

# TP 04:

## Détermination de la quantité e/m

### 1- Objectifs expérimentaux:

- Analyse de la déviation subie par les électrons dans un champ magnétique sur un anneau circulaire fermé.
- Détermination de la charge spécifique de l'électron.

### 2- Principes de base:

#### a- La force de Lorentz:

D'une manière expérimentale, il est difficile de mesurer la masse d'électron  $m_e$ , mais on peut facilement déterminer la charge spécifique de l'électron:

$$\varepsilon = \frac{e}{m_e}$$

a partir de laquelle on peut calculer la masse  $m_e$  pour une charge élémentaire connue  $e$ .

Lorsque une charge  $e$  se déplace avec une vitesse  $\vec{v}$  dans un champ magnétique caractérisé par le vecteur  $\vec{B}$  subit une force magnétique appelée force de Lorentz  $\vec{F}_m$  donnée par:

$$\vec{F}_m = e \vec{v} \wedge \vec{B}$$

agit verticalement sur la vitesse et sur le champ magnétique. Cette force, en tant que force centripète, constraint l'électron,

#### b- Champ magnétique créé par une bobine de Helmholtz

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. Ces bobines 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. le champ magnétique entre les bobines est sensiblement uniforme défini par:

$$B = 9 \times 10^{-7} \frac{nI}{R}$$

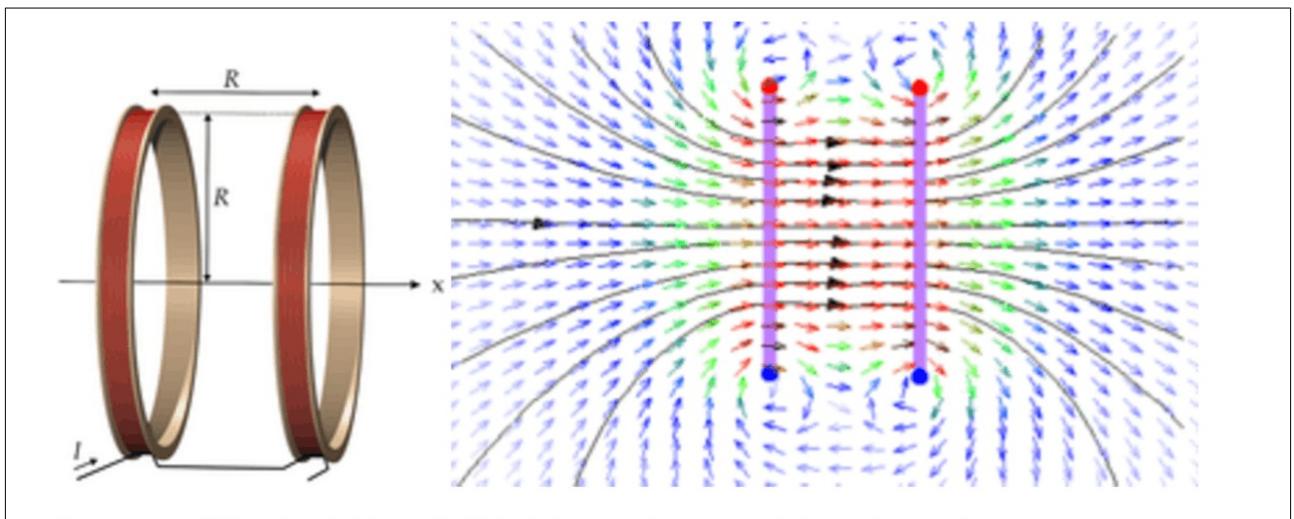


Figure 4.1: Lignes de champ magnétiques produites par des bobines de Helmholtz.

