



Exercice 1 : A propos d'un extrait du livre d'André Brahic « Lumières d'étoiles » /17pts

La lumière blanche mélange toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. Comme on passe continûment d'une couleur à une autre en changeant graduellement de nuance, on dit que la lumière blanche possède un spectre continu. C'est le cas de la lumière émise par un corps chaud qui contient toutes les couleurs à des doses différentes. Plus la température est forte, plus la couleur dominante se déplace du micro-onde vers les X.

Mais les astronomes ont remarqué dès le XVIIIe siècle la présence de fines bandes noires dans la lumière solaire. Il manque des couleurs très précises et spécifiques, comme si elles ne nous étaient pas parvenues. Après quelques tâtonnements, ils ont compris que ces raies sombres trahissaient la présence d'éléments chimiques sur le trajet des rayons lumineux. Joseph von Fraunhofer fut le premier, en 1814, à observer ces disparitions de lumière et à les attribuer à un phénomène d'absorption par un gaz situé entre la source d'émission et l'observateur. [...]

Pour résoudre ce problème, il faut faire appel à la nature ondulatoire de l'électron et ranger l'onde de chaque électron autour du noyau comme des livres sur les étagères d'une bibliothèque. Chaque étage correspond à une énergie spécifique pour laquelle l'électron est stable. Un livre ne peut pas être entre deux étagères, sinon il tombe, de même les électrons peuvent avoir certaines énergies bien définies, mais ils ne peuvent pas se trouver dans un état intermédiaire. Pour passer d'un niveau à un autre plus élevé, un électron absorbe un photon lumineux qui lui apporte l'énergie supplémentaire dont il a besoin pour « grimper » sur une autre étagère. Inversement, quand il « redescend », il rend cette énergie sous forme d'un photon. Dans cette bibliothèque particulièrement riche, chaque atome est unique et caractéristique. On peut donc à distance reconnaître la présence d'un atome aux couleurs des photons qu'il émet ou absorbe lorsque ses électrons changent d' « étagère ».

Données :

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 2,997 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$

$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

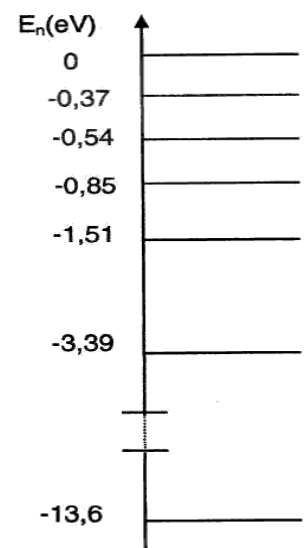
- D'après le texte : « Plus la température est forte, plus la couleur dominante se déplace du micro-onde vers les X ».
 - Donner les valeurs limites des longueurs d'onde dans le vide du spectre visible en précisant les couleurs concernées.
 - Quelle est la relation entre la longueur d'onde dans le vide d'une radiation monochromatique et sa fréquence ? On précisera les unités.
 - On donne les fréquences des micro-ondes ($\nu_{\text{micro-ondes}} = 3,0 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$) et des rayons X ($\nu_X = 3,0 \cdot 10^{18} \text{ Hz}$). Calculer alors l'ordre de grandeur des longueurs d'onde correspondantes dans le vide.
 - Indiquer en justifiant laquelle de ces deux radiations est la plus énergétique.

2. D'après le texte: « Chaque étage correspond à une énergie spécifique pour laquelle l'électron est stable. Un livre ne peut pas être entre deux étagères, sinon il tombe, de même les électrons peuvent avoir certaines énergies bien définies, mais ils ne peuvent pas se trouver dans un état intermédiaire. »

Quelle propriété de l'énergie d'un atome est évoquée dans cette partie du texte ?

