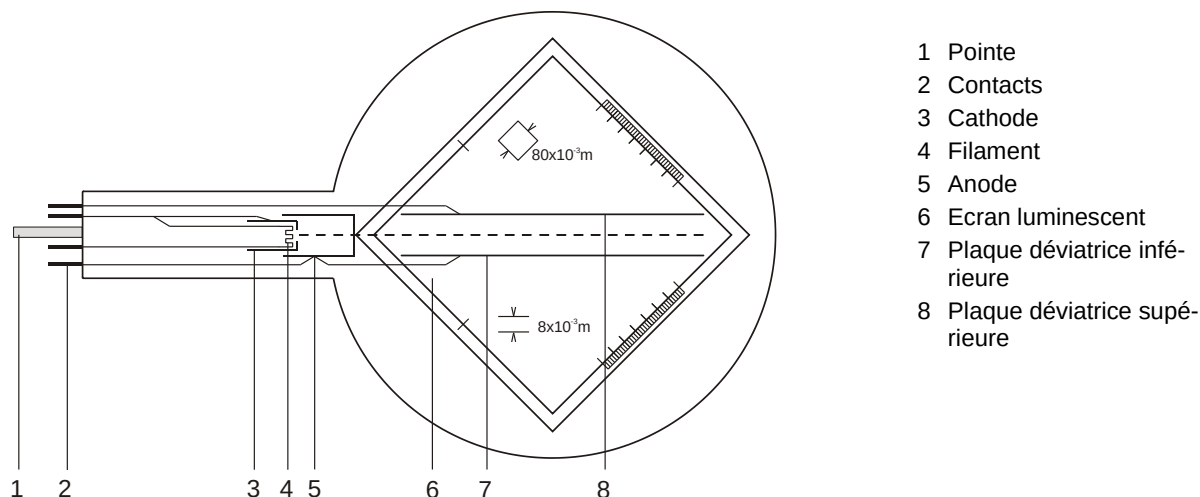


Tube de Thomson S 1000617

Manuel d'utilisation

09/22 HJB, DA



1. Consignes de sécurité

Les tubes thermoioniques sont des cônes en verre à paroi mince sous vide. Manipulez-les avec précaution : risque d'implosion !

- N'exposez pas le tube à des charges mécaniques.
- N'exposez pas les câbles de connexion à des charges de traction.
- Le tube n'a le droit d'être utilisé que dans le support pour tube S (1014525).

Des tensions et des courants trop élevés ainsi que des températures de chauffage de la cathode mal réglées peuvent entraîner la destruction du tube.

- Respectez les paramètres de service indiqués.

Des tensions et hautes tensions dangereuses peuvent apparaître à hauteur du champ de connexion pendant l'utilisation des tubes.

- Pour les connexions, utilisez uniquement des câbles d'expérimentation de sécurité.
- Ne procédez à des câblages que lorsque les dispositifs d'alimentation sont éteints.
- Ne montez et ne démontez le tube que lorsque les dispositifs d'alimentation sont éteints.

Pendant l'utilisation du tube, son col chauffe.

- Au besoin, laissez refroidir le tube avant de le démonter.

Le respect de la directive CE sur la compatibilité électromagnétique est uniquement garanti avec les alimentations recommandées.

2. Description

Le tube de Thomson sert à étudier les faisceaux d'électrons dans des champs électriques et magnétiques. Il permet tant d'évaluer la charge spécifique e/m que de déterminer la vitesse des électrons v .

Le tube possède un canon électronique dans un cône en verre sous vide avec un système d'électrodes de focalisation, une cathode thermoionique de tungstène à chauffage direct et une anode cylindrique. Le faisceau d'électrons peut être dévié électrostatiquement par un condensateur à plaques intégré et magnétiquement par l'emploi de bobines de Helmholtz (1000611). Les plaques déviatrices tiennent un écran luminescent à trame centimétrique, tourné à 10° par rapport à l'axe du faisceau, qui rend visible l'allure du faisceau d'électrons.

