

Chapitre I

Les principaux constituants de la matière

L'atome est l'élément fondamental de la matière. Toutefois, les atomes ne sont pas tous identiques, ils diffèrent par leurs structures et leurs masses. L'atome est constitué de différentes particules élémentaires, dont trois principales :

- Les protons chargés positivement
- Les neutrons de charge neutre
- Les électrons chargés négativement

I. Mise en évidence des constituants de l'atome

I.1. mise en évidence de l'électron

a) Expérience de Crookes

Lorsqu'on applique une différence de potentiel de 50 KV entre deux électrodes métalliques placées aux extrémités d'un tube en verre (tube de Crookes) contenant un gaz sous très faible pression, la paroi interne du verre devient fluorescente. Crookes assimila le rayonnement à des particules négatives en mouvement provenant de la cathode : on les appela rayons cathodiques (fig. I.1).

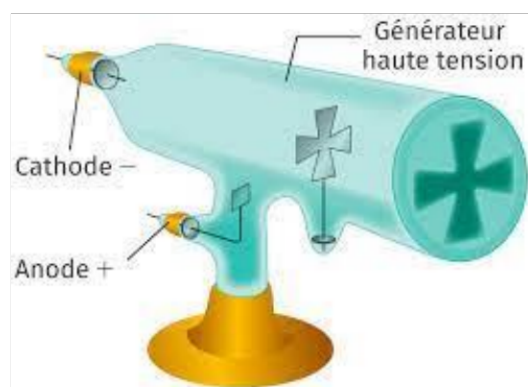


Figure I.1 : Tube de Crookes

b) Calcul de la charge massique e/m : Expérience de J.J.Thomson

Jean Joseph Thomson soumet un faisceau de rayons cathodiques à l'action d'un champ électrique entre les plaques d'un condensateur, selon l'expérience suivante (fig. I.2)

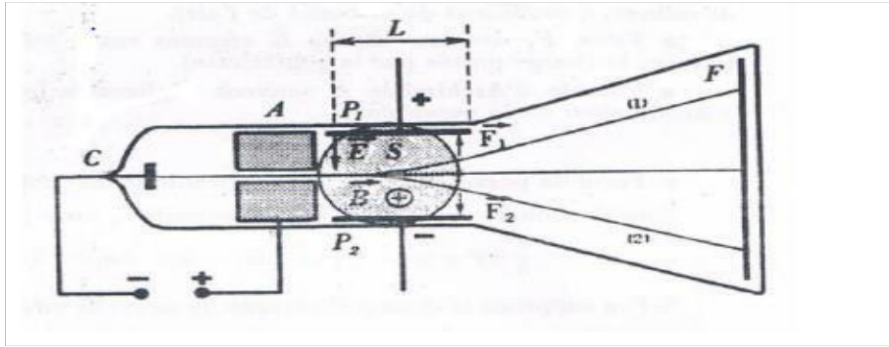


Figure I.2 : Expérience de Jean Joseph Thomson

- **Action du champ électrique E**

Le faisceau d'électrons est dévié vers la plaque positive (trajectoire 1), sous l'action

de la force $F_1 = eE = me\gamma \Rightarrow \gamma = \frac{eE}{me}$

e : charge de l'électron et me : sa masse

γ : accélération qui lui est communiquée par la force F_1

- **Action du champ magnétique B**

Le faisceau d'électrons est dévié vers le bas (trajectoire 2), sous l'action de la force magnétique $F_2 = e\mathcal{V}.B$.

- **Action simultanée des champs électrique et magnétique**

En ajustant convenablement les intensités des champs électrique et magnétique, le faisceau de rayons cathodiques frappe l'écran sans être dévié, ceci aura lieu lorsque :

$$eE = e v_x B \Rightarrow v_x = E/B \quad (1)$$

Suivant l'axe x : $\gamma_x = 0$, le mouvement est uniforme : $x = v_x t \quad (2)$

Suivant l'axe y : $\gamma_y \neq 0$, le mouvement est uniformément accéléré : $y = \frac{1}{2} \gamma t^2 \quad (3)$

En éliminant le temps entre l'équation (1) et (2) on obtient : $y = \frac{eE}{2me} \frac{x^2}{v_x^2} \quad (4)$

