École Supérieure en Sciences Appliquées - Tlemcen **2021/2022**

Chimie 1 : Structure de la matière

Série de TD 2

Données pour toute la série de TD :

Constante de Planck : $h = 6{,}62\times10^{-34}$ J. s Charge de l'électron : $e = 1{,}6\times10^{-19}$ C

Vitesse de la lumière : $c = 3\times10^{8}$ m.s^{-1} 1 eV = $1{,}6\times10^{-19}$ J

Masse de l'électron : $m_e = 9{,}11\times10^{-31}$ kg 1nm = 10^{-9} m

Exercice 01

Le spectre d'émission de l'atome d'hydrogène peut se décomposer en plusieurs séries.

1. **Citer les cinq premières séries de ce spectre.**
   1- Lyman (UV)
   2- Balmer (Visible)
   3- Paschen (IR)
   4- Bracket (IR)
   5- Pfund (IR)
2. **A quels phénomènes physiques correspondent ces raies ?**
   Les raies correspondent aux transitions électroniques
3. **Donner l'expression générale exprimant la longueur d'onde d'une raie.**

$$\boxed{\frac{1}{\lambda} = \bar{\upsilon} = R_H Z^2 \left|\left(\frac{1}{n_1^2}\right) - \left(\frac{1}{n_2^2}\right)\right|}$$

Avec $n_2 > n_1$ et Z =1 (atome d'hydrogène)

4. **Compléter les phrases suivantes :**
   a. Les raies de chaque série sont encadrées par la **première** raie et par la raie **limite** qui correspondent au passage de **(n+1 au n)** et de **(l'infini au n).**
   b. Dans le cas de la série qui apparait dans le domaine de l'ultra-violet, les valeurs des longueurs d'onde de ces raies sont **91 nm** et **121 nm** respectivement.
   c. Le modèle atomique de Bohr suit celui de **Rutherford** Il s'applique à l'atome **D'hydrogène** et à certains ions appelés **Hydrogénoïdes.**

Exercice 02

1. Donner la définition de :

a. Effet photoélectrique : c'est l'émission d'électron d'un métal lorsqu'il est éclairé par une lumière convenable.

b. Longueur d'onde seuil d'un métal : c'est la longueur d'onde maximale que doit posséder un photon incident pour extraire un électron d'un métal.

c. Énergie d'extraction d'un électron d'un métal. C'est l'énergie minimale juste suffisante que doit posséder un photon incident pour arracher un électron à un arome superficiel du métal de la plaque irradiée (pour qu'il y ait effet photoélectrique).

d. Potentiel d'arrêt : c'est la tension qu'il faut appliquer aux bornes de l'anode et la cathode pour arrêter le courant photoélectrique, c'est une tension négative.

2. On éclaire successivement chaque cellule par une radiation monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 0{,}60\ \mu m$.

a. Calculer en eV, l'énergie transportée par le photon incident.

$E_{photon} = E_{radiation} = h.\nu = hc/\lambda_0$; $E_{radiation} = (6.62.10^{-34}.3.10^{8})/\ 0.6.10^{-6} = 3.31.10^{-19}$ J

$E_{radiation} = 3.31.10^{-19}$ J = 2.068 eV ………………… (1 eV= $1.6\ .\ 10^{-19}$ J)

b. Avec quelle cellule obtient-on l'effet photoélectrique ?

Pour qu'il y ait effet photoélectrique, il faut que l'énergie de la photo radiation soit supérieure au travail d'extraction **$E_{radiation} > W_0$**

Il n'y a que la cellule de césium qui vérifié la condition ($E_{radiation} > W_{0\ Cs}$)

c. Calculer en Joule l'énergie cinétique maximale de l'électron à la sortie de la cathode.

$E_{radiation} = Ec + W_0$ donc $Ec = E_{radiation} - W_0 = 2.068 - 1.19 = 0.878$ eV = $1.4\ .10^{-19}$ J

d. Déterminer le potentiel d'arrêt qu'il faut appliquer pour annuler le courant photoélectrique.

Pour annuler le courant photoélectrique il faut appliquer une énergie électrique (E électrique = eU)qui doit être supérieure à l'énergie cinétique de l'électron éjecté .

E électrique > E cinétique implique eU > Ec donc U > Ec /e …….. U > $1.4\ 10^{-19}\ /1.6\ 10^{-19}$

U > 0.875 Volt

Exercice 03

1. Citer deux séries de raies appartenant respectivement au domaine de l'ultra-violet et du visible.

- Série de Lyman dans l'ultraviolet
- Série de Balmer dans le visible

2. À quel niveau se trouve l'électron après émission de raies dans le domaine du visible ?