3. Caractéristiques techniques

Chauffage :	$\leq 7,5 \text{ V CA/CC}$
Tension anodique :	$2000 \text{ V} - 5000 \text{ V CC}$
Courant anodique :	env. $0,1 \text{ mA}$ / $U_A=4000 \text{ V}$
Tension de condensateur :	max. 350 V
Ecart plaques du condensateur :	env. 8 mm
Ecran fluorescent :	$80 \text{ mm} \times 80 \text{ mm}$
Cône en verre :	$\varnothing$ env. 130 mm
Longueur totale :	env. 260 mm

4. Commande

Pour réaliser les expériences avec le tube de Thomson, on a besoin des dispositifs supplémentaires suivants :

1 Support pour tube S	1014525
1 Alimentation haute tension 5 kV (115 V, 50/60 Hz) ou (230 V, 50/60 Hz)	1003309 1003310
1 Paire de bobines de Helmholtz S	1000611
1 Alimentation 500 V (115 V, 50/60 Hz) ou (230 V, 50/60 Hz)	1003307 1003308

4.1 Installation du tube de Thomson dans le porte-tube

- Ne montez et ne démontez le tube que lorsque les dispositifs d'alimentation sont éteints.
- Glissez le tube dans la monture du porte-tube en appuyant légèrement dessus, jusqu'à ce que les contacts soient entièrement insérés dans la monture. Veillez au positionnement précis de la pointe de guidage.

4.2 Retrait du tube de Thomson du porte-tube

- Pour démonter le tube, appuyez avec l'index de la main droite sur l'arrière de la pointe de guidage, jusqu'à ce que les contacts soient desserrés. Puis, retirez le tube.

4.3 Rotation du tube de Thomson dans le porte-tube

- Le tube peut être tourné avec précaution d'environ $\pm 4^\circ$ autour de son axe dans le

porte-tube. La rotation du tube permet d'améliorer la visibilité du faisceau d'électrons sur l'écran en fonction des réglages expérimentaux.

5. Exemples d'expériences

5.1 Déviation magnétique

- Procédez au câblage du tube comme le montre la figure 2.
- Placez les bobines dans le porte-tube (géométrie Helmholtz).
- Mettez l'alimentation haute tension en service.
- Appliquez de la tension aux bobines et observez le faisceau.

Le faisceau suit une trajectoire circulaire, la déviation se produit dans un plan qui est perpendiculaire au champ magnétique.

Lorsque la tension anodique est constante, le rayon de déviation se réduit au fur et à mesure qu'augmente le courant des bobines.

Lorsque le courant des bobines est constant, le rayon augmente avec la tension anodique, ce qui permet de conclure à une vitesse plus élevée.

Un électron de masse m et de charge e , qui se déplace perpendiculairement à un champ magnétique B , est forcé de suivre une trajectoire circulaire à cause de la force Lorentz $B \cdot e \cdot v$:

$$B \cdot e \cdot v = \frac{m \cdot v^2}{r} \quad (1)$$

v étant la vitesse de l'électron et r le rayon de courbure.

5.2 Déviation électrique

- Procédez au câblage du tube comme le montre la figure 3.
- Mettez l'alimentation haute tension en service.
- Mettez la tension du condensateur en marche et observez le faisceau.

Un électron, qui traverse à la vitesse v le champ électrique E d'un condensateur à plaques de tension U_P et dont les plaques présentent un écart d , est dévié sur une trajectoire parabolique :

$$y = \frac{1}{2} \cdot \frac{e}{m} \cdot \frac{E}{v^2} \cdot x^2 \quad (2)$$

y étant la déviation linéaire sur la distance linéaire x .

5.3 Détermination de e/m et v

5.3.1 Par la déviation magnétique

- Montez l'expérience comme le montre la fig. 2.

L'équation suivante s'applique à la vitesse d'électron v qui dépend de la tension anodique U_A :

$$v = \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m} \cdot U_A} \quad (3)$$

Les équations 1 et 3 permettent d'établir la charge spécifique e/m :

$$\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot U_A}{(B \cdot r)^2} \quad (4)$$

La tension U_A peut être lue directement, B et r doivent être déterminés par l'expérience.

5.3.1.1 Détermination de r

Le rayon de courbure r du faisceau dévié peut être déterminé à partir du point de sortie A (voir fig. 1).

D'après le théorème de Pythagore :

$$r^2 = c^2 + b^2 = c^2 + (r - a)^2 = c^2 + r^2 - 2ra + a^2$$

$$r = \frac{c^2 + a^2}{2a} \quad (5)$$

A la sortie le long de $k = k' = 80 \text{ mm}$:

$$c^2 + a^2 = d^2 = k^2 + e^2$$

$$a^2 = f^2 = \frac{1}{2}g^2 = \frac{1}{2}(k - e)^2$$

$$\Rightarrow r = \frac{(80^2 \text{ mm}^2 + e^2)}{\sqrt{2}(80 \text{ mm} - e)} \quad (6)$$

e pouvant être lu directement sur la graduation.

