que trois, même si λ en a quatre. Le résultat ne peut pas être plus précis que la donnée la moins précise.

À LA CALCULATRICE



1.4 Parmi les données du début de l'exercice, que représentent les grandeurs h et e ?

h est la constante de Planck : elle relie l'énergie d'un photon à la fréquence de la radiation, $E = h\,\nu$.

e est la charge élémentaire, valeur absolue de la charge de l'électron (et charge du proton).

h : constante de Planck ; e : charge élémentaire.

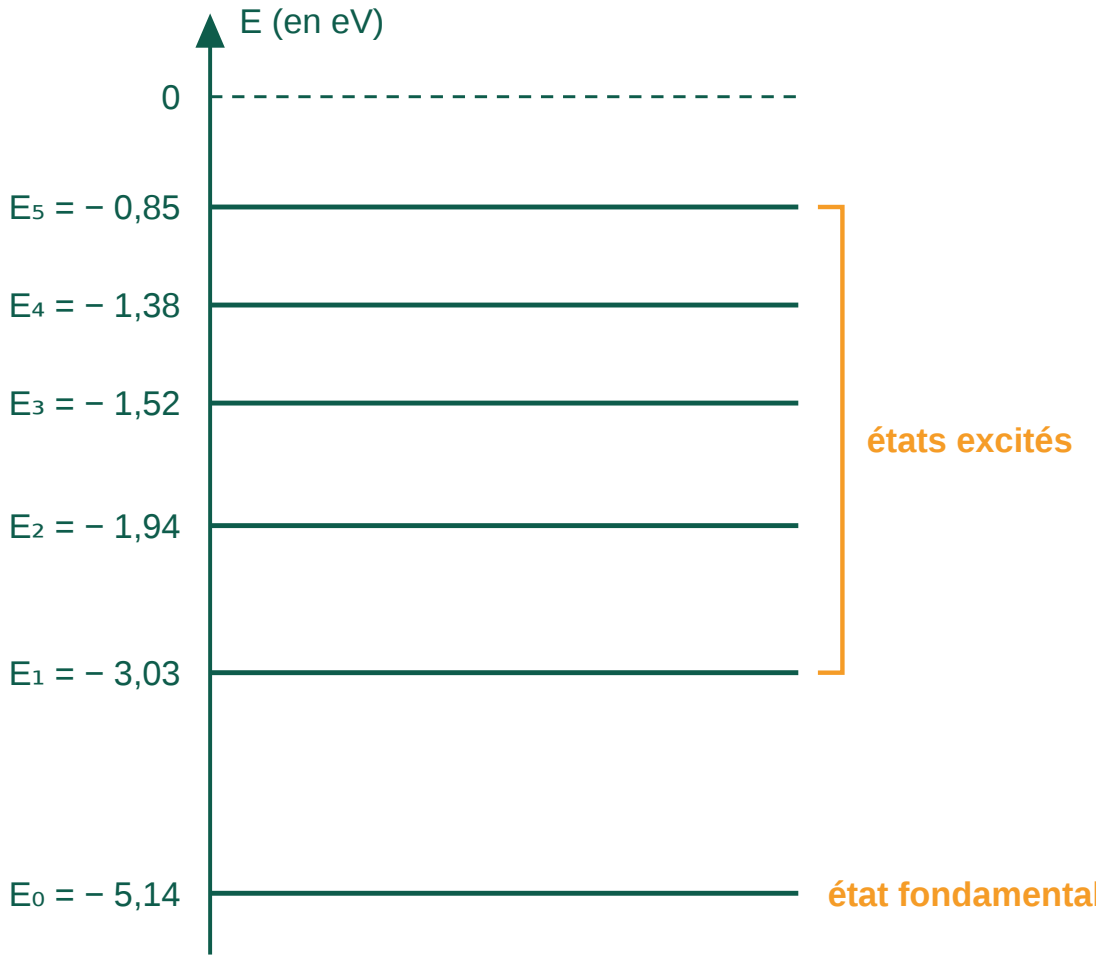
COMPRENDRE
La valeur de e sert ici à convertir les énergies : $1\ \text{eV} = 1{,}60 \times 10^{-19}\ \text{J}$.

2.1 Indiquer sur le diagramme de l'annexe 4 l'état fondamental et les états excités.

L'état fondamental est l'état de plus basse énergie, le plus stable : $E_0 = -5{,}14$ eV.

Tous les niveaux d'énergie supérieure, de E_1 à E_5, sont des états excités.