Après émission de raies dans le domaine du visible L'électron se trouve dans l'état final $\boldsymbol{n_f = 2}$

3. Les longueurs d'ondes calculées selon la relation de Rydberg-Balmer :

$\mathbf{1/\lambda = R_H \cdot Z^2}\ [1/\boldsymbol{n_1}^2 - 1/\boldsymbol{n_2}^2]\ avec\ \boldsymbol{n_2 > n_1}$

Série de Lyman ($n_1 = 1$)

La première raie : Transition $n_2 = 2 \longrightarrow n_1 = 1 \quad \Longrightarrow \boldsymbol{\lambda_1 = 121,543\ nm}$

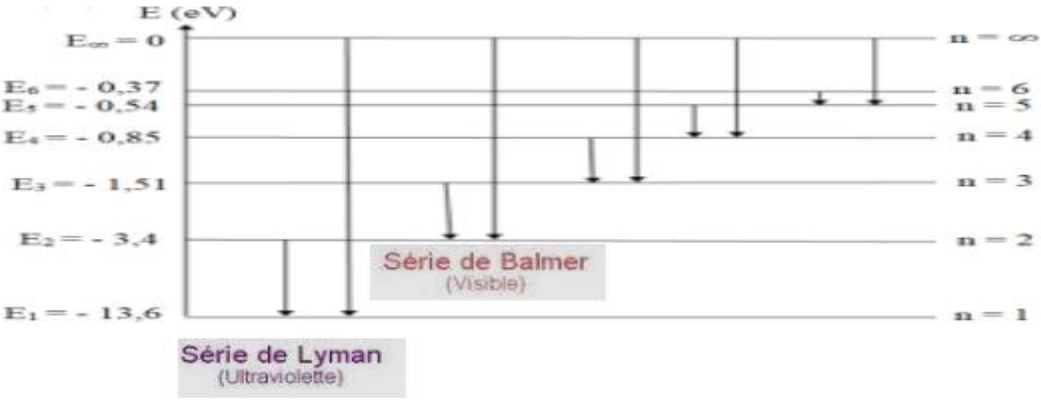
La raie limite : Transition $n_2 = \infty \longrightarrow n_1 = 1 \quad \Longrightarrow \boldsymbol{\lambda_{\ell im} = 91,157\ nm}$

Série de Balmer ($n_1 = 2$)

La première raie : Transition $n_2 = 3 \longrightarrow n_1 = 2 \Longrightarrow \boldsymbol{\lambda_1 = 656,335\ nm}$

La raie limite : Transition $n_2 = \infty \longrightarrow n_1 = 2 \Longrightarrow \boldsymbol{\lambda_{\ell im} = 364,631\ nm}$

4. Représentation des raies dans le diagramme énergétique : spectre d'émission



5. L'énergie d'ionisation : $E_{ion} > 0$

$E_n = -13{,}6\ Z^2/n^2\ (eV)$

$\boldsymbol{E_{ion}} = \Delta E = E_{finale} - E_{initiale} = E_\infty - E_1 = -\boldsymbol{E_1}$

Energie d'ionisation en eV :

$\boldsymbol{E_{ion}} = -E_1 = -13{,}6 \times 1^2/1^2 \Longrightarrow \boldsymbol{E_{ion} = 13,6\ eV}$

Energie d'ionisation en Joule :

$1eV = 1{,}6 \cdot 10^{-19} J \qquad \boldsymbol{E_{ion}} = 13{,}6 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} = \boldsymbol{21,76 \cdot 10^{-19} J}$

Exercice 04

Un hydrogénoïde $_{Z}\mathbf{X}^{y+}$ absorbe dans son état stable un rayonnement. Sachant que son énergie d'ionisation $E_{ion} = 54{,}4\ eV$

1. Pour identifier l'Hydrogénoïde → calcul le numéro atomique Z

$E_n = -13{,}6\ Z^2/n^2$

$\boldsymbol{E_{ion}} = \Delta E = E_{finale} - E_{initiale} = E_\infty - E_1 = -\boldsymbol{E_1}$

$\boldsymbol{E_{ion}} = -E_1 = 13{,}6\ Z^2/n^2 = 54{,}4 \Longrightarrow 13{,}6\ Z^2 = 54{,}4 \Longrightarrow Z = \sqrt{54{,}4/13{,}6} \longrightarrow \boldsymbol{Z = 2}$

L'hydrogénoïde est : $_{2}\mathbf{He}^{+}$

2. Calcul de la longueur d'onde (en nm) de la radiation qui permettrait d'arracher cet électron.

$$\boldsymbol{E_{ion}} = \Delta E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \longrightarrow \boldsymbol{\lambda} = \frac{\boldsymbol{hc}}{\boldsymbol{E_{ion}}}$$

$$\boldsymbol{\lambda} = \frac{6{,}62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{54{,}4 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}} = 2{,}282 \cdot 10^{-8}\ m = \boldsymbol{22,821\ nm}$$

