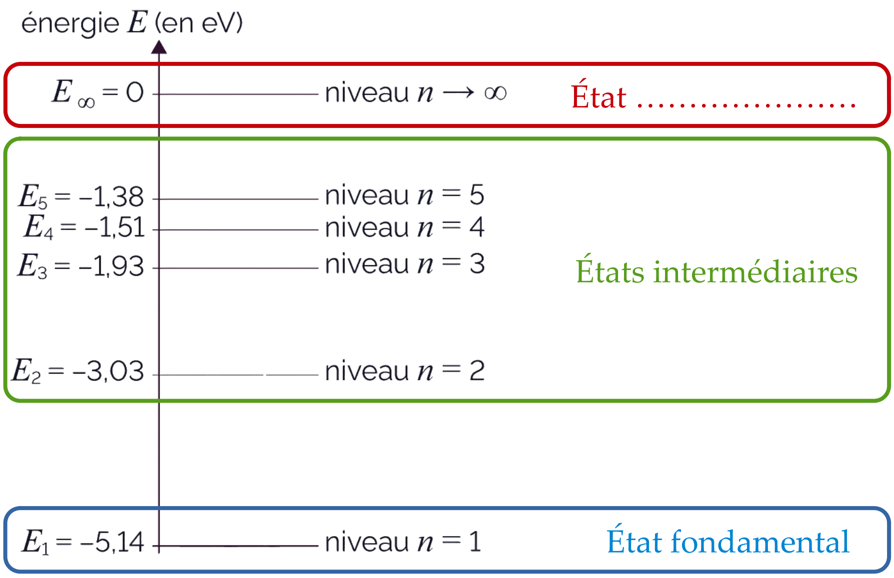
Une lampe spectrale est une ampoule de verre remplie d'un gaz à travers laquelle on fait passer un courant électrique. On peut étudier la lumière alors émise avec un spectromètre à fibre. Comment interpréter les spectres observés ?

Doc. 1 : diagramme des niveaux d'énergie du sodium (Na)



Niveaux d'énergie du mercure

$E_1 = -10{,}5$ eV
$E_2 = -5{,}78$ eV
$E_3 = -5{,}56$ eV
$E_4 = -4{,}98$ eV
$E_5 = -3{,}74$ eV
$E_6 = -2{,}71$ eV
$E_7 = -2{,}51$ eV
$E_8 = -1{,}90$ eV
$E_9 = -1{,}81$ eV
$E_{10} = -1{,}60$ eV
$E_\infty = 0$ eV (valeur limite)

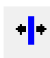
► Observer avec l'aide du professeur en utilisant le spectroscope à fibre
- le spectre d'émission de la lumière émise par une lampe à incandescence ;
- le spectre d'émission de la lumière émise par une lampe à vapeur de sodium ;
- le spectre d'émission de la lumière émise par une lampe à vapeur de mercure ;
- le spectre d'émission de la lumière émise par un LASER rouge.

► Récupérer les fichiers spectre dans le dossier et les ouvrir dans *Spid H.R.*

1. Caractériser chaque spectre en utilisant les termes : émission, absorption, continu, discontinu, polychromatique et monochromatique.

Lampe à incandescence : spectre d'émission continu polychromatique ;
lampe à vapeur de sodium : spectre d'émission discontinu et monochromatique ;
lampe à vapeur de mercure : spectre d'émission discontinu et polychromatique ;
laser rouge : spectre d'émission discontinu et monochromatique.

Spectre du sodium

2. Mesurer la longueur d'onde de la radiation jaune λ_{jaune} (Cliquer sur  puis déplacer le curseur vertical sur le maximum du pic).

$\lambda_{\text{jaune}} = 589{,}3\,\text{nm}$

3. Calculer l'énergie (en eV) associée à la radiation jaune.

$$E = h\nu$$

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

A.N. $$E = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^{8}}{589,3 \cdot 10^{-9}}$$

$$E = 3,37 \cdot 10^{-19}\ \text{J}$$

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

$$E = 2,11\ \text{eV}$$

4. En utilisant le doc.1 et le résultat précédent, déterminer les niveaux d'énergie de la transition correspondant à l'émission de la radiation jaune.

L'énergie E du photon émis est égale à la variation ΔE entre deux niveaux d'énergie de l'atome. Pour l'émission d'un photon, l'énergie de l'atome a diminué en passant à un niveau inférieur.

En observant le diagramme, nous remarquons un écart de 2,11 eV entre les niveaux 1 et 2 : $E_{photon} = E_2 - E_1 = -3{,}03 - (-5{,}14) = 2{,}11$ eV.

5. Comment nomme-t-on un atome auquel on a arraché un électron ? Préciser alors le nom du dernier état sur le diagramme. Quelle est la valeur de l'énergie E_∞ ?

On appelle « ion » tout atome auquel un électron a été arraché de son cortège électronique. Ainsi, le niveau d'énergie de valeur la plus élevée se nomme « état ionisé ». La valeur d'énergie associée est égale à $E_\infty = 0$ eV.

Spectre du mercure

6. Identifier le domaine auquel appartient chaque longueur d'onde du spectre expérimental.

$\lambda_1 = 366$ nm : UV, $\lambda_2 = 406$ nm : visible (violet), $\lambda_3 = 436$ nm : visible (bleu), $\lambda_4 = 547$ nm : visible (vert),

$\lambda_5 = 579$ nm, visible (jaune)

7. En utilisant le doc.2, représenter le diagramme des différents niveaux d'énergie de l'atome de mercure avec pour échelle 1,0 cm : 1,0 eV.

8. Déterminer les niveaux d'énergie de la transition correspondant à l'émission de la radiation bleue.

On mesure à l'aide du logiciel $\lambda_{bleu} = 436$ nm

Énergie du photon associé à cette radiation lumineuse :

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$E = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^{8}}{436 \cdot 10^{-9}}$$

$$E = 4,56 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{J}$$

soit $E = \dfrac{4,56 \cdot 10^{-19}}{1,60 \cdot 10^{-19}} = 2,85$ eV

En observant le diagramme, nous remarquons un écart de 2,85 eV entre les niveaux 3 et 6

$E_{photon} = E_6 - E_3 = -2{,}71 - (-5{,}56) = 2{,}85$ eV

9. À partir du spectre du laser et de sa puissance (indiquée sur le boîtier), calculer le nombre de photon émis par seconde.

On mesure à l'aide du logiciel $\lambda_{rouge} = 633$ nm

Énergie du photon associé à cette radiation lumineuse :

$$E_{photon} = \frac{hc}{\lambda}$$

A.N. $$E_{photon} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^{8}}{633 \cdot 10^{-9}}$$

$$E_{photon} = 3,14 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{J}$$

L'énergie, E, est reliée à la puissance, P, en fonction du temps, Δt, par la relation $E = P \times \Delta t$.

Le laser a une puissance de 1,0 mW

L'énergie émise par le laser en une seconde est donc $E_{laser} = P \times \Delta t = 1,0 \cdot 10^{-3} \times 1 = 1,0 \cdot 10^{-3}$ J

Le nombre de photons émis N peut être déduit en divisant l'énergie émise par le laser par l'énergie du photon associé à cette radiation lumineuse :

$$n = \frac{E_{laser}}{E_{photon}} = \frac{1,0 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 10^{-19}} = 3,2 \cdot 10^{15}\ \text{photons}$$

On estime ainsi que le laser émet environ $3{,}2 \cdot 10^{15}$ photons par seconde !

Rappel : L'énergie (E en J) est reliée à la puissance (P en W) en fonction du temps (Δt en s) par la relation $E = P \times \Delta t$