A la sortie du condensateur : $x = L$ qui est la longueur du condensateur

y : la déviation que les électrons auront fait depuis leur entrée jusqu'à leur sortie du condensateur et en remplaçant v_x par E/B et x par L dans l'équation (4) on abouti à :

$$\frac{e}{m_e} = \frac{2yE}{L^2 B^2}$$

Connaissant la vitesse des électrons et les données de l'appareil, J.J. Thomson a pu déterminer la valeur de e/me , la valeur actuellement admise est $1,7589 \cdot 10^{11} \text{ C/kg}$ quel que soit les intensités des champs E et B.

c) Calcul de la charge de l'électron : Expérience de Millikan

Robert Millikan conçut une expérience visant à déterminer la charge de l'électron. De fines gouttelettes d'huiles sont injectées à l'aide d'un pulvérisateur dont le mouvement est suivi à l'aide d'un télescope entre les deux plateaux d'un condensateur. En outre, un faisceau de rayons X charge les gouttelettes en ionisant l'air de façon intermittente. (fig. I.3)

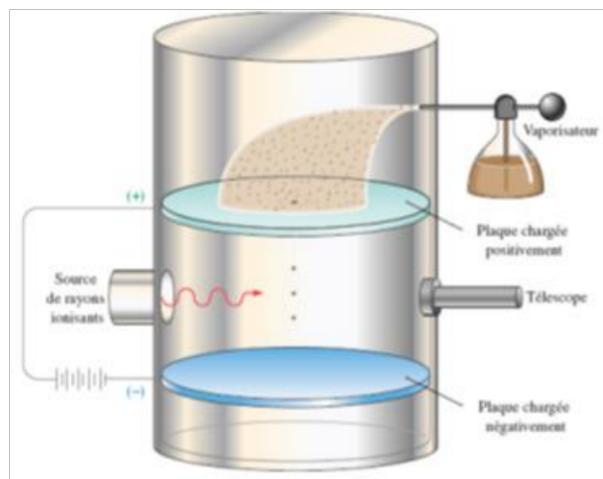


Figure I.3 : Expérience de la gouttelette d'huile de Millikan

Les forces qui s'exercent sur une gouttelette chargée (mouvement descendant):

Force de pesanteur :

$$P = m g = \rho V g$$

ρ : masse volumique de l'huile, g : accélération de la pesanteur, V : volume d'une gouttelette (assimilée à une sphère de rayon r).

$$\text{Soit } P = \rho \frac{4}{3} \pi r^3 g$$

Poussée d'Archimède (souvent négligeable): $\rho_{\text{air}} \ll \rho_{\text{huile}}$

$$P_a = m'g = \rho' V g = \rho' \frac{4}{3} \pi r^3 g$$

ρ' : masse volumique de l'air.

Force de frottement (ou de Stokes) :

$$F_t = 6 \pi \eta r v$$

η : viscosité de l'air, r : rayon de la gouttelette, v : la vitesse de la gouttelette.

Force électrostatique :

$$F_e : qE$$

q : charge portée par la gouttelette, E : intensité du champ électrique.

Si $q < 0$ la force électrique F_e est de sens opposé au champ électrique E

Si $q > 0$ la force électrique F_e est de même sens que le champ électrique E .

La gouttelette atteint rapidement sa vitesse limite on peut alors écrire :

$$P = P_a + f_t + F_e$$

$$\frac{4}{3} \pi r^3 g (\rho - \rho') - 6 \pi \eta r v = qE$$

La charge portée par la gouttelette est donnée par :

$$q = \frac{\frac{4}{3} \pi r^3 g (\rho - \rho') - 6 \pi \eta r v}{E}$$

Le rayon r de la gouttelette s'obtient en supprimant les rayons X , le bilan des forces devient :

$$P = P_a + F_t$$

$$r = 3 \sqrt{\frac{(\eta v)}{2g(\rho - \rho')}}}$$

Millikan a montré que toutes les valeurs de q étaient un multiple de $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Cette valeur représente donc la plus petite charge que peut porter une gouttelette. C'est la **charge élémentaire**.

