Bienvenue !

Visiter

“Physique Fine enjah “

sur youtube

Pour plus comprendre le cours

Chapitre: 2 L'atome

➢ *Bohr a postulé que :*

- ✓ *Chaque atome possède ses propres niveaux d'énérgies .*

- ✓ *L'atome ne peut pas avoir qu'une énérgie égale à une de ces niveaux .*

❖ *Càd une énérgie intermédiare entre deux niveaux est strictement interdit à l'atome . L'énérgie de l'atome est quantifiée .*

- ✓ *Tous les atomes isolées d'un même élément ont les mêmes niveaux d'énérgies , alors que les atomes de différentes éléments ont de différentes niveaux d'énérgies .*

- *Quand un atome (précisement un éléctron) passe d'un niveau d'énérgie initial E_i à un autre E_f inférieur , il émet des photons dont la fréquence dépend de l'énérgie de transition entre les deux niveaux concernés . L'énérgie d'un photon émis est*

$$\underset{i \to f}{E_{Ph}} = h\nu = E_i - E_f$$

- *Aucun photon n'est émis (Ou aucune radiation d'énérgie ne peut avoir lieu) tant que l'atome reste au même niveau d'énérgie (Ou tant que les* e^- *restent stables dans leur orbites) .*

- *Remarque : La théorie de Bohr s'applique seulement sur l'atome d'hydrogène et les hydrogénoïdes :* ${}_{Z}X^{(Z-1)+}$ comme :

$${}_{2}He^{+} \; ; \; {}_{3}Li^{2+} \; ; \; {}_{4}Be^{3+} \; ; \; {}_{5}B^{4+}$$

➢ *Atome d'hydrogène :*

Les niveaux d'énérgies de l'atome d'hydrogène sont données par la relation :

$E_n = -\frac{hCR}{n^2}$, *avec* $R = 1.097 \times 10^7 m^{-1}$ *appelée constante de Rydberg .*

On va prendre : $h = 6.626 \times 10^{-34}\, J.S$ *et* $C = 2.998 \times 10^8\, m/s$.

Alors $E_1 = -hCR = -6.626 \times 10^{-34} \times 2.998 \times 10^8 \times 1.097 \times 10^7$
$\Rightarrow E_1 = -217.916 \times 10^{-20}\, J$

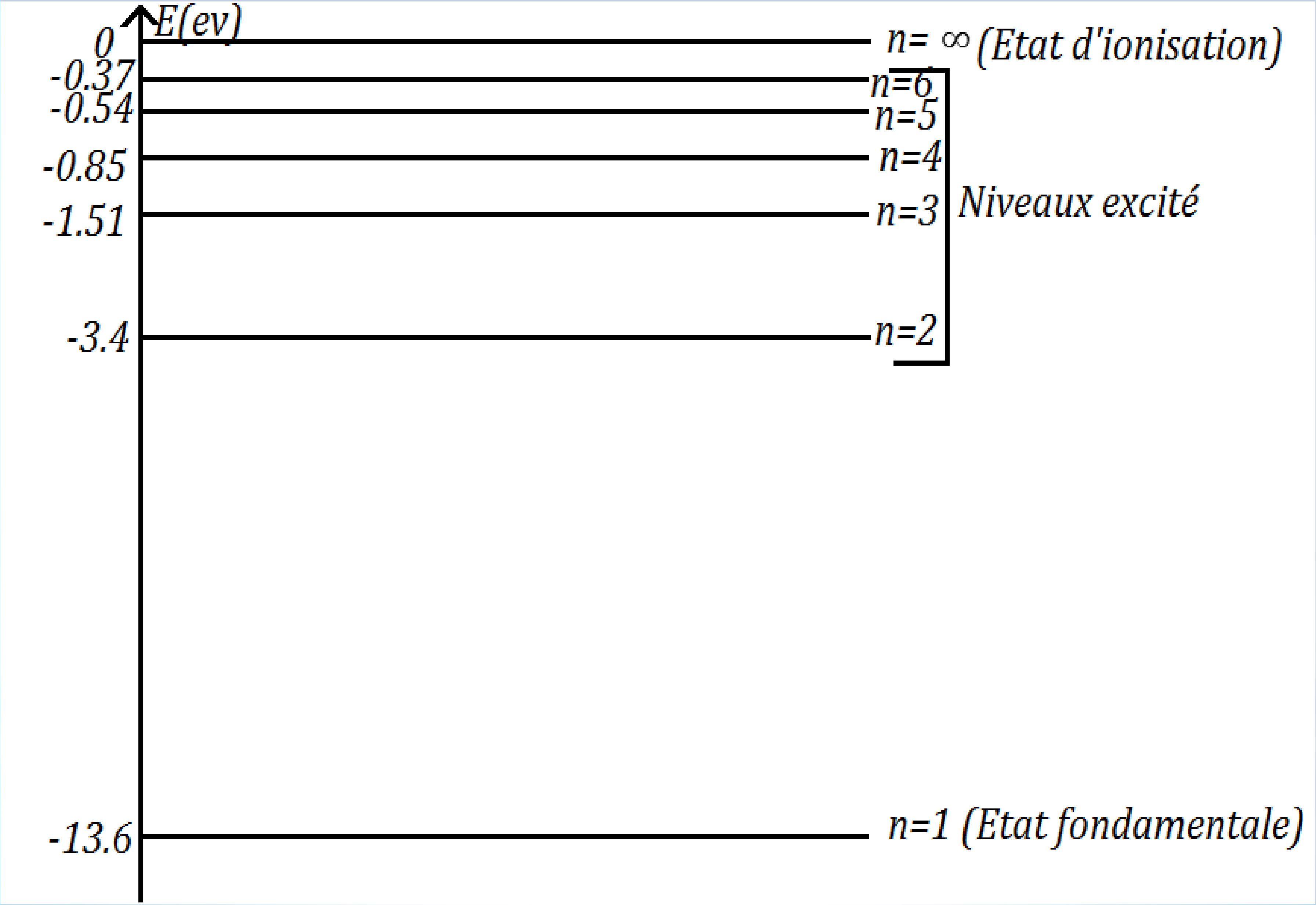
Donc : $E_1 = \frac{-217.916 \times 10^{-20}}{1.6 \times 10^{-19}} = -13.6(ev)$.

