

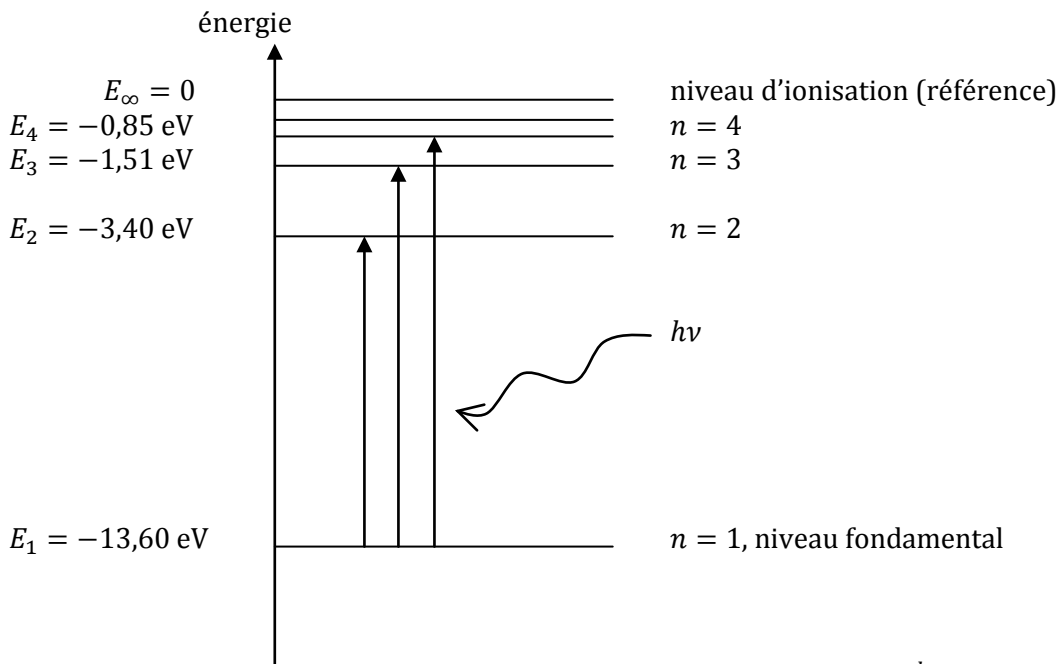
Corrigé exercice 3

EXCITATION-DÉSEXCITATION

1) Dans le milieu interstellaire, si les atomes d'hydrogène ne sont pas soumis à un rayonnement trop intense, on peut considérer qu'ils se trouvent dans leur état fondamental lorsqu'ils reçoivent les photons en provenance de la source.

Les photons susceptibles d'être absorbés sont donc ceux qui apportent **exactement** l'énergie permettant la transition du niveau fondamental $n = 1$ vers un niveau excité p . On visualise les transitions d'absorption possibles sur ce diagramme (les niveaux d'énergie de l'atome H étant :

$$E_n = \frac{-13,60 \text{ eV}}{n^2}) :$$



Ainsi, pour provoquer la transition $1 \rightarrow 2$, le photon doit avoir l'énergie $\frac{hc}{\lambda_{1 \rightarrow 2}} = E_2 - E_1 = 10,20 \text{ eV}$, donc la longueur d'onde $\lambda_{1 \rightarrow 2} = \frac{hc}{E_2 - E_1} = 121,6 \text{ nm}$ (ne pas oublier de convertir les électronvolts en joules : $1 \text{ eV} = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ J}$).

Pour provoquer la transition $1 \rightarrow 3$, le photon doit avoir l'énergie $\frac{hc}{\lambda_{1 \rightarrow 3}} = E_3 - E_1 = 12,09 \text{ eV}$, donc la longueur d'onde $\lambda_{1 \rightarrow 3} = \frac{hc}{E_3 - E_1} = 102,5 \text{ nm}$.

Pour provoquer la transition $1 \rightarrow 4$, le photon doit avoir l'énergie $\frac{hc}{\lambda_{1 \rightarrow 4}} = E_4 - E_1 = 12,75 \text{ eV}$, donc la longueur d'onde $\lambda_{1 \rightarrow 4} = \frac{hc}{E_4 - E_1} = 97,2 \text{ nm}$.

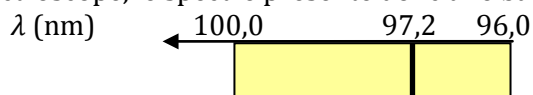
Pour provoquer la transition $1 \rightarrow 5$, le photon doit avoir l'énergie $\frac{hc}{\lambda_{1 \rightarrow 5}} = E_5 - E_1 = 13,06 \text{ eV}$, donc la longueur d'onde $\lambda_{1 \rightarrow 5} = \frac{hc}{E_5 - E_1} = 95,0 \text{ nm}$.

Les écarts énergétiques allant en augmentant, les transitions suivantes seront de longueur d'onde inférieures.

Conclusion : dans l'intervalle d'étude $[96; 100 \text{ nm}]$, une seule longueur d'onde peut être absorbée :

$$\lambda_{1 \rightarrow 4} = 97,2 \text{ nm}$$

Analysé au spectroscope, le spectre présente donc une bande noire unique :



2) Comme on l'a montré précédemment :

l'atome d'hydrogène se retrouve au niveau $n = 4$ après absorption du photon.

La dégénérescence de ce niveau est de 16, c'est-à-dire qu'il y a 16 états quantiques dans lequel peut se trouver l'électron au niveau $n = 4$; en effet, les valeurs du nombre quantique secondaire ℓ peuvent être ($0 \leq \ell \leq n - 1$) :

$\ell = 0$: orbitale 4s unique ($m_\ell = 0$) ;

$\ell = 1$: 3 orbitales 4p ($m_\ell = -1; 0; +1$) ;

$\ell = 2$: 5 orbitales 4d ($m_\ell = -2; -1; 0; +1; +2$) ;

$\ell = 3$: 7 orbitales 4f ($m_\ell = -3; -2; -1; 0; +1; +2; +3$).

3) Lorsqu'il se désexcite, l'atome peut émettre diverses radiations :

- **Retour direct au niveau fondamental : $4 \rightarrow 1$** ; dans ce cas $\lambda_{4 \rightarrow 1} = 97,2 \text{ nm}$ puisqu'il s'agit du même écart énergétique qu'en absorption ;

- **Relaxation au niveau 2 : $4 \rightarrow 2$** , on a alors $\lambda_{4 \rightarrow 2} = \frac{hc}{E_4 - E_2} = 486,2 \text{ nm}$ (l'une des raies visibles de la série de Balmer) ; **puis retour au niveau fondamental $2 \rightarrow 1$** , correspondant à $\lambda_{2 \rightarrow 1} = 121,6 \text{ nm}$;

- **Relaxation au niveau 3 : $4 \rightarrow 3$** , on a alors $\lambda_{4 \rightarrow 3} = \frac{hc}{E_4 - E_3} = 1875,4 \text{ nm}$; **puis ou bien retour direct au niveau fondamental $3 \rightarrow 1$** , correspondant à $\lambda_{3 \rightarrow 1} = 102,6 \text{ nm}$; **ou bien** passage par $3 \rightarrow 2$, $\lambda_{3 \rightarrow 2} = \frac{hc}{E_3 - E_2} = 656,4 \text{ nm}$ (raie de base de la série de Balmer) puis retour au niveau fondamental $2 \rightarrow 1$ (121,6 nm).

Le spectre d'émission est beaucoup plus riche que le spectre d'absorption à partir du niveau fondamental.