

1. Introduction

1.1. Objectifs

L'objectif est de mesurer le rapport e/m_e de deux façons différentes afin de déterminer quel protocole est le meilleur. Il s'agira dans les deux cas d'utiliser le mouvement d'électrons dans un champ magnétique uniforme.

1.2. Sommaire

Ce TP se décompose en 2 parties :

1. Mesure en maintenant le rayon fixe (Protocole 1)
2. Mesure en maintenant la tension fixe (Protocole 2)

2. Protocole

2.1. Matériel

- Tube à faisceau électronique filiforme
- 2 Bobines en configuration Helmholtz
- Dispositif de Mesure
- 2 Multimètres
- Générateurs respectant les conditions :
 - 6.3V, 1A
 - 0-500V, 50 mA
 - 0-50V, 10mA
 - 0-3A
- Cables

2.2. Description du montage expérimental

Nous branchons les éléments du circuit électrique comme indiqué sur la figure ci-dessous. Le voltmètre mesure la tension entre l'anode et la cathode du Tube à faisceau électronique filiforme et l'ampèremètre l'intensité fournie aux bobines.

2.3. Mesures à effectuer

Nous procédons selon 2 protocoles.

2.3.1. Protocole 1

Nous maintenons le rayon constant durant tout le protocole. On choisit un rayon le plus grand possible, tout en gardant de bonnes conditions de lisibilité. Nous avons choisi de prendre un rayon de 11.6 cm.

1. Placer la tension du générateur à 130V environ
2. Placer le premier marqueur de mesure à l'origine du faisceau

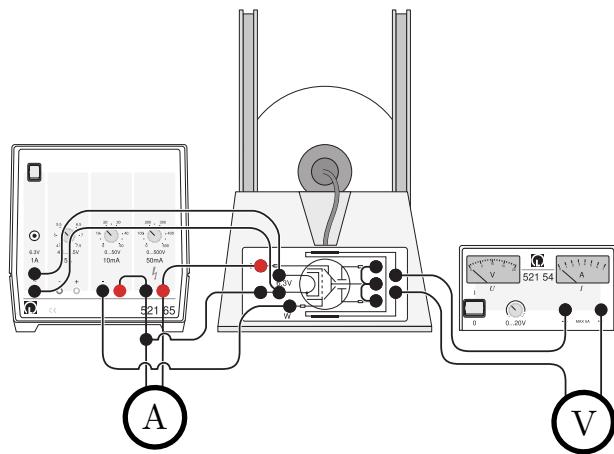


FIGURE 1 – Schema du montage expérimental

3. Réglier l'intensité des bobines pour observer un diamètre de 11.6cm environ
4. Relever la paire Tension/Intensité
5. Augmenter la tension du générateur jusqu'à 300V par pas de 20V et refaire les étapes 2 et 3

2.3.2. Protocole 2

1. Placer la tension du générateur à 200V environ
2. Placer le premier marqueur de mesure à l'origine du faisceau
3. Réglier l'intensité des bobines à 1A
4. Relever le diamètre du cercle de la trajectoire adoptée par les électrons
5. Pour des valeurs de I de 1 à 2.1A par pas de 0.1, refaire l'étape précédente.q

3. Mesures

3.1. Données

U (V)	I (A)
$1,31 \times 10^2$	$5,83 \times 10^{-1}$
$1,51 \times 10^2$	$8,07 \times 10^{-1}$
$1,70 \times 10^2$	$8,68 \times 10^{-1}$
$1,91 \times 10^2$	$9,80 \times 10^{-1}$
$2,09 \times 10^2$	$1,06 \times 10^0$
$2,31 \times 10^2$	$1,07 \times 10^0$
$2,49 \times 10^2$	$1,17 \times 10^0$
$2,70 \times 10^2$	$1,23 \times 10^0$
$2,89 \times 10^2$	$1,32 \times 10^0$
$3,10 \times 10^2$	$1,41 \times 10^0$

TABLEAU 1 – Intensité et Tensions mesurés dans le cadre du protocole 2

I (A)	D (m)
$1,00 \times 10^0$	$1,22 \times 10^{-1}$
$1,09 \times 10^0$	$1,13 \times 10^{-1}$
$1,21 \times 10^0$	$1,05 \times 10^{-1}$
$1,31 \times 10^0$	$9,90 \times 10^{-2}$
$1,40 \times 10^0$	$8,90 \times 10^{-2}$
$1,51 \times 10^0$	$8,20 \times 10^{-2}$
$1,61 \times 10^0$	$7,70 \times 10^{-2}$
$1,70 \times 10^0$	$7,30 \times 10^{-2}$
$1,81 \times 10^0$	$6,90 \times 10^{-2}$
$1,90 \times 10^0$	$6,40 \times 10^{-2}$
$2,01 \times 10^0$	$6,10 \times 10^{-2}$
$2,11 \times 10^0$	$5,80 \times 10^{-2}$