5.3.1.2 Détermination de B

L'équation suivante s'applique à la densité de flux magnétique B dans le cas d'une géométrie Helmholtz du champ magnétique de la paire de bobines et d'un courant de bobines I :

$$B = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{\mu_0 \cdot n}{R} \cdot I = k \cdot I \quad (7)$$

$k =$ (dans une bonne approximation) $4,2 \text{ mT/A}$
 $n = 320$ (spires) et $R = 68 \text{ mm}$ (rayon de bobine).

5.3.2 Par la compensation du champ

- Montez l'expérience comme le montre la figure 4.
- Mettez les alimentations haute tension en marche et déviez le faisceau électrostatiquement.
- Mettez l'alimentation des bobines en marche et réglez la tension de sorte que le champ magnétique compense le champ électrique et que le faisceau ne soit plus dévié.

Le champ magnétique compense la déviation du faisceau par le champ électrique. On a alors l'équation suivante :

$$e \cdot E = e \cdot v \cdot B$$

Il en résulte pour v :

$$v = \frac{E}{B} \quad (8)$$

avec $E = \frac{U_P}{d}$. Pour déterminer B , voir 5.3.1.2.

Pour e/m , on a l'équation suivante :

$$\frac{e}{m} = \frac{1}{2 \cdot U_A} \cdot \left(\frac{E}{B}\right)^2 \quad (9)$$

Remarque : le champ magnétique généré par les bobines de Helmholtz influence la direction de vol des électrons avant qu'ils n'atteignent le champ électrique du condensateur à plaques. C'est pourquoi, même dans des conditions de compensation optimales, le faisceau d'électrons ne peut pas voler exactement le long de la ligne zéro. Il faut donc s'attendre à de petits écarts par rapport à la ligne zéro.