État fondamental : E_0 ; états excités : E_1, E_2, E_3, E_4 et E_5 (voir l'annexe complétée).



2.1 · Annexe 4 complétée : état fondamental et états excités

2.2 En quoi le diagramme de l'annexe 4 permet-il de justifier la discontinuité du spectre d'émission d'une lampe à vapeur de sodium ?

Le diagramme montre que l'énergie de l'atome est quantifiée : elle ne peut prendre que quelques valeurs bien déterminées.

Quand l'atome passe d'un niveau E_p à un niveau inférieur E_n, il émet un photon d'énergie $E_p - E_n = \dfrac{h\,c}{\lambda}$. Ces écarts sont en nombre limité.

Niveaux d'énergie quantifiés, donc longueurs d'onde émises bien définies : le spectre est formé de raies, il est discontinu.

MÉTHODE

Pour expliquer un spectre de raies, enchaîner trois idées : niveaux quantifiés ; un photon par transition ; énergie du photon égale à l'écart entre les deux niveaux.

2.3.1 Calculer l'énergie ΔE (en eV) qui correspond à l'émission de la radiation de longueur d'onde $\lambda = 589{,}0$ nm, avec le nombre de chiffres significatifs adapté aux données.

Données utiles $h = 6{,}62 \times 10^{-34}$ J · s ; $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m · s^{-1} ; $e = 1{,}60 \times 10^{-19}$ C ; $\lambda = 589{,}0 \times 10^{-9}$ m

Énergie du photon émis : $\Delta E = h\nu = \dfrac{hc}{\lambda}$.

$$\Delta E = \frac{6{,}62 \times 10^{-34} \times 3{,}00 \times 10^{8}}{589{,}0 \times 10^{-9}} = 3{,}37 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Conversion, avec $1 \text{ eV} = 1{,}60 \times 10^{-19}$ J :

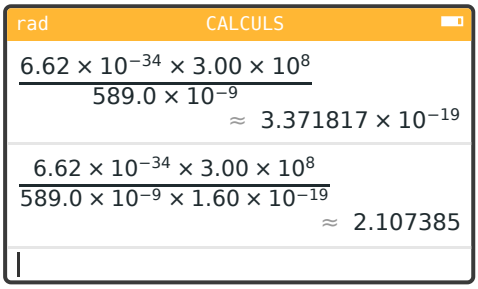
$$\Delta E = \frac{3{,}37 \times 10^{-19}}{1{,}60 \times 10^{-19}}$$

$\Delta E = 2{,}11$ eV (trois chiffres significatifs, comme h, c et e)

PIÈGE
Multiplier par e au lieu de diviser. Un électronvolt est une très petite énergie : la valeur en eV est un nombre bien plus grand que la valeur en joules.

MÉTHODE
Garder la valeur non arrondie en mémoire pour la conversion, ou faire le calcul en une seule saisie, et n'arrondir qu'à la fin.

À LA CALCULATRICE



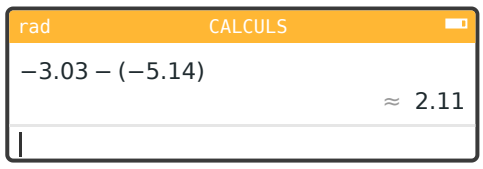
2.3.2 Sans justifier, indiquer par une flèche notée 1 sur le diagramme de l'annexe 4 la transition correspondante.

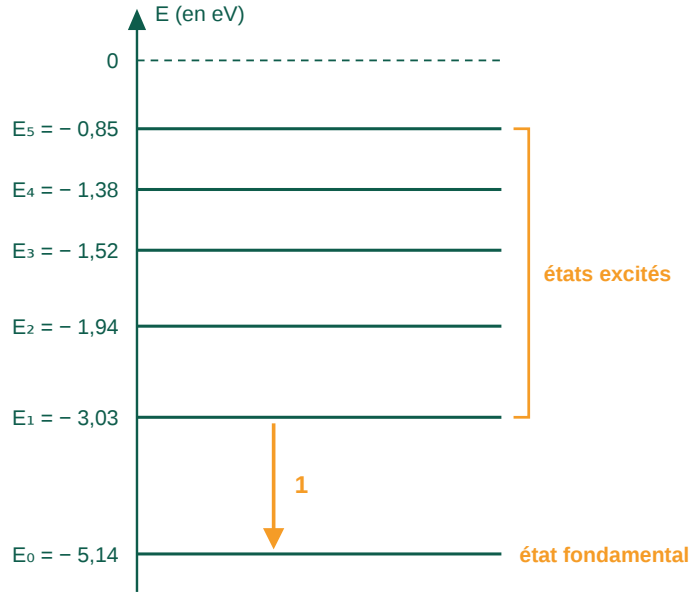
Données utiles $\Delta E = 2{,}11$ eV (2.3.1)

Flèche 1 : de E_1 vers E_0, pointe vers le bas (voir l'annexe complétée).