Alors les niveaux n de l'atome d'hydrogène sont donnée par la relation :

$$E_{n(ev)} = -\frac{13.6}{n^2}$$

- *Spectre d'émission de l'atome d'hydrogène:*

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2}, \, pour \begin{cases} n = 1 \Rightarrow E_1 = -\frac{13.6}{1} = -13.6\,(ev) \\ n = 2 \Rightarrow E_2 = -\frac{13.6}{4} = -3.4\,(ev) \\ n = 3 \Rightarrow E_3 = -\frac{13.6}{9} = -1.51\,(ev) \\ n = 4 \Rightarrow E_4 = -\frac{13.6}{16} = -0.85\,(ev) \\ n = 5 \Rightarrow E_5 = -\frac{13.6}{25} = -0.54\,(ev) \\ n = 6 \Rightarrow E_6 = -\frac{13.6}{36} = -0.37\,(ev) \\ \vdots \\ n \rightarrow (=) + \infty \Rightarrow E_\infty = -\frac{13.6}{\infty} = 0 \end{cases}$$


E(ev)
0
-0.37
-0.54
-0.85
-1.51
-3.4
-13.6
n= ∞ (Etat d'ionisation)
n=6
n=5
n=4
n=3
n=2
Niveaux excité
n=1 (Etat fondamentale)

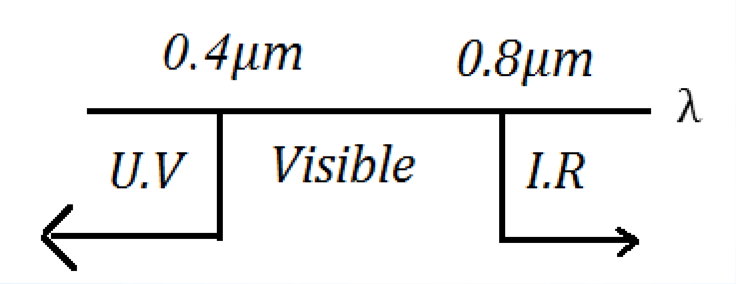
Série de Lyman:

C'est la série qui étudie les transitions du niveaux $n \geq 2$ *au niveau* $n = 1$.

$$E_{Ph} = E_n - E_1 \Rightarrow \frac{hC}{\lambda} = -\frac{hCR}{n^2} - \left(-\frac{hCR}{1^2}\right)$$

Simplifier par hC : $\frac{1}{\lambda} = R - \frac{R}{n^2}$ *, Donc:* $\frac{1}{\lambda} = R\left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$.

Rappel :



- *Dans cette série :* $\frac{1}{\lambda} = R\left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$ *on a*

$$\lambda_{2\to1} = \frac{1}{1.097 \times 10^7 \times \left(1 - \frac{1}{2^2}\right)} = 0.12 \times 10^{-6} m = 0.12 \mu m \Rightarrow U.V$$

$$\lambda_{3\to1} = \frac{1}{1.097\times10^{7}\times(1-\frac{1}{3^2})} = 0.102\times10^{-6}m = 0.102\mu m \Rightarrow U.V$$

.

.