Ou bien : arracher l'électron (ionisation) de $\mathbf{n_1 = 1} \longrightarrow \mathbf{n_2} = \infty$

On utilise la relation de Balmer-Rydberg :

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \cdot Z^2 \left[\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right] \longrightarrow \frac{1}{\lambda} = R_H \cdot Z^2 \left[\frac{1}{1^2} - \frac{1}{\infty}\right] = R_H \cdot Z^2 \Longrightarrow \boldsymbol{\lambda} = \frac{\boldsymbol{1}}{\boldsymbol{R_H \cdot Z^2}}$$

$$\boldsymbol{\lambda} = \frac{1}{1{,}097 \cdot 10^{7} \cdot 2^2} = 2{,}2789 \cdot 10^{-8} m = 22{,}789 \cdot 10^{-9}\ m = \boldsymbol{22,789\ nm}$$

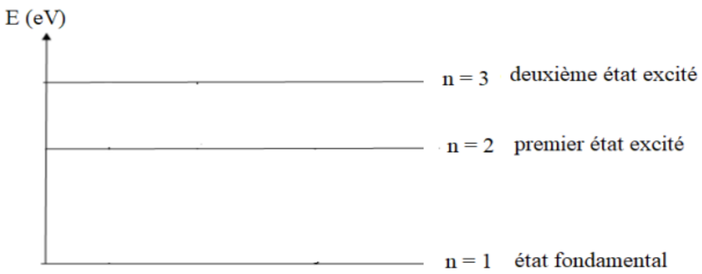
3. Calcul de l'énergie totale de cet électron s'il est dans son second état d'excitation :

Second état d'excitation $\longrightarrow$ **n = 3**

$$E_n = -13{,}6 \cdot \frac{Z^2}{n^2}$$

$$\boldsymbol{E_3} = -13{,}6 \cdot \frac{2^2}{3^2} = \boldsymbol{6{,}04\ eV}$$

$$\boldsymbol{E_3} = 6{,}04 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} = \boldsymbol{9{,}67 \cdot 10^{-19}\ J}$$



4. Calcul le rayon de l'orbite et la vitesse de l'électron quand il se trouve au niveau n =3

$$r_n = a_0 \cdot \frac{n^2}{Z} \quad avec \quad a_0 = 0{,}53\ \text{Å} = 0{,}53 \cdot 10^{-10}\ m$$

$$\boldsymbol{r_3} = 0{,}53 \cdot 10^{-10} \cdot \frac{3^2}{2} = \boldsymbol{2{,}385 \cdot 10^{-10}\ m = 2{,}385\ \text{Å}}$$

$$V_n = V_0 \cdot \frac{Z}{n} \quad avec \quad v_0 = 2{,}18 \cdot 10^6\ m/s$$

$$\boldsymbol{V_3} = 2{,}18 \cdot 10^6 \cdot \frac{2}{3} = \boldsymbol{1{,}453 \cdot 10^6\ m/s}$$

5. Que deviennent ces grandeurs dans le cas de l'atome d'hydrogène ?

En= -13.6/n^2= E$_3$ = -1.51 ev

rn = a0. n^2 ……………………… r$_3$ =0.53 x 32 = 4.77 A

Vn = V0/n…………………………..V$_3$ = 2.18.106/3 = 0.73 m/s

6.Le retour de l'électron à l'état fondamental à partir du 3ème niveau s'accompagne de l'émission de certaines raies. Quelles sont ces raies ?

Les raies sont 3 :

$3 \longrightarrow 1$ $\qquad$ $2 \longrightarrow 1$ $\qquad$ $3 \longrightarrow 2$

7.On montre que l'absorption d'un photon de nombre d'onde Ṽ = 1.56.10^8 m^{-1}par l'hydrogénoïde Be^{3+}(Z=4) à l'état fondamental (n$_1$=1) est possible. Pour cela l'électron doit atteindre un niveau énergétique bien déterminé donc la valeur de n doit être une valeur entière ou presque

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R_H \cdot Z^2 \left[\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right] \longrightarrow \bar{\nu} = R_H \cdot Z^2 \left[\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right] \longrightarrow \frac{1}{n_2^2} = 1 - \frac{\bar{\nu}}{R_H Z^2} \longrightarrow \boldsymbol{n_2} = \sqrt{\frac{\boldsymbol{1}}{\boldsymbol{1} - \frac{\bar{\boldsymbol{\nu}}}{\boldsymbol{R_H Z^2}}}}$$

$$n_2 = \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{1{,}56 \cdot 10^8}{1{,}097 \cdot 10^7 4^2}}} \Rightarrow \boldsymbol{n_2 = 3}$$

Donc le photon peut être absorbé et l'électron atteint le niveau énergétique supérieur $\boldsymbol{n = 3}$.