COMPRENDRE
Vérification : $E_1 - E_0 = -3{,}03 - (-5{,}14) = 2{,}11$ eV. C'est le seul écart du diagramme égal à ΔE. La flèche descend car l'atome perd de l'énergie en émettant le photon.

À LA CALCULATRICE





2.3.2 · Annexe 4 complétée : flèche 1, émission de la raie à 589,0 nm

3.1 L'atome, dans l'état E_1, reçoit une radiation dont le quantum d'énergie vaut $\Delta E' = 1{,}09$ eV. Cette radiation peut-elle interagir avec l'atome ? Justifier.

Données utiles $E_1 = -3{,}03$ eV ; $E_2 = -1{,}94$ eV ; $\Delta E' = 1{,}09$ eV

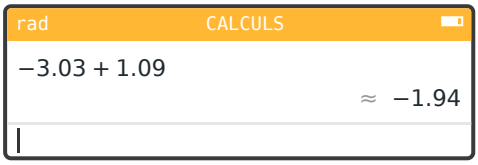
Un photon n'est absorbé que si son énergie est exactement égale à l'écart entre le niveau occupé et un niveau supérieur.

Énergie que l'atome aurait après absorption : $E_1 + \Delta E' = -3{,}03 + 1{,}09 = -1{,}94$ eV. C'est la valeur du niveau E_2.

$\Delta E' = E_2 - E_1 = 1{,}09$ eV : oui, la radiation peut interagir avec l'atome, qui passe de E_1 à E_2.

PIÈGE
Croire qu'un photon d'énergie supérieure à un écart suffit. Avec 1,20 eV par exemple, aucun niveau ne correspond : le photon n'est pas absorbé.

À LA CALCULATRICE



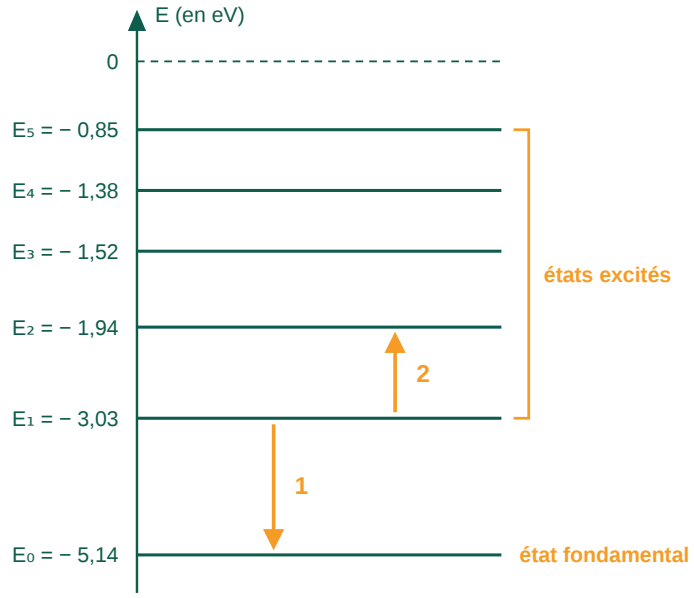
3.2 Représenter sur le diagramme de l'annexe 4 la transition correspondante par une flèche notée 2. La raie associée est-elle une raie d'émission ou d'absorption ? Justifier.

Flèche 2 : de E_1 vers E_2, pointe vers le haut (voir l'annexe complétée).

L'atome passe à un niveau d'énergie plus élevé : il gagne de l'énergie en absorbant le photon reçu.

La raie associée à la transition 2 est une raie d'**absorption**.

COMPRENDRE
Sens de la flèche : vers le haut pour une absorption, vers le bas pour une émission. Ce photon de 1,09 eV a une longueur d'onde d'environ 1140 nm : elle correspond à la raie infrarouge à 1138,2 nm du spectre.



3.2 · Annexe 4 complétée : flèche 2, absorption du quantum de 1,09 eV