Le spectre de l'hydrogène

Objectif

Exploiter des spectres d'émission obtenus à l'aide d'un système dispersif et d'un analyseur de spectre.

Consigne

Rédiger un compte-rendu par personne.

---

1. Le spectre de l'hydrogène

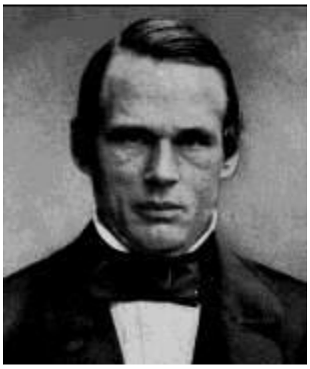

Figure 1: Anders Jonas Ångström

Le physicien suédois Anders Jonas Angström (1814-1874) est l'un des premiers physiciens à affecter des longueurs d'onde aux raies optiques et à les déterminer au moyen de réseaux optiques.[1] En 1862, il détermine les longueurs d'onde exactes présentes dans le spectre de l'hydrogène dans le domaine du visible : 656,3 nm, 486,1 nm, 434,0 nm et 410,2 nm.

<u>Donnée : 10 Angstrom = 1,0 nm.</u>

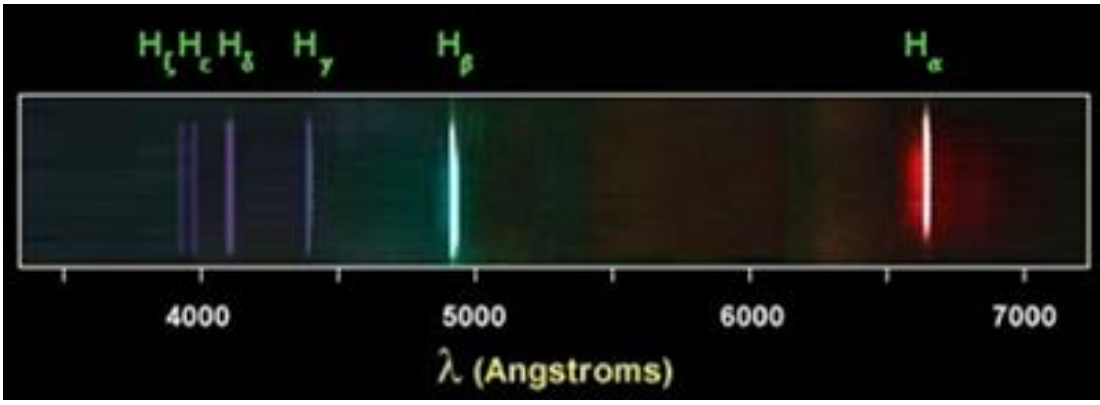

Figure 2: Spectre de l'hydrogène

a. Quelles sont les raies identifiées par Anders Jonas Angström ?
b. Comment expliquer qu'il n'ait pas vu deux raies ?

[1] Ses mesures sont entachées d'une petite erreur car le mètre étalon d'Uppsala mesure 999,94 mm alors qu'Angrström a pris pour valeur 999,81 mm.

2. La formule de Balmer

2.1. Vérification de la formule de Balmer

Figure 3: Johann Balmer

La régularité apparente de la série dite de l'hydrogène a été formulée mathématiquement pour la première fois par le mathématicien suisse Johann Jakob Balmer (1825-1898). En 1885, il a constaté que les longueurs d'onde des raies pouvaient être représentées avec précision par la formule :

$$\frac{1}{\lambda} = R \times \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

- λ longueur d'onde en mètre (m)
- n un nombre entier ;
- R, constante de Rydberg, R = 1,097 x 10^7 m^{-1}.

Il établit cette formule sur la base de seulement 4 raies alors identifiées à cette époque et correspondant à n = 3 ; 4 ; 5 et 6.

a. Reexprimer la formule de Balmer sous la forme λ =…
b. Calculer la longueur d'onde λ pour n = 3 ; 4 ; 5 et 6
c. Comparer votre calcul avec les mesures faites par Anders Angström en calculant un écart relatif :

$$ER(\%) = \frac{|\lambda_{théorique} - \lambda_{expérimental}|}{\lambda_{théorique}}$$

d. La formule de Balmer est-elle valide ?