.

$$\lambda_{\infty\to1} = \frac{1}{1.097\times10^{7}\times(1-\frac{1}{\infty})} = 0.09\times10^{-6}m = 0.09\mu m \Rightarrow U.V$$

- *Série de Balmer :*

C'est la série qui étudie les transitions du niveaux $n \geq 3$ *au niveau* $n = 2$.

$$E_{Ph} = E_n - E_2 \Rightarrow \frac{hC}{\lambda} = -\frac{hCR}{n^2} - (-\frac{hCR}{2^2})$$

Simplifier par hC : $\frac{1}{\lambda} = \frac{R}{4} - \frac{R}{n^2}$ *, Donc:* $\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2})$.

$$\lambda_{3\to2} = \frac{1}{1.097 \times 10^{7} \times (\frac{1}{4} - \frac{1}{3^{2}})} = 0.65 \times 10^{-6} m = 0.65 \mu m \Rightarrow Visible$$

$$\lambda_{4\to2} = \frac{1}{1.097 \times 10^{7} \times (\frac{1}{4} - \frac{1}{4^{2}})} = 0.48 \times 10^{-6} m = 0.48 \mu m \Rightarrow Visible$$

$$\lambda_{5\to2} = \frac{1}{1.097 \times 10^{7} \times (\frac{1}{4} - \frac{1}{5^{2}})} = 0.43 \times 10^{-6} m = 0.43 \mu m \Rightarrow Visible$$

$$\lambda_{6\to2} = \frac{1}{1.097 \times 10^{7} \times (\frac{1}{4} - \frac{1}{6^{2}})} = 0.41 \times 10^{-6} m = 0.41 \mu m \Rightarrow Visible$$

$$\lambda_{7\to2} = \frac{1}{1.097 \times 10^{7} \times (\frac{1}{4} - \frac{1}{7^{2}})} = 0.39 \times 10^{-6} m = 0.39 \mu m \Rightarrow U.V$$

$$\lambda_{\infty\to2} = \frac{1}{1.097 \times 10^{7} \times (\frac{1}{4} - \frac{1}{\infty^{2}})} = 0.36 \times 10^{-6} m = 0.36 \mu m \Rightarrow U.V$$

Série de Paschen :

C'est la série qui étudie les transitions du niveaux $n \geq 4$ *au niveau* $n = 3$.

$$E_{Ph} = E_n - E_3 \Rightarrow \frac{hC}{\lambda} = -\frac{hCR}{n^2} - (-\frac{hCR}{3^2})$$

Simplifier par hC : $\frac{1}{\lambda} = \frac{R}{9} - \frac{R}{n^2}$ *, Donc:* $\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{9} - \frac{1}{n^2})$ *, Les* λ *sont* $> 0.8\mu m \Rightarrow I.F.$

Série de Brackett :

C'est la série qui étudie les transitions du niveaux $n \geq 5$ *au niveau* $n = 4$.

$$E_{Ph} = E_n - E_4 \Rightarrow \frac{hC}{\lambda} = -\frac{hCR}{n^2} - (-\frac{hCR}{4^2})$$

Simplifier par hC : $\frac{1}{\lambda} = \frac{R}{16} - \frac{R}{n^2}$ *, Donc:* $\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{16} - \frac{1}{n^2})$ *, Les* λ *sont* $> 0.8\mu m \Rightarrow I.F.$

➢ *Série de Pfund :*

C'est la série qui étudie les transitions du niveaux $n \geq 6$ *au niveau* $n = 5$.

$$E_{Ph} = E_n - E_5 \Rightarrow \frac{hC}{\lambda} = -\frac{hCR}{n^2} - (-\frac{hCR}{5^2})$$

Simplifier par hC : $\frac{1}{\lambda} = \frac{R}{25} - \frac{R}{n^2}$ *, Donc:* $\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{25} - \frac{1}{n^2})$ *, Les* λ *sont* $> 0.8\mu m \Rightarrow I.R.$

➢ *Spectre d'émission :*

Si la lampe a vapeur de sodium est utilisé , le spectre d'émission obtenu est formé de deux raies jaunes très rapprochés de longueur d'onde $\lambda_1 = 0.5890\mu m$ *et* $\lambda_2 = 0.5896\mu m$ *, sont appelées doublets D du sodium .*

- *<u>Exercice fondamentale :</u>*

<u>Partie :A</u> *(Emission)*

Les niveaux d'énérgies de l'atome d'hydrogène sont quantifiées et données par la relation $E_n = -\frac{13.6}{n^2}$.

1. *Quelle est la signification physique de la proposition : "L'énérgie d'un atome est quantifiée " ?*

- ✓ *<u>Sol:</u> C'est à dire valeur <u>spécifique</u> et <u>discrète</u> (Discontinue) .*

2. *Calculer l'énérgie de l'état fondamentale , les quatres premiers états éxcités et l'état d'ionisation .*

- ✓ *<u>Sol:</u> Etat fondamentale , alors* $n = 1 \Rightarrow E_1 = -\frac{13.6}{1^2} = -13.6(ev)$.