TABLEAU 2 – Intensité et diamètres mesurés dans le cadre du protocole 2

3.2. Incertitudes

3.2.1. Protocole 1

Les incertitudes de la tension et de l'intensité sont liées uniquement à la précision des instruments de mesure. Ces dernières sont négligeables devant l'incertitude systématique liée au rayon de la trajectoire des électrons, qui est systématique et estimée à 7mm. Cette valeur correspond à l'épaisseur du faisceau. En effet, ce dernier n'est pas d'une bonne qualité et est moins concentré. Cela empêche de déterminer avec précision la zone où la trajectoire a lieu (on a un gradient au lieu d'une coupure nette).

3.2.2. Protocole 2

Les incertitudes de la tension et de l'intensité sont liées uniquement à la précision des instruments de mesure. Ces dernières sont négligeables devant l'incertitude liée à la mesure du diamètre. En effet, cette dernière est réalisée par la mesure entre 2 repères amovibles, l'un à l'origine du faisceau et l'autre diamétralement opposé. Il y a dès lors une incertitude systématique liée à la position du premier marqueur, estimée à $\pm 1\text{mm}$ et celle liée à la position du second marqueur. Cette dernière doit prendre en compte les différences de parallaxe lors des observations et la largeur du faisceau, qui peut empêcher de connaître avec précision la trajectoire. Dans les conditions de ce protocole, le faisceau produit était de meilleure qualité que lors du protocole 1, avec une épaisseur très faible, d'environ 2mm . On estimera les incertitudes liées à la parallaxe à 2mm . Enfin, comme les marqueurs ne bougent pas de façon perpendiculaire aux axes (la partie haute peut avoir un décalage de 1 mm avec la partie du bas), on ajoute une incertitude de 2mm au résultat, bien qu'une attention particulière ait été portée à ce problème dans la manipulation. L'incertitude liée au diamètre est donc de $2 + 2 + 1 = 5\text{mm}$.

4. Graphiques

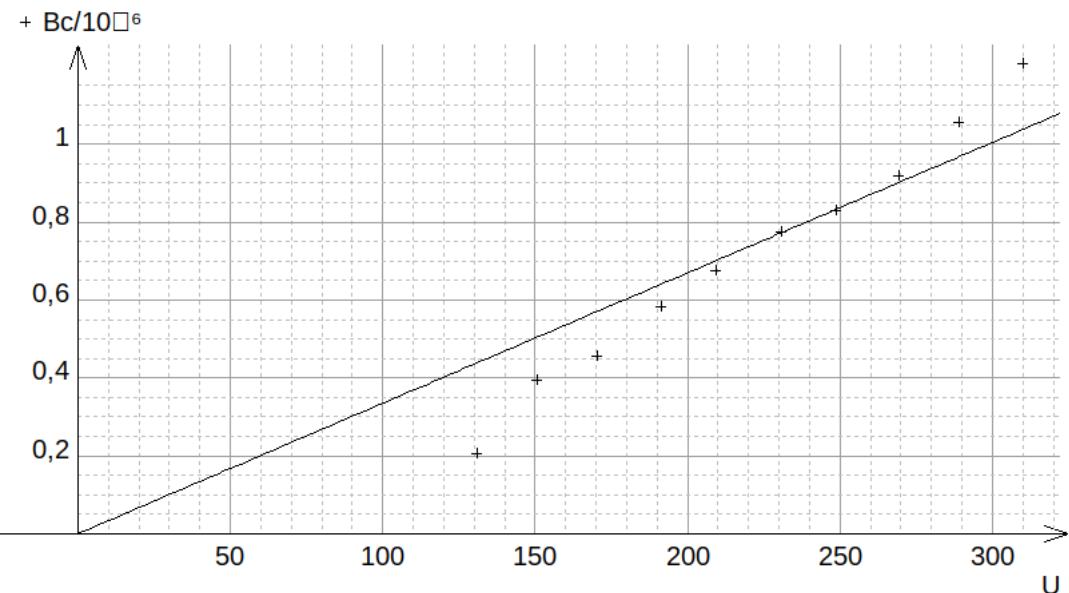
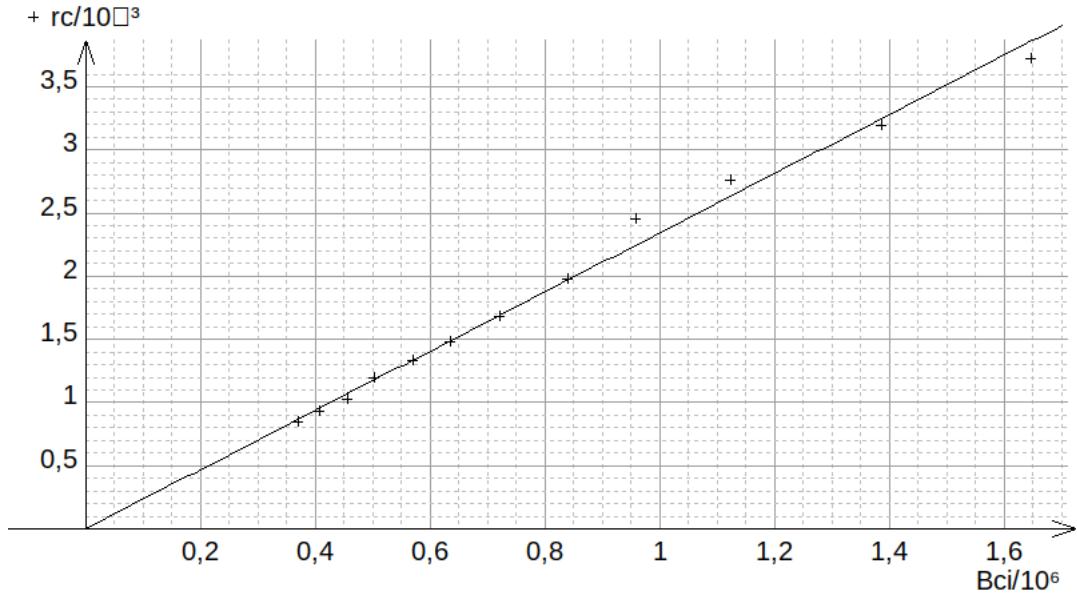