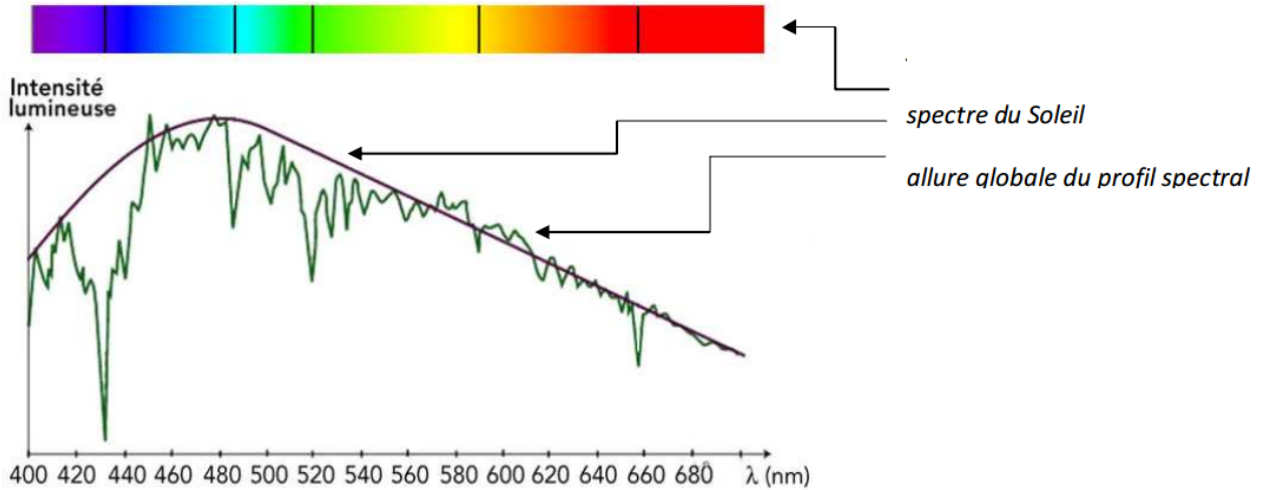
3. On donne le diagramme de niveaux d'énergie de l'hydrogène. On rappelle que l'état fondamental d'un atome correspond à l'état dans lequel il possède le moins d'énergie.

- Quel est le niveau d'énergie de l'état fondamental de l'atome d'hydrogène ?
- Calculer la variation d'énergie lorsque l'atome d'hydrogène passe de $E_1 = -0,37 \text{ eV}$ à $E_2 = -3,39 \text{ eV}$.
- Convertir en Joule la variation d'énergie calculée dans la question 3.2.
- Sur le diagramme, représenter cette transition par une flèche.
- Calculer la fréquence du photon correspondant à cette variation d'énergie.





- 3.6. Déterminer la longueur d'onde correspondante.
3.7. Indiquer sur le spectre du soleil la raie correspondant à cette transition.



- 3.8. Ce photon est-il libéré ou absorbé par l'atome d'hydrogène ?

Exercice 2 : En route vers les calculs pour l'atome de mercure... / 8 pts

Les énergies des niveaux vacants de l'atome de mercure sont :

-10,38eV / -5,74 eV / -5,52 eV / -4,95 eV / -3,71 eV / -2,68 eV / -2,48 eV / -1,57 eV / -1,56 eV

- 1- Quel est le niveau d'énergie de l'état fondamental de l'atome
- 2- Calculer l'énergie d'un photon émis correspondant à la transitions $9 \rightarrow 5$
- 3- Calculer la longueur d'onde associée à la transition.
- 4- Un photon d'énergie 4,71 eV arrive sur un atome de mercure au repos, est-il absorbé? Pourquoi ?



Correction de l'exercice 1 : A propos d'un extrait du livre d'André Brahic « Lumières d'étoiles » / 17*

1.1. (*) Les longueurs d'onde dans le vide du spectre visible sont comprises entre **400 nm (violet)** et **800 nm (rouge)**.

1.2. (*) $\lambda = \frac{c}{\nu}$ λ : longueur d'onde en m, ν : fréquence en Hz, c : célérité de la lumière dans le vide.

1.3. (***) $\lambda_{\text{micro-ondes}} = \frac{c}{\nu_{\text{micro-ondes}}} = \frac{2,997 \times 10^8}{3,0 \times 10^{14}} = 1,0 \times 10^{-6} \text{ m}$

L'ordre de grandeur de la longueur d'onde des micro-ondes est le **micromètre**.

$$\lambda_x = \frac{c}{\nu_x} = \frac{2,997 \times 10^8}{3,0 \times 10^{18}} = 0,10 \times 10^{-9} \text{ m}$$

L'ordre de grandeur de la longueur d'onde des rayons X est le **dixième de nanomètre**.

1.4. (***) $E = h \cdot \nu$: L'énergie correspondant à une radiation est proportionnelle à sa fréquence ou inversement proportionnelle à sa longueur d'onde, or $1 \mu\text{m} > 0,1 \text{ nm}$; l'énergie transportée par une radiation X est plus importante que celle transportée par des micro-ondes.

2. (*) L'énergie d'un atome est **quantifiée**, c'est-à-dire qu'elle ne peut prendre que quelques valeurs à l'exclusion des autres.