Première éxcité , Càd : $n = 2 \Rightarrow E_2 = -\frac{13.6}{2^2} = -3.4(ev)$.

Deuxième éxcité , càd : $n = 3 \Rightarrow E_3 = -\frac{13.6}{3^2} = -1.51(ev)$.

Troisième niveau excité , càd : $n = 4 \Rightarrow E_4 = -\frac{13.6}{4^2} = -0.85(ev)$.

Quatrième niveau excité , càd : $n = 5 \Rightarrow E_5 = -\frac{13.6}{5^2} = -0.544(ev)$.

Etat d'ionisation , càd : $n = +\infty \Rightarrow E_\infty = -\frac{13.6}{\infty} = 0$.

3. *a) Détérminer la longueur d'onde maximale , et la longueur d'onde minimale de la série de Balmer (On donne* $h = 6.62 \times 10^{-34}\ J.s$, $C = 3 \times 10^8\ m/s$, *et* $R = 1.097 \times 10^7\ m^{-1}$) .

✓ <u>Sol:</u> *Série de Balmer :* $n \geq 3 \rightarrow n = 2$,

$E_{Ph} = \frac{hC}{\lambda}$ *, donc* λ_{min} *correspond à* $E_{Ph\,max}$ *, et* λ_{max} *correspond à* $E_{Ph\,min}$.

$$E_{Ph\,max} = E_\infty - E_2 = 0 - (-3.4) = 3.4(ev)$$

Donc : $E_{Ph} = 3.4 \times 1.6 \times 10^{-19} = 5.44 \times 10^{-19}\ J$

$\lambda_{min} = \frac{hC}{E_{Ph\,max}} = \frac{6.62\times10^{-34}\times3\times10^8}{5.44\times10^{-19}} = 0.365 \times 10^{-6} m = 0.365 \mu m$. *U.V*

$$E_{Ph\,min} = E_3 - E_2 = -1.51 - (-3.4) = 1.89(ev)$$

Donc : $E_{Ph} = 1.89 \times 1.6 \times 10^{-19} = 3.024 \times 10^{-19}\,J$

$\lambda_{max} = \frac{hC}{E_{Ph\,min}} = \frac{6.62\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{3.024\times10^{-19}} = 0.656 \times 10^{-6}m = 0.656\mu m$ *. Visible*

b) Vérifier alors la valeur de la constante de Rydberg donnée par hypothèse .

✓ *<u>Sol:</u> Série de Balmer :* $n \geq 3 \rightarrow n = 2$ *, donc :*

$$E_{Ph} = E_n - E_2 \Rightarrow \frac{hC}{\lambda} = -\frac{hCR}{n^2} - \left(-\frac{hCR}{2^2}\right)$$

On simplifiant par hC : $\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2})$ *.*

Par exemple , on prend pour $n = 3$ *, on a* $\lambda = 0.65\mu m$ *dans la série de Balmer .*

Alors $R = \frac{1}{\lambda(\frac{1}{4}-\frac{1}{n^2})} = \frac{1}{0.65\times10^{-6}(\frac{1}{4}-\frac{1}{3^2})} = 1.097 \times 10^{7}m^{-1}$ *Vérifier .*

4. *Détérminer la fréquence maximal et la fréquence minimal dans la série de Lyman .*

✓ <u>*Sol:*</u> *Série de Lyman , alors :* $n \geq 2 \rightarrow n = 1$, $E_{Ph} = h\vartheta$

ϑ_{max} *correspond à* $E_{Ph\,max}$ *, et* ϑ_{min} *correspond à* $E_{Ph\,min}$ *, alors :*

❖ *Pour* $E_{Ph\,max} = E_{\infty} - E_1 = 0 - (-13.6) = 13.6(ev)$,

Alors : $E_{Ph\,max} = 13.6 \times 1.6 \times 10^{-19} = 21.76 \times 10^{-19}\ (J)$.

Alors : $\vartheta_{max} = \frac{E_{Ph\,max}}{h} = \frac{21.76\times10^{-19}}{6.62\times10^{-34}} = 3.287 \times 10^{15}\ (HZ)$.

❖ *Pour* $E_{Ph\,min} = E_2 - E_1 = -3.4 - (-13.6) = 10.2\ (ev)$.

Alors : $E_{Ph\,min} = 10.2 \times 1.6 \times 10^{-19} = 16.32 \times 10^{-19}\ (J)$.

Alors : $\vartheta_{min} = \frac{E_{Ph\,min}}{h} = \frac{16.32\times10^{-19}}{6.62\times10^{-34}} = 2.465 \times 10^{15}\ (HZ)$.

