

## Modèle de Bohr

L'hydrogène excité par des décharges électriques émet des raies conformément à la formule de Ritz (1885).

$$(1) \quad \frac{1}{\lambda} = R \left[ \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right]$$

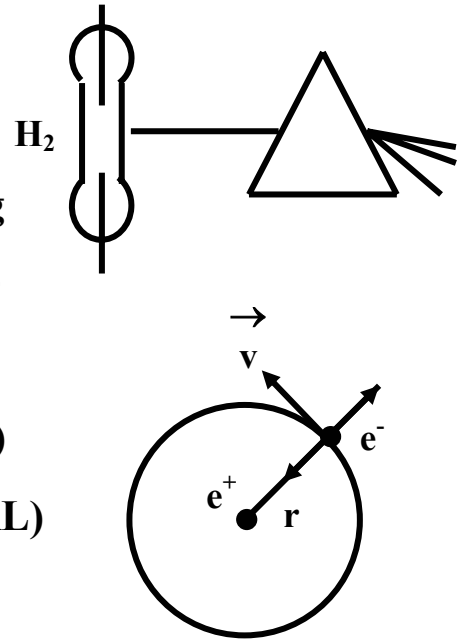
$R^{\text{exp}} = 1.0967758 \cdot 10^{-3} \text{ \AA}^{-1}$  :cte de Rydberg

$n_f = 1 ; n_i \geq 2$  série de Lyman (UV)

$n_f = 2 ; n_i \geq 3$  série de Balmer (Vi)

$n_f = 3 ; n_i \geq 4$  série de Paschen (IR)

$n_f = 4 ; n_i \geq 5$  série de Brackett (IRL)



### Interprétation classique :

L'électron gravite sur une orbite circulaire autour du noyau)

La force centripète  $m \vec{\gamma}_n$  compense la force électrostatique attractive et l'électron décrit une orbite circulaire à vitesse constante (revoir le cours de mécanique du point SMI 1).

$$(2) \quad m \gamma_n = m \frac{v^2}{r} = \frac{e^2}{4\pi \epsilon_0 r^2}$$

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{e^2}{8\pi \epsilon_0 r} \quad ; \quad E_p = \frac{-e^2}{4\pi \epsilon_0 r}$$

$$(3) \quad \Rightarrow \quad \boxed{E = E_c + E_p = -\frac{e^2}{8\pi \epsilon_0 r}}$$

**Remarques :**

**i)  $E < 0$**  est la condition pour la formation d'un système ( $e^-$ -noyau) lié. C'est aussi la condition pour obtenir une trajectoire fermée (revoir le cours sur les coniques,  $e=0$  : orbite circulaire et  $0 < e < 1$  : orbite elliptique où  $e$  est l'excentricité de la conique)

**ii)  $E$  est une fonction continue de  $r$ .**

**Conséquence :** Comme l'électron est chargé et accéléré, l'électron doit rayonner de façon continue des ondes électromagnétiques (o.e.m.) dont la fréquence  $\nu$  est égale à sa fréquence de révolution autour du noyau. Dans ce cas, il va perdre de l'énergie et finira par tomber sur le noyau impliquant donc une instabilité de la matière. Ce qui est en contradiction avec la réalité.

On en déduit l'insuffisance du modèle classique pour expliquer l'émission de l'hydrogène.

**Hypothèses de Bohr:**

**1<sup>er</sup> postulat de Bohr** : L'électron en mouvement autour du proton dans l'atome d'hydrogène ne peut avoir comme trajectoires que certaines orbites répondant à une relation de quantification du moment cinétique.

**2<sup>ème</sup> postulat de Bohr** : Dans ces orbites, l'électron ne perd pas d'énergie. Ces orbites sont stables.

Une radiation est émise seulement si un électron transite d'un état d'énergie noté  $n_i$  vers un état d'énergie  $n_f$  avec  $n_i$  supérieure à  $n_f$ . L'énergie de la radiation émise est  $\Delta E = h\nu$ , égale à la différence d'énergie entre les deux états.

**Le moment cinétique**  $\vec{L} = \vec{OM} \wedge m \vec{v}$  **est quantifié.**

$L = m v r = n \hbar :$

$$r_n = \frac{4 \pi \epsilon_0 \hbar^2}{m e^2} n^2 = 0,53 n^2 \text{ (Å)}$$

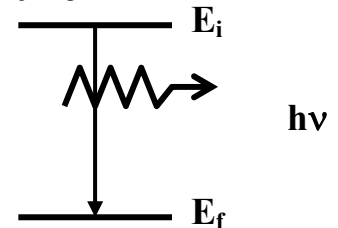
$a_0 = 0.53 \text{ \AA} : 1^{\text{er}} \text{ rayon de Bohr}$

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1.05 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$$

$$E_n = \frac{-m e^4}{8 h^2 \epsilon_0^2} \frac{1}{n^2} = -13,6 \frac{1}{n^2} \text{ (eV)}$$

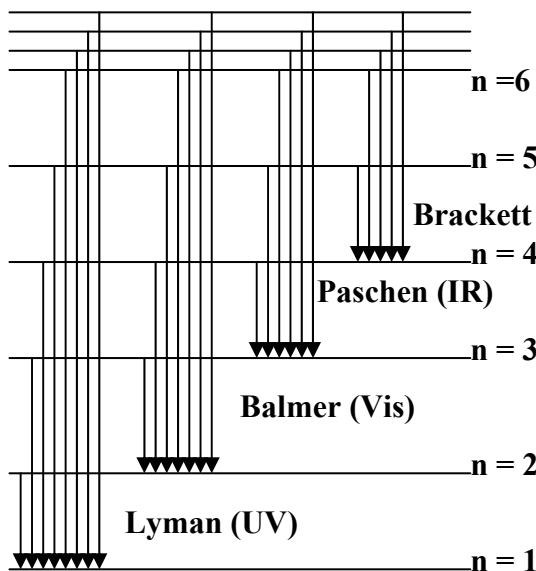
L'électron émet un rayonnement lorsqu'il passe d'une orbite permise stable d'énergie  $E_i$ , à une orbite permise aussi d'énergie  $E_f$  plus faible.

L'énergie du photon émis est telle que :



$$h\nu = E_i - E_f \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left[ \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right]$$



$$R^{\text{th}} = \frac{m e^4}{8 h^3 c \epsilon_0^2} \approx R^{\text{exp}}$$

On a un bon accord entre la théorie et l'expérience.

$$E_3 = -\frac{13.6}{3^2} = -1.5 \text{ eV}$$

$$E_2 = -\frac{13.6}{2^2} = -3.40 \text{ eV}$$

$$E_1 = -\frac{13.6}{1^2} = -13.6 \text{ eV}$$

### Remarque :

Pour un électron en orbite autour d'un noyau de charge  $+Ze$  :

$$r_n = \frac{0,53}{Z} n^2 \text{ \AA}$$

et

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