

DETERMINATION DE LA CHARGE SPECIFIQUE

e/m DE L'ELECTRON

I - ETUDE DE LA TRAJECTOIRE D'UN ELECTRON DANS UNE INDUCTION MAGNETIQUE

Une ampoule de verre sphérique contient une source d'électrons et une atmosphère raréfiée d'hydrogène. Cette ampoule est placée dans une induction magnétique créée par deux bobines circulaires, appelées **bobines d'Helmholtz**

Les bobines d'Helmholtz n'étant parcourues par aucun courant, on visualise, grâce à l'atmosphère gazeuse de l'ampoule, la trajectoire rectiligne des électrons.

Si on établit le courant dans les bobines, une induction magnétique, que l'on pourra considérer comme uniforme dans la zone d'expérience, est créée, les bobines étant orientées de telle façon que les lignes de forces du vecteur induction magnétique soient perpendiculaires à la trajectoire des électrons. On constate alors que **la trajectoire électronique devient un cercle**.

Une particule portant une charge q (pour les électrons, $q = -e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C) animée d'une vitesse \vec{v} , placée dans une induction magnétique \vec{B} subit une force :

$$\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$$

\vec{F} est normale à la trajectoire, puisque toujours normale à \vec{v} et son module est : $\|\vec{F}\| = evB$.

La vitesse des électrons sur leur trajectoire est uniforme, car s'il y avait une accélération des électrons tangentiellement à leur trajectoire, leur énergie cinétique augmenterait sans cesse et cela se traduirait par une évolution visible du phénomène, par exemple par un accroissement continu de la luminosité.

Or ce n'est pas ce qui se produit, on peut donc admettre que v est constante ; B pouvant être considéré comme uniforme dans la zone d'expérience, on peut alors en déduire :

$$\|\vec{F}\| = evB = Cte$$

L'application du principe fondamental de la dynamique nous permet d'écrire que : $evB = m \frac{v^2}{r}$

m étant la masse de la particule et r le rayon de la trajectoire à l'instant considéré. v et B étant constants, r l'est aussi ; on justifie donc bien que **la trajectoire est un cercle**.

II - PRINCIPE DE LA MESURE DE e/m

On sait que : $evB = m \frac{v^2}{r}$ soit : $\frac{e}{m} = \frac{v}{rB}$ (1)

Si on suppose que les électrons sont émis avec une vitesse initiale nulle et sont accélérés sous une différence de potentiel V , ils acquièrent une énergie cinétique telle que :

$$\frac{1}{2} m v^2 = eV \quad \text{soit} \quad v = \left(\frac{2eV}{m} \right)^{1/2}$$

ce qui donne, en reportant v dans (1) :

$$\frac{e}{m} = \left(\frac{2eV}{m} \right)^{1/2} \frac{1}{rB}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{e}{m} \right)^{1/2} = \frac{(2V)^{1/2}}{rB}$$

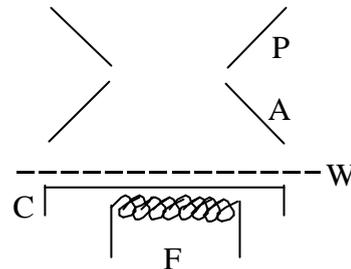
$$\Rightarrow \text{d'où} \quad \frac{e}{m} = \frac{2V}{r^2 B^2}$$

III - DISPOSITIF EXPERIMENTAL

III - 1 - Production du faisceau d'électrons

On utilise un tube de Wehnelt perfectionné. Il est constitué par une ampoule de verre de 175 mm de diamètre renfermant la série d'électrodes suivantes :

- un filament (**F**) qui chauffe la cathode (**C**) ;
- la cathode (**C**), chauffée, qui émet des électrons ;
- l'anode conique (**A**), portée à un potentiel positif par rapport à la cathode, qui accélère les électrons.



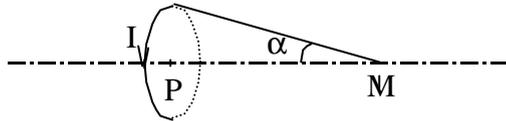
- Remarques** :
- une électrode supplémentaire (**W**) sert à focaliser le faisceau d'électrons ;
 - une paire de plaques (**P**) peut créer une déviation électrostatique.

Pour la manipulation (le montage est prêt) :

- le filament est alimenté sous 6,3 volts ;
- **on applique entre cathode et anode une tension continue variant de 150 à 250 V ;**
- le Wehnelt est porté au potentiel cathodique ;
- les plaques de déviation **P** sont portées au potentiel de l'anode.

III - 2 - Production de l'induction magnétique

Le vecteur induction magnétique créé par **une bobine circulaire plate de N spires, de rayon R**, parcourues par un courant d'intensité I en un point M de son axe est (en module) :



$$B(M) = \frac{\mu_0 N I}{2R} \sin^3 \alpha$$

On considère **deux bobines identiques à la précédente, de même axe, et séparées par une distance $d = R$** . Soit O un point de l'axe à égale distance des deux bobines, on montre qu'au voisinage du point O l'induction magnétique \vec{B} est pratiquement uniforme, égale à $\vec{B}(O)$.

Calculer $\vec{B}(O)$.

Les bobines utilisées ont un rayon $R = 15,5 \text{ cm}$ et comportent $N = 130$ spires. Elles sont alimentées sous 12 V. **On fera varier l'intensité I de 1,4 à 2 A.**

IV - MANIPULATION

On aura soin de brancher d'abord le filament et d'attendre quelques minutes avant de mettre l'anode sous tension. On vérifiera en outre que la trajectoire est circulaire et ne s'enroule pas en hélice.

Pour déterminer e/m , mesurer le rayon r de la trajectoire en fonction de V et B. Faire plusieurs mesures pour différentes valeurs de V et de I. **Précision.**

En déduire la masse de l'électron. **Précision.**

A partir d'une valeur de $\frac{e}{m}$, évaluer la vitesse des électrons. Quel est le temps mis par ceux-ci pour parcourir une fois leur trajectoire ?

Remarques :

a) Une des difficultés de la manipulation consiste à mesurer, sans commettre une erreur de parallaxe, le diamètre de la trajectoire circulaire des électrons. On y arrive en disposant derrière le tube un miroir plan parallèle au plan de la trajectoire des électrons. **On repérera le diamètre, à l'aide de réglettes translatables dans le plan du miroir, en faisant coïncider la trajectoire avec son image donnée par le miroir.** Une autre difficulté provient des déformations possibles introduites par l'ampoule sphérique. On ne peut évaluer les déformations provoquées par l'ampoule, mais on tiendra compte de ce fait dans la discussion des résultats.

b) Bien que le nombre des électrons se trouvant à cet instant sur une section droite quelconque du pinceau soit égal à 10^{16} environ, il est permis d'appliquer les équations ci-dessus, valables pour un seul électron, à l'ensemble de ces électrons. En effet, comme tous ces électrons ont les mêmes

propriétés, ils ne sont pas discriminables et du comportement de leur ensemble il est permis de déduire les propriétés d'un seul.

c) la variation relativiste de la masse de l'électron en fonction de la vitesse, dont il y a lieu de tenir compte dans certaines expériences, ne joue aucun rôle dans l'étude présente. En effet, à cause des faibles tensions accélératrices appliquées au tube, la masse des électrons en mouvement constituant le pinceau diffère de moins de 1 % de la "masse au repos" m_0 de l'électron.