Partie: B *(Absorption)*

5. *L'atome d'hydrogène est dans l'état fondamentale .*

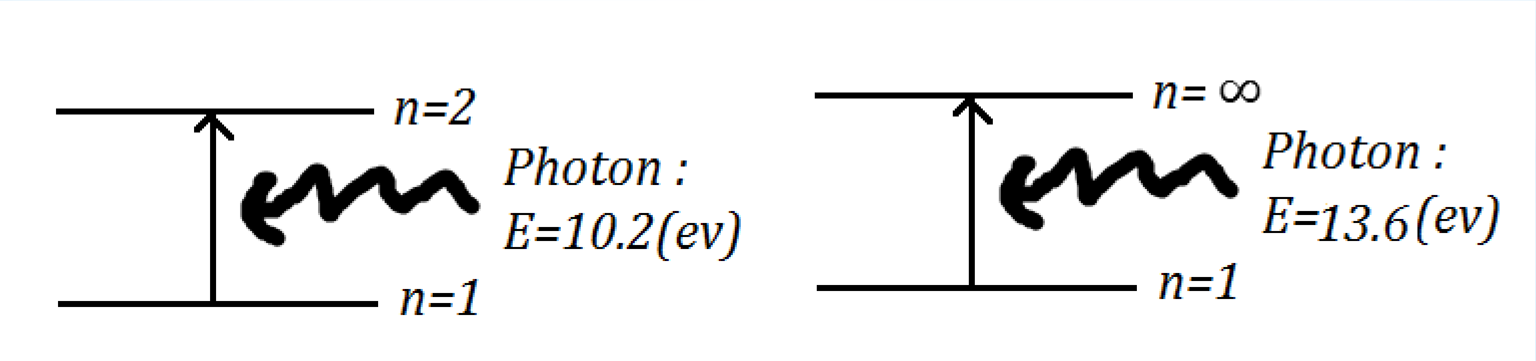
a) *Détérminer l'énérgie minimale pour l'exciter . (réellement l'e^- qui va être éxcité)*

✓ Sol: *Dans l'état fondamentale , càd que $n = 1$, l'éxcitation minimale va transmettre l'éléctron au niveau $n = 2$, alors*

$$E_{Ph\,min} = E_2 - E_1 = -3.4 - (-13.6) = 10.2\ (ev)$$

b) *Détérminer l'énérgie minimale pour ioniser l'atome .*

✓ Sol: $E_{Ph} = E_\infty - E_1 = 0 - (-13.6) = 13.6(ev)$.



6. *L'atome d'hydrogène est dans l''état fondamentale . Il peut rencontre trois photons :* $E_{Ph1} = 6(ev), E_{Ph2} = 10.2(ev) et\ E_{Ph3} = 13.8(ev)$.

- *Détérminer pour chaque photon , l'état de l'atome d'hydrogène .*

✓ *<u>Sol:</u> Supposons que l'atome d'hydrogène , s'il absorbe le photon , va être dans le niveau n , alors* $E_{Ph} = E_n - E_1$ *, car l'atome d'hydrogène est dans l'état fondamentale (n=1) , donc :* $E_n = E_{Ph} + E_1$ *,*

Pour le premièr photon : $E_n = 6 + (-13.6) = -7.6$ *n'éxiste pas , alors le photon n'est pas absorbé , et l'atome d'hydrogène reste dans l'état fondamentale .*

Pour le deuxième photon : $E_n = 10.2 + (-13.6) = -3.4$ *existe , alors le photon est absorbé , et l'atome d'hydrogène devient au niveau* $n = 2$ *, c'est le premier éxcité .*

Pour le troisième photon : $E_n = 13.8 + (-13.6) = 0.2 > 0$ *, alors le photon est absorbé , et l'éléctron quitte l'atome d'hydrogène avec une vitesse maximal tel que* $E_C = 0.2(ev)$ *, et l'atome devient un ion* H^+ *.*

7. *L'atome d'hydrogène est dans l'état fondamentale . Il entre en choc avec un éléctron d'énérgie cinétique :* $E_C = 12.4(ev)$.

- *Détérminer les états possibles de l'atome d'hydrogène .*

- *<u>Sol:</u> Du niveau 1 au niveau 2 :*

$$E = E_2 - E_1 = -3.4 - (-13.6) = 10.2(ev)$$

On a : $E'_C = E_C - E = 12.4 - 10.2 = 2.2(ev) > 0$ *, alors C'est possible .*

Du niveau 1 au niveau 3 :

$$E = E_3 - E_1 = -1.51 - (-13.6) = 12.09(ev)$$

On a : $E'_C = E_C - E = 12.4 - 12.09 = 0.31(ev) > 0$ *, alors C'est possible .*

Du niveau 1 au niveau 4 :