3.1. (*) Le niveau d'énergie de l'état fondamental de l'atome d'hydrogène E_0 est le niveau d'énergie la plus faible : $E_0 = -13,6 \text{ eV}$ (voir figure).

3.2. (*) $\Delta E = E_2 - E_1 = -3,39 + 0,37 = -3,02 \text{ eV}$ ($\Delta E < 0$, l'atome cède de l'énergie)

3.3. (*) $\Delta E = -3,02 \times 1,6 \times 10^{-19} = -4,8 \times 10^{-19} \text{ J}$

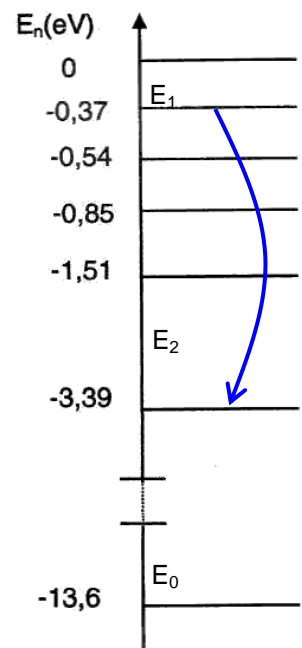
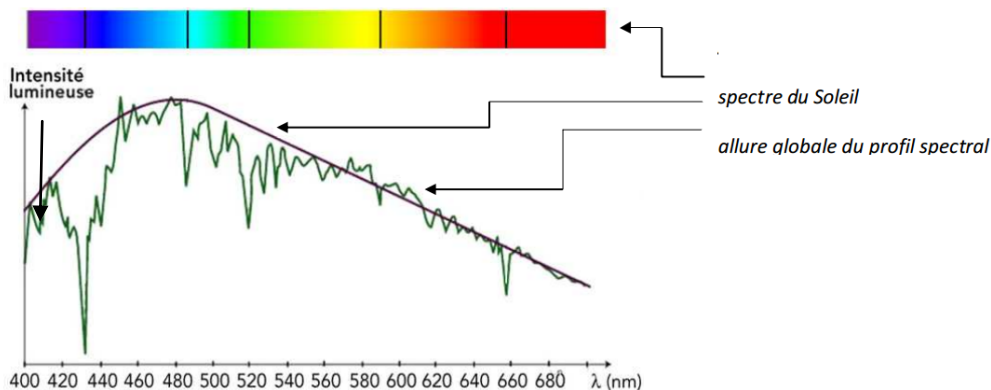
3.4. (*) Voir **flèche** sur le schéma ci-contre.

3.5. (***) $|\Delta E| = h \cdot \nu$, soit $\nu = \frac{|\Delta E|}{h}$

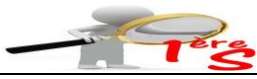
$$\nu = \frac{4,8 \times 10^{-19}}{6,62 \times 10^{-34}} = 7,3 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

3.6. (***) $\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{2,997 \times 10^8}{7,3 \times 10^{14}} = 4,1 \times 10^{-7} \text{ m}$, soit 410 nm.

3.7. (*) On retrouve cette raie :



3.8. (*) L'atome d'hydrogène passe d'un niveau d'énergie E_1 à un niveau d'énergie E_2 inférieure, il cède de l'énergie en **émettant** un photon. Le photon est **libéré** par l'atome d'hydrogène.



Correction de l'exercice 2 : En route vers les calculs pour l'atome de mercure/8*

Les énergies des niveaux vacants de l'atome de mercure sont :

-10,38eV / -5,74 eV / -5,52 eV / -4,95 eV / -3,71 eV / -2,68 eV / -2,48 eV / -1,57 eV / -1,56 eV

- 1- (*) L'énergie fondamentale est l'énergie la plus basse : - 10,38 eV.
- 2- (**) Le photon est émis donc il passe d'une énergie supérieure à une énergie inférieure :
 $E_9 = -1,56 \text{ eV}$ et $E_5 = -3,71 \text{ eV}$.

L'énergie : $\Delta E = E_5 - E_9 = -3,71 + 1,56 = -2,15 \text{ eV}$

- 3- (***) La longueur d'onde associée à la transition :

$$\nu = \frac{|\Delta E|}{h} \text{ et } \lambda = \frac{c}{\nu} \text{ donc } \lambda = \frac{h \cdot c}{\Delta E} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \times 3,0 \cdot 10^8}{2,15 / 1,6 \times 10^{-19}}$$

- 4- (**) Pour qu'un photon soit absorbé, il faut que l'énergie du photon corresponde à une transition entre 2 niveaux, ce qui n'est pas le cas avec une énergie de 4,71 eV.