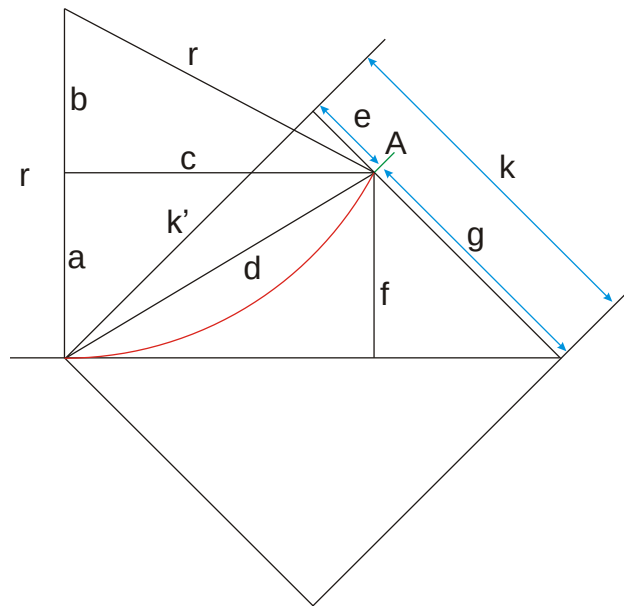


Fig. 1 Détermination de r

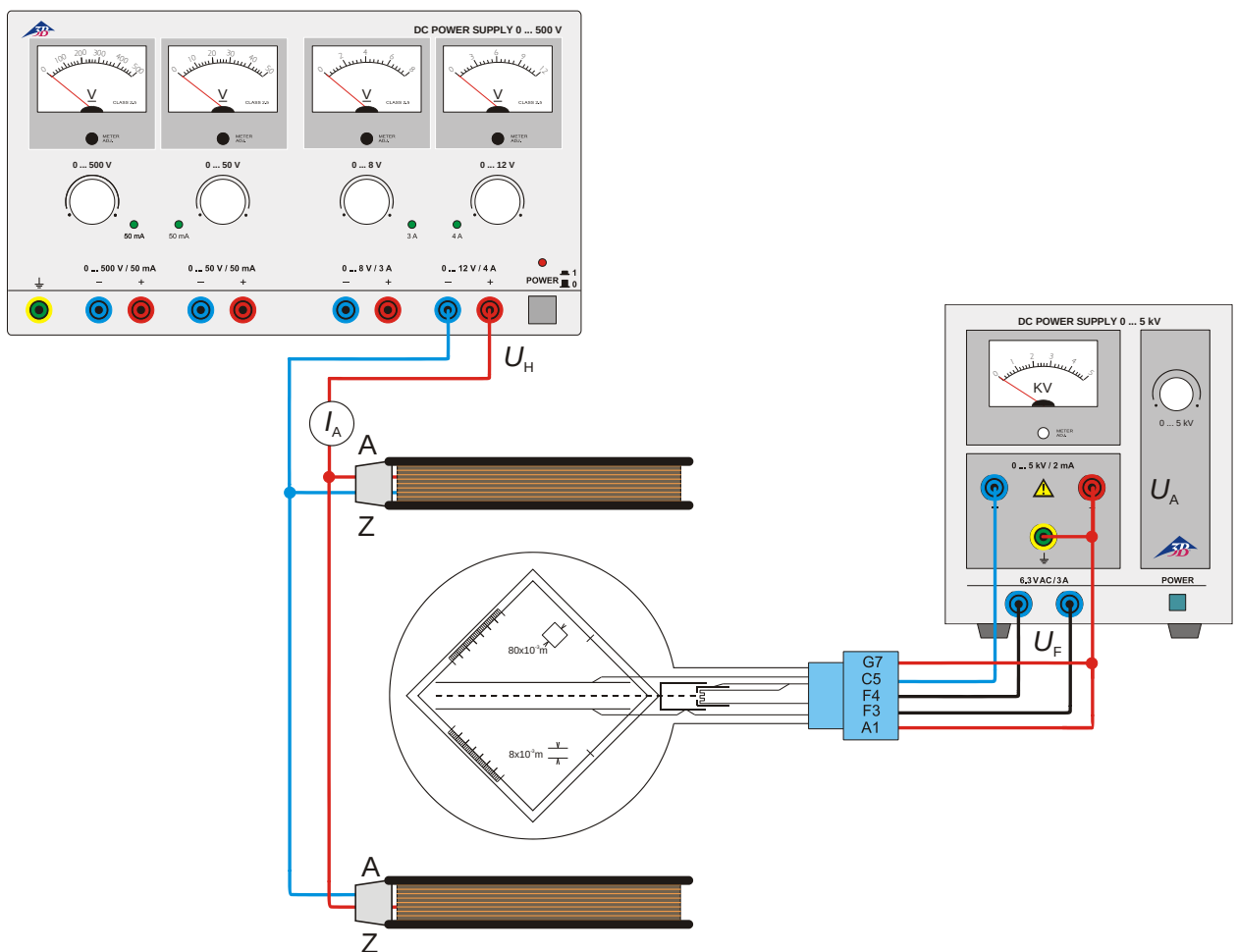


Fig. 2 Déviation magnétique