$$E = E_4 - E_1 = -0.85 - (-13.6) = 12.75(ev)$$

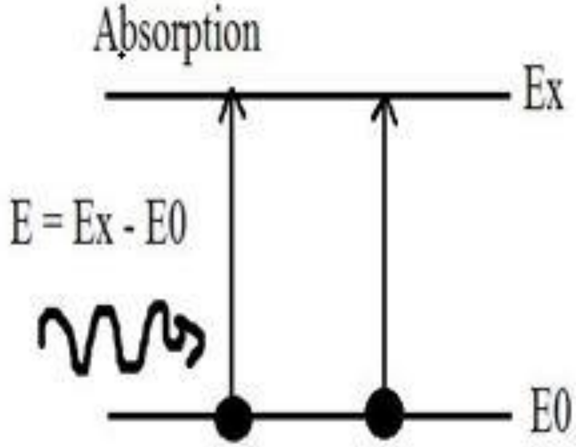
On a : $E'_C = E_C - E = 12.4 - 12.75 = -0.35 < 0$ *, alors C'est impossible .*

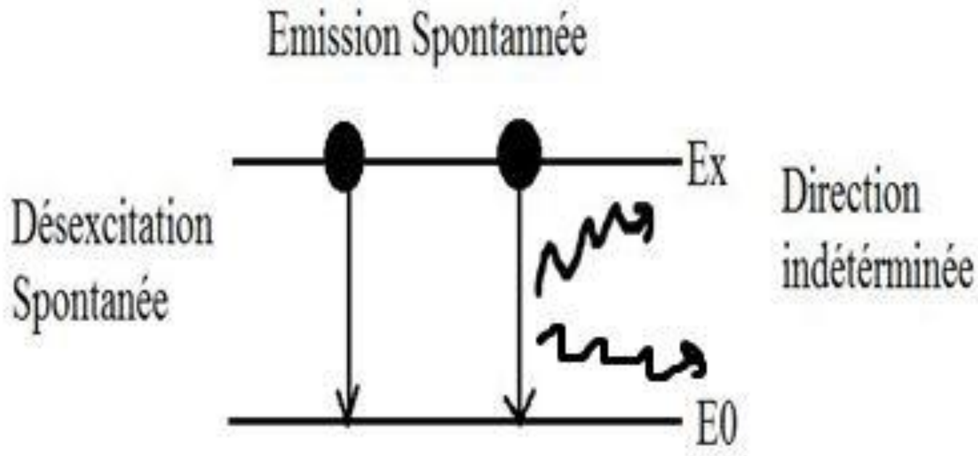
➢ *<u>Lasers :</u>*

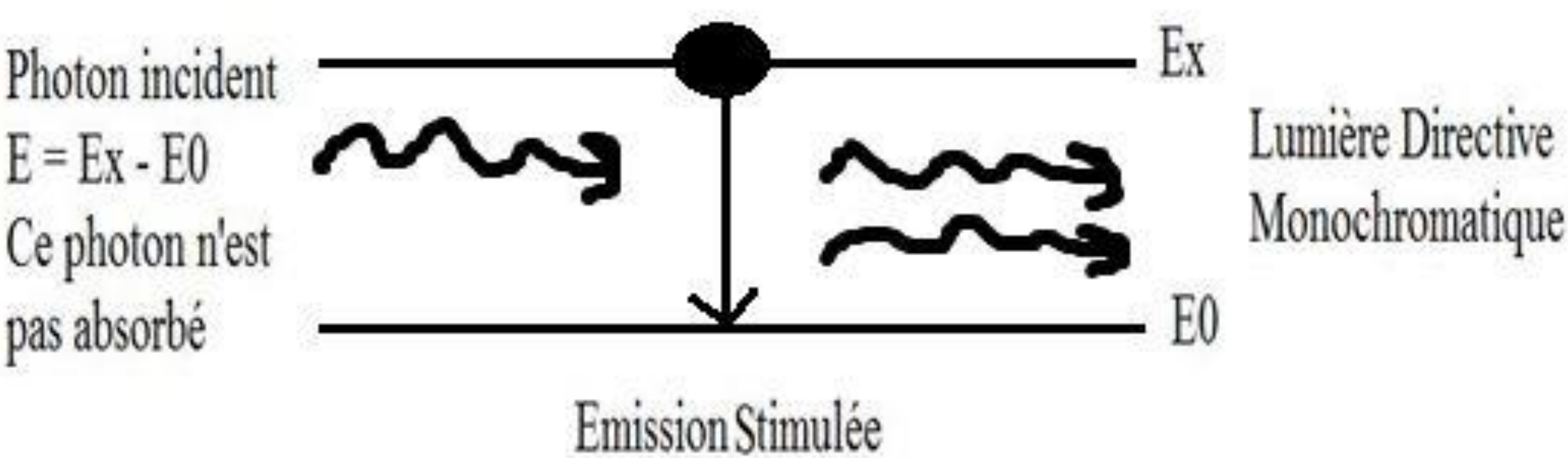
Amplification de la lumière par émission stimulée de radiation .