Du rapport e/m , on en déduit la masse de l'électron:

$$m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

I.2. Mise en évidence du proton : Expérience de Rutherford

Pour prouver l'existence du noyau, Rutherford bombarde une mince feuille d'or avec un faisceau de particules α (He^{2+}) (fig. I.4)

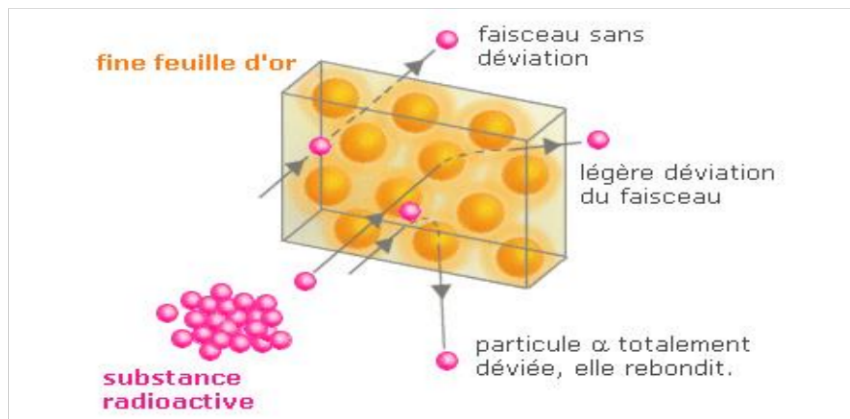


Figure I.4: Expérience de Rutherford

Il remarque que :

- La majorité des particules α ne sont pas déviées.
- Quelques particules α sont légèrement déviées.
- Une minuscule fraction des particules α est fortement déviée.

Il conclut que :

- La matière est essentiellement constituée de vide, la majorité des particules α ne rencontrent pas d'obstacles sur leurs parcours.
- Les particules faiblement déviées le sont par des charges dans la matière.
- Certaines particules α sont fortement déviées, du fait de l'existence de particules chargées positivement dans l'atome d'or qui repoussent les particules α qui sont concentrées dans une petite partie de l'atome appelée « **noyau**. Il assimila le noyau au soleil et les électrons qui gravitent autour aux planètes. C'est le **modèle planétaire** de Rutherford

La charge du proton est égale en valeur absolue à la charge de l'électron, sa masse vaut 1836 fois la masse de l'électron : $m_p = 1,67252 \times 10^{-27} \text{Kg}$.

I.3. Mise en évidence du neutron : Expérience de Chadwick

En bombardant du béryllium avec des particules α , Chadwick remarqua des radiations inconnues qui éjectent des protons à la rencontre d'une cible de paraffine. Il en conclut que ces radiations étaient composées de particules de masse approximativement égale au proton mais sans charge électrique : les **neutrons** (fig. I.5)

La masse du neutron vaut 1839 fois la masse de l'électron: $m_n = 1,67482 \times 10^{-27} \text{Kg}$

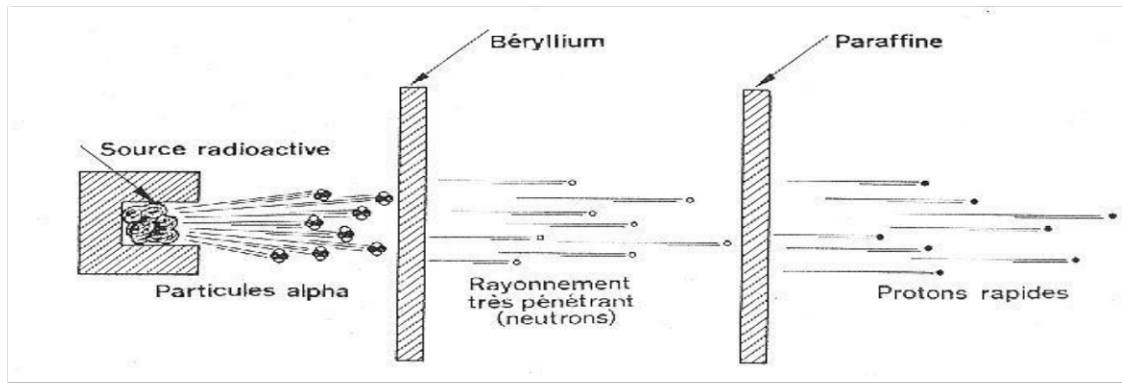


Figure I.5 : Expérience de Chadwick