2.2. Extension de la formule de Balmer

Balmer calcule la longueur d'onde qui correspond à n = 7 et qui doit se situer à la limite du visible.

a. Calculer la valeur de λ pour n = 7 et pour n = 8.
b. A quelles raies du spectre de la figure 2 correspondent-elles ?

Ces raies sont effectivement trouvées très rapidement par un ami expérimentateur de Balmer, ce qui constitue une excellente confirmation de la formule proposée

C'est en 1913, qu'un physicien danois, Niels Bohr va comprendre qu'on peut relier ce spectre et la formule de Balmer à la structure de l'atome… Mais c'est une autre histoire.

3. Autres séries dans le spectre de l'hydrogène

Lorsque le nombre 2 dans la formule de Balmer est remplacé par un autre nombre entier *m* = 1, 3, 4, 5, et *n* est autorisé à prendre certaines valeurs :

m	1	3	4	5
Valeurs possibles de n	2, 3,…	4, 5, …	5, 6, …	6,7,…,

On obtient d'autres séries de longueurs d'ondes. Les raies spectrales de l'hydrogène correspondant à ces séries ont été réellement observées par Theodore Lyman (m=1) dans l'ultraviolet (1906), Friedrich Paschen (m=3) dans l'infrarouge (1909), Brackett (m=4) et Pfund (m=5) dans l'infrarouge lointain et confirment une formule plus générale que celle de Balmer, celle laquelle le terme $\frac{1}{2^2}$ est remplacé par un terme égal à $\frac{1}{m^2}$ où m est un nombre entier :

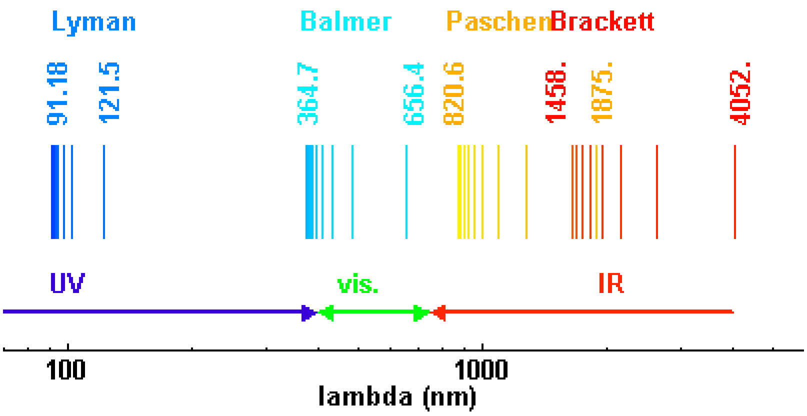

Figure 4: Série de l'atome d'hydrogène (Observatoire de Paris)

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

Pour une même série, m est constant et n > m. Cependant, plus n augmente, plus on atteint une limite où $\frac{1}{\lambda}$ tend vers $\frac{R}{n^2}$. En d'autres termes, la distance entre deux raies d'une même série tend à diminuer de sorte qu'un nombre infini de lignes se trouvent à la limite de la série.

a. Donner une expression littérale sous la forme *n* =….
b. Pour la série de Lyman, identifier la valeur de *n* pour $\lambda = 91{,}18\ nm$.
c. Pour la série de Paschen, identifier la valeur de *n* pour $\lambda = 1875\ nm$.
d. Pour la série de Brackett, identifier la valeur de *n* pour $\lambda = 1458\ nm$.
e. Calcuer la longueur d'onde pour une raie de la série de Pfund avec n = 7.

C'est en 1913, qu'un physicien danois, Niels Bohr va comprendre qu'on peut relier ce spectre et ces séries à la structure de l'atome… Mais c'est une autre histoire.