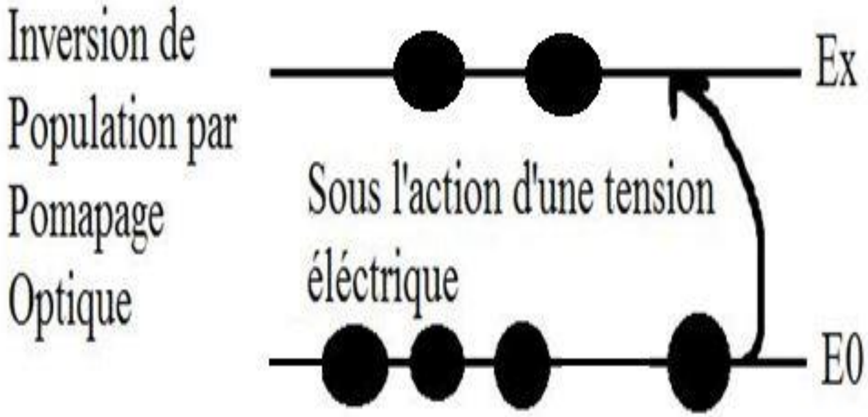
➢ *<u>Caractéristiques du lasers :</u>*

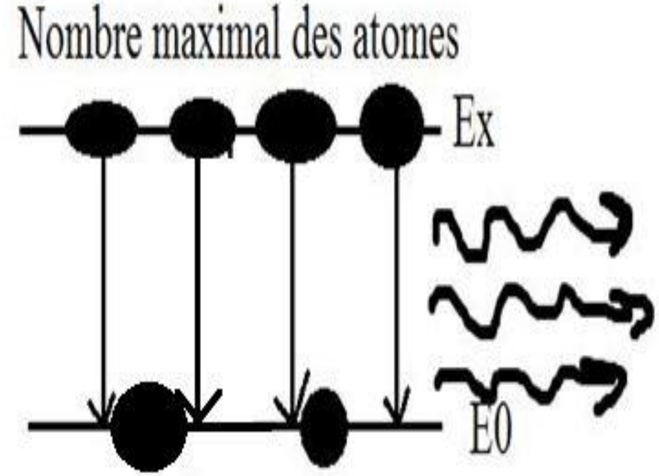
- ✓ *Lumière cohérante (En phase)*
- ✓ *Direction bien détérminée (Faisseau cylindrique des rayons parallèles non divergente et non convergente) .*
- ✓ *Un faisceau de Laser reste intense après avoir parcourure une grande distance .*
- ✓ *Lumière monochromatique (Seul fréquence et seul couleur) .*
- ✓ *Puissance variante :* $1mW \rightarrow 10^{14}W$.

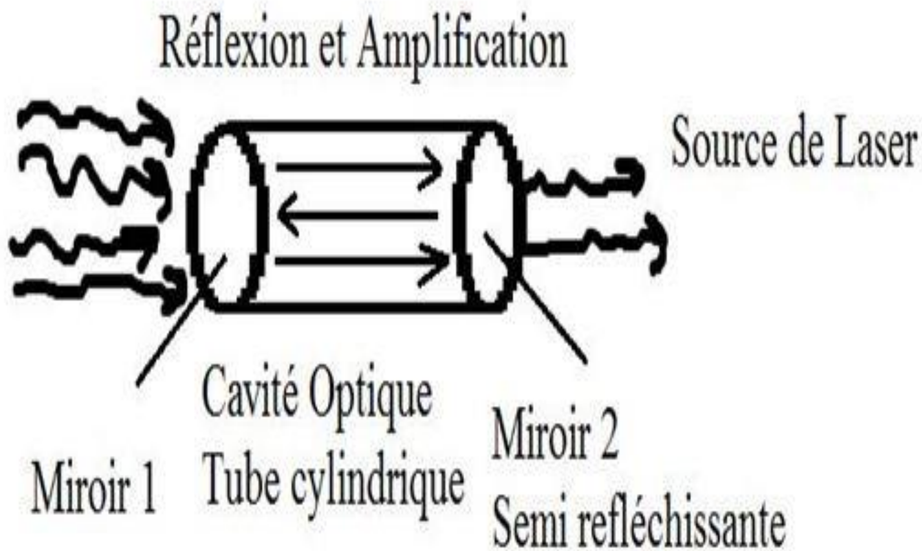

Absorption
Ex
E = Ex - E0
E0


Emission Spontannée
Ex
Désexcitation
Spontanée
Direction
indétérminée
E0


Photon incident
E = Ex - E0
Ce photon n'est
pas absorbé
Ex
Lumière Directive
Monochromatique
E0
Emission Stimulée