### 3- Trajectoire d'un électron dans un champ magnétique uniforme

Considérons un tube de Crookes dans lequel on produit un faisceau d'électrons de charge  $e^-$  et de vitesse  $\vec{V}$ . Supposons que ces électrons pénètrent dans une région où règne un champ magnétique uniforme  $\vec{B}$  perpendiculaire à la vitesse. La vitesse restant constante, l'accélération est nécessairement normale à la trajectoire. Par ailleurs, la force et la vitesse étant perpendiculaire au champ magnétique le mouvement s'effectue dans un plan perpendiculaire au champ magnétique. La deuxième loi de Newton donne donc :

$$evB = m \frac{v^2}{\rho}$$

Ce rayon de courbure  $\rho$  est constant si le champ magnétique est uniforme : la trajectoire est donc un cercle de rayon:

$$\Phi = 2\rho = 2 \frac{mv}{eB}$$

Ainsi, mesurer le diamètre  $\Phi$  de la trajectoire permet de déduire le rapport  $e/m$  si l'on connaît le champ magnétique et la vitesse des électrons.

#### 4-Dispositif expérimental:

On utilise le dispositif représenté sur la figure ci-dessus. Il contient :

1- Une ampoule sphérique de diamètre 17,5 cm remplie d'un gaz à basse pression ( $\approx 1$  Pa).

2- Cette ampoule est entourée par deux bobines de Helmholtz de rayon  $R = 150$  mm, constituées chacune de  $n = 130$  spires. Ces bobines sont alimentées par une alimentation stabilisée dont l'intensité  $I$  ne devra pas dépasser 1,5 A.

3- À l'intérieur, s'y trouve un canon à électron. Ce dernier est composé de trois éléments:

a- Une cathode émissive qui sera chauffée à l'aide d'une tension alternative de tension efficace 6,3 V.

b- Une anode conique placée sous tension continue  $U$  à l'aide d'une alimentation stabilisée.

c- Un cylindre de Wehnelt dont le rôle est de focaliser le faisceau, sera mis au même potentiel que la cathode.



**Figure 4.2:** Ampoule à vide électronique et les bobines de Helmholtz associées.

les électrons émis par le canon à électrons entrent en collision avec quelques molécules du gaz résiduel ce qui place ces molécules dans un état excité (état non stable). C'est en revenant à leur niveau fondamental que ces molécules produisent une lumière – dite de fluorescence – et permettent ainsi de matérialiser le faisceau électronique. Le faisceau électronique adopte un mouvement circulaire de diamètre :

$$\Phi = 3,15 \times 10^6 \frac{R}{n\sqrt{e/m}} \frac{\sqrt{U}}{I}$$

il faut suivre les étapes suivant:

- 1- Placez les bobines de Helmholtz sur la plaque et montez-les en série avec L'alimentation en tension continue en vous servant d'un ampèremètre ,qu'il faut brancher sur l'entrée 10 A.
- 2- Branchez le voltmètre à point zéro central directement à la bobine plate.
- 3- Faites chauffer la cathode émissive pendant trois minutes avant d'appliquer une tension accélératrice.
- 4- Appliquer une tension inférieur à 300 Volts, pour voir un faisceau d'électron à la sortie du canon à électrons.
- 5- Réglez un courant d'alimentation d'environ 1,5 A pour les bobines. Le faisceau d'électron forme une cercle bleue.
- 6- Mesurer le diamètre  $\phi$  de cette cercle on utilisant une règle graduée.
- Les figures suivantes montrent le module d'expérience pour déterminer la charge spécifique  $e/m$  de l'électron et le câblage électrique.

- a) Bobines de Helmholtz.
- b) Tube à faisceau électronique filiforme.
- c) Dispositif de mesure.

7- Compléter les tableaux suivants:

**Tableau 1:** Mettez  $I = 1,4A$  puis changez les valeurs de potentiel  $U$  selon le tableau suivant et mesurez le diamètre de cercle.

$U$ (Volt)	290	280	270	260	250	240	230	220	210	200
$\Phi$ (mm)										
$\frac{\sqrt{U}}{I}$										

**Tableau 2:** Mettez  $U=200V$  puis changez les valeurs de courant  $I$  selon le tableau suivant et mesurez le diamètre de cercle.

$I$ (A)	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
$\Phi$ (mm)										
$\frac{\sqrt{U}}{I}$										

8- En portant  $\Phi$  en fonction de  $\frac{\sqrt{U}}{I}$  on déduira le rapport  $e/m$  expérimental , puis En comparant notre résultats obtenues avec la théorie.