FIGURE 2 – Évolution du champ magnétique (qui dépend de I) en fonction de U

FIGURE 3 – Évolution du rayon au carré en fonction de $\frac{1}{B^2}$

5. Exploitation des résultats

5.1. Protocole 1

Avec la relation

$$B^2 = U \cdot \left(\frac{2m_e}{er^2} \right)$$

et

$$B^2 = \frac{64}{125} \left(\frac{\mu_0 N I}{R} \right)^2$$

avec I l'intensité mesurée pour atteindre le rayon fixe, N le nombre de spires des bobines, R le rayon des bobines et μ_0 une constante, on peut déduire la valeur du rapport en traçant B^2 en fonction de U et en modélisant par une fonction linéaire de pente A.

On peut alors déduire la valeur recherchée et on aura :

$$u(e/m_e) = \frac{e}{m_e} [4(\frac{u(r)}{r})^2 + (\frac{u(A)}{A})^2]^{1/2}$$

On obtient $\frac{e}{m_e} = (177,7 \pm 8,5) \cdot 10^9 S.I.$ L'encadrement inclue bien la valeur théorique.

L'erreur relative par rapport à la valeur théorique ($1,75882 \cdot 10^{11} SI$) est de 1,03%.

5.2. Protocole 2

On déduit des mêmes relations que précédemment que pour obtenir la valeur recherchée, on peut tracer r^2 en fonction de B^{-2} et modéliser par une fonction linéaire dont la pente B sera $2U\frac{m_e}{e}$.

On peut alors déduire le rapport de cette pente et on aura :

$$u(e/m_e) = \frac{e}{m_e} \left[\left(\frac{u(U)}{U} \right)^2 + \left(\frac{u(A)}{A} \right)^2 \right]^{1/2}$$

On obtient de cette façon que $(\frac{e}{m_e} = 173,4 \pm 2,1) \cdot 10^9$ SI.

L'encadrement inclue bien la valeur théorique. De plus, l'erreur relative par rapport à la valeur théorique est de 1,41%.

6. Conclusion

On remarque que, bien que le protocole 1 introduise moins d'incertitude sur les mesures, en raison de la mauvaise qualité du faisceau utilisé lors de cette partie, c'est le protocole 2 qui donne un résultat avec l'incertitude la plus faible. Ainsi, la façon de mesurer le diamètre dans le premier protocole ne parvient pas à compenser la qualité du faisceau.

On note cependant que bien que le Protocole 1 ait une incertitude plus grande que le Protocole 2, il a donné la valeur qui est finalement plus proche de la valeur théorique (erreur relative de 1,03% contre 1,41% pour le Protocole 2). Dans les 2 cas, les valeurs obtenues sont très satisfaisantes avec une erreur relative de l'ordre de 1%. L'utilisation d'un faisceau électronique filiforme est donc une méthode jugée satisfaisante pour déterminer la valeur du rapport $\frac{e}{e_m}$.