Inversion de
Population par
Pomapage
Optique
Sous l'action d'une tension
éléctrique
Ex
E0


Nombre maximal des atomes
Ex
E0


Réflexion et Amplification
Source de Laser
Cavité Optique
Tube cylindrique
Miroir 1
Miroir 2
Semi refléchissante

- <u>*Remarque:*</u>

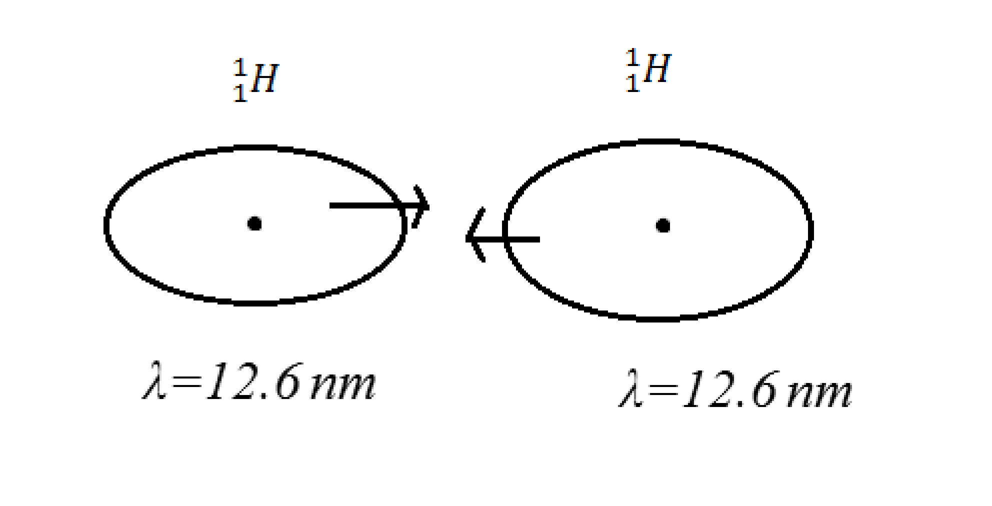
- *Quand les atomes se déséxcitent , les ondes émis au hasard ont la même fréquence mais n'ont aucun rapport de phase entre elles , alors la lumière est émise dans toutes les directions , et alors incohérante et parsuite ils ne représentent pas une source de Laser , c'est une émission spontannées , il faut qu'elle être stimulée .*

➢ <u>*Exercice important*</u>*:*

Deux atomes d'hydrogène , se déplacent en sens contraire , entrent en choc . L'énérgie cinétique totale après le choc est nulle . Chaque atome émét un photon de longueur d'onde λ=12.6 nm en passant du niveau d'énérgie 2 au niveau d'énérgie 1 . Détérminer la vitesse de chaque atome avant le choc . (Masse de l'atome d'hydrogène est $1.7 \times 10^{-27}\ kg$*) .*

❑ *On rappelle que :*

$$1\mu m = 10^{-6}m \ , \quad 1nm = 10^{-9}m \ , \quad 1\ \text{Å} = 10^{-10}m \ ,$$
$$1Pm = 10^{-12}m \ , \quad fm = 10^{-15}\ m$$



Khaled Soubra - Terminal

✓ <u>Sol:</u> *Conservation de l'énérgie totale du système : { 2 Atomes }*

Alors : $(E_C + E_{Ph})_{avant} = (E_C + E_{Ph})_{après}$,

Initialement , l'énérgie du photon est nul (pas de photon) , et après choc , l'énérgie cinétique est nul (par hypothèse) :

Alors : $\frac{1}{2}mV^2 + \frac{1}{2}mV^2 = \frac{hC}{\lambda} + \frac{hC}{\lambda}$ *, donc :* $mV^2 = \frac{hC}{\lambda} + \frac{hC}{\lambda}$,

Donc : $V^2 = \frac{2hC}{\lambda\, m} = \frac{2\times6.6\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{12.6\times10^{-9}\times1.7\times10^{-27}}$ *, alors* $V = 1.35968 \times 10^5\ m/s$.

- ***Exercice:***

- *Un laser émét une puissance moyenne de* $1MW$ *durant une impulsion de 10(ns) . Si les photons émis ont une longueur d'onde de 694.3 nm , quel est le nombre des photons émis durant l'impulsion ? Justifier .*

- *Sol:* $P = \frac{N_{Ph} \times E_{Ph}}{t} \Rightarrow N = \frac{P \times t}{E_{Ph}} = \frac{P \times t \times \lambda}{hC} = \frac{10^6 \times 10 \times 10^{-9} \times 694.3 \times 10^{-9}}{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}$,

Alors : $N = 3.5 \times 10^{16}\ Photons$.