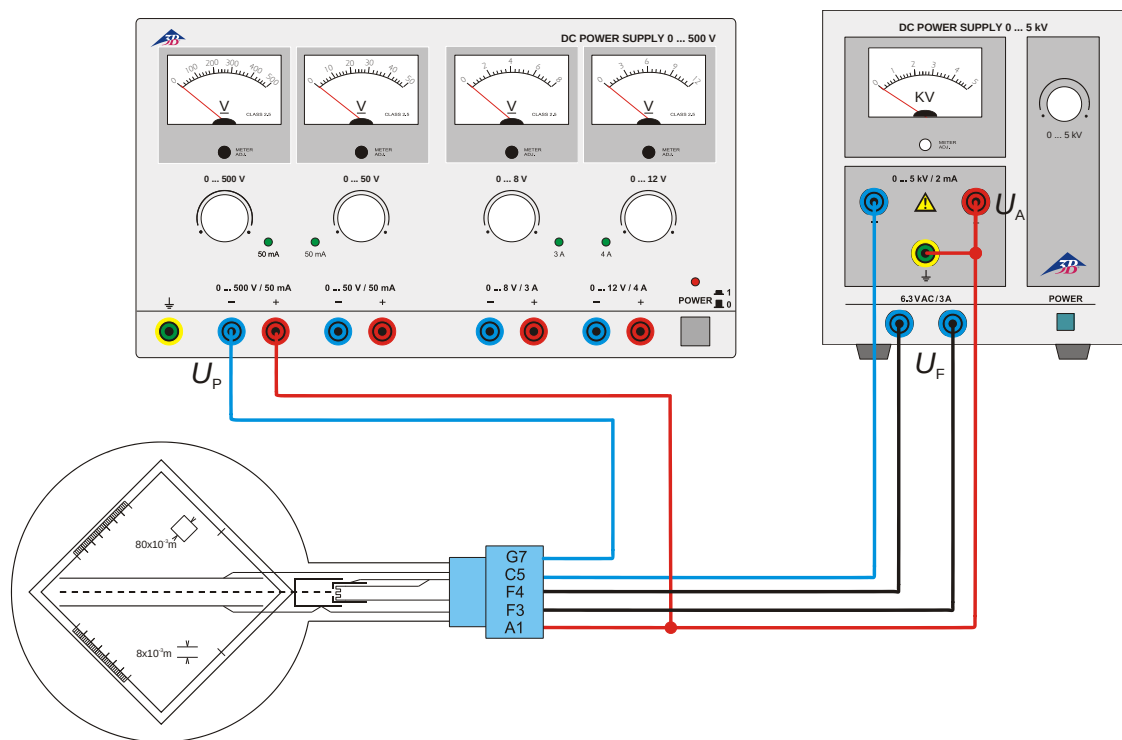


Fig. 3 Déviation électrique

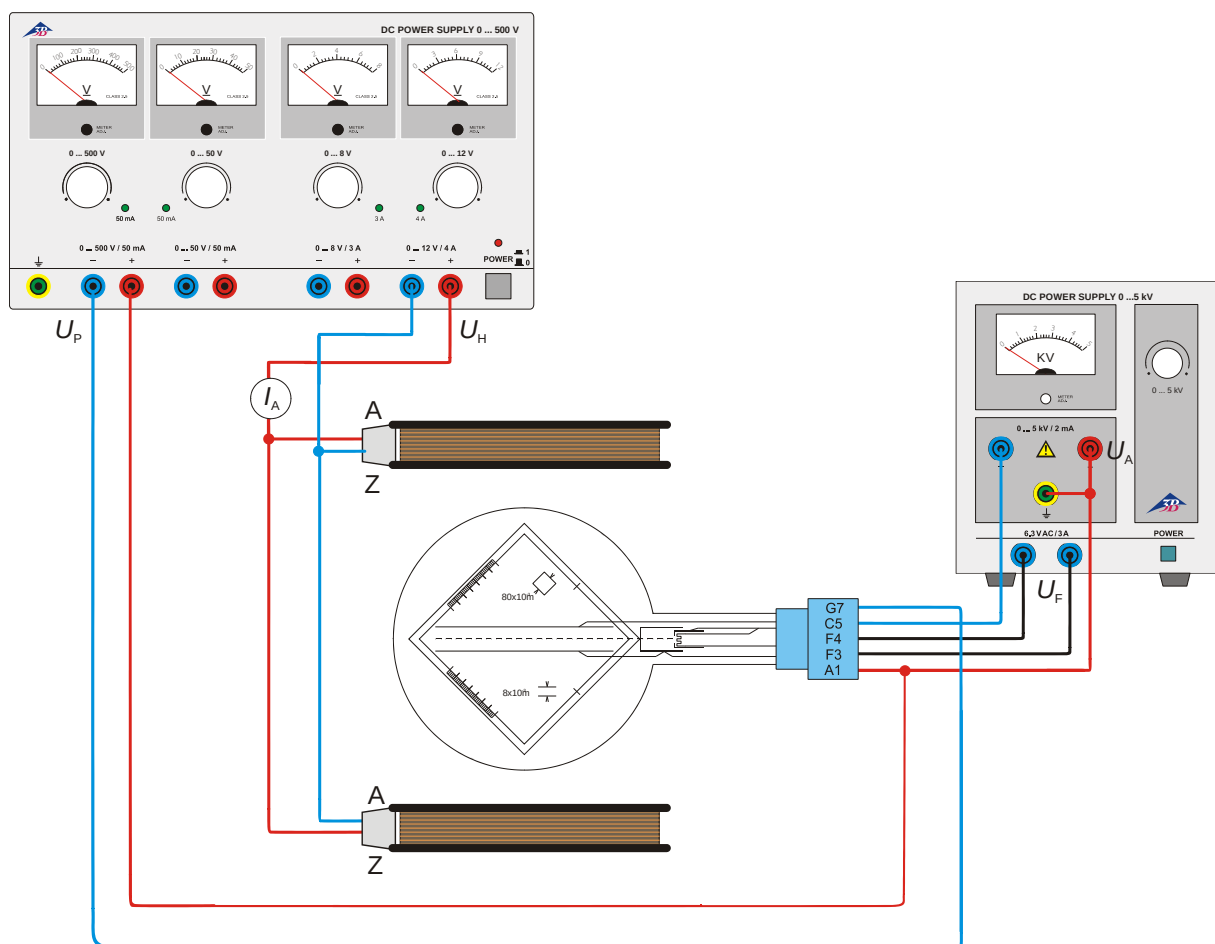


Fig. 4 Détermination de e/m par la compensation du champ