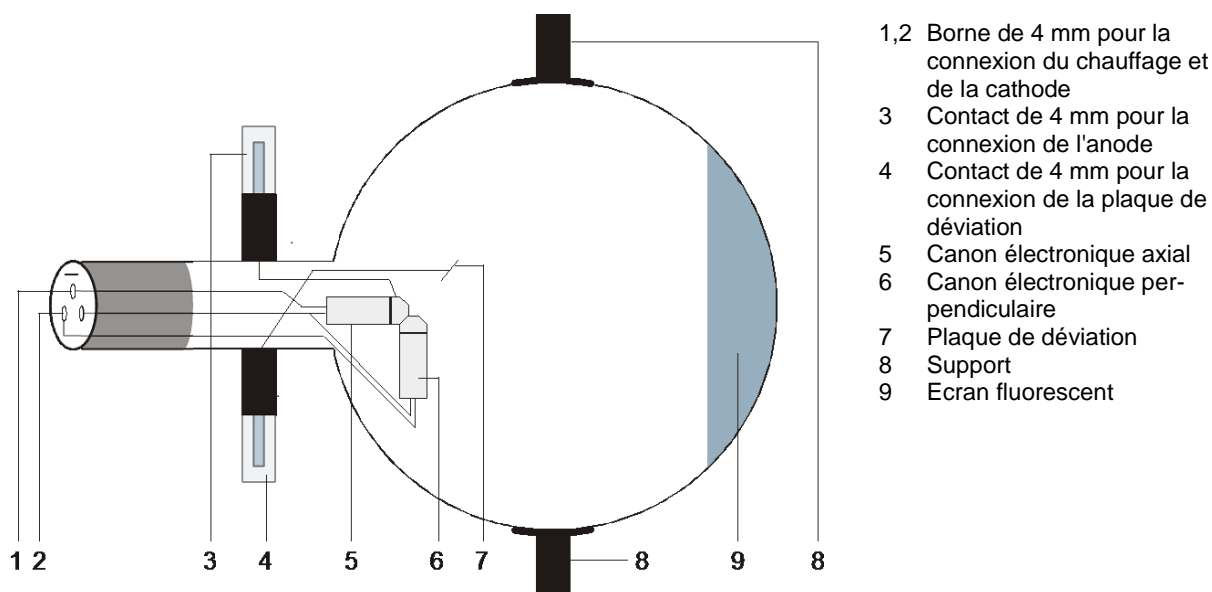


## Tube à double faisceau D 1000654

### Manuel d'utilisation

12/16 ALF



- 1,2 Borne de 4 mm pour la connexion du chauffage et de la cathode
- 3 Contact de 4 mm pour la connexion de l'anode
- 4 Contact de 4 mm pour la connexion de la plaque de déviation
- 5 Canon électronique axial
- 6 Canon électronique perpendiculaire
- 7 Plaque de déviation
- 8 Support
- 9 Ecran fluorescent

### 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 D (1008507).

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.

- 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 à double faisceau permet de déterminer la charge spécifique  $e/m$  à partir du diamètre de trajectoire du rayon électronique dans le cas d'une émission tangentielle et d'un champ magnétique perpendiculaire ainsi que d'observer les trajectoires spiralées des électrons dans le cas d'une émission axiale et d'un champ magnétique coaxial.

Le tube à double faisceau est un corps en verre sous vide partiel rempli de néon, avec un canon

électronique tangentiel et un canon électronique axial, dont les cathodes à oxyde sont chauffées indirectement. Orientés perpendiculairement l'un par rapport à l'autre, les rayons électroniques permettent une plaque de déviation commune pour les deux canons. Les atomes de néon étant excités par chocs, les trajectoires des électrons sont visibles sous la forme d'un mince rayon lumineux orange.

### 3. Caractéristiques techniques

Tension de chauffage :	max. 7,5 V CA/CC
Courant anodique :	max. 30 mA
Tension anodique :	valeur maximale de sorte que le courant anodique $\leq 30$ mA (typ. de 120 à 300 V CC)
Tension de déviation :	max. 50 V CC
Ampoule :	$\varnothing$ env. 130 mm
Longueur totale :	env. 260 mm
Remplissage de gaz :	néon

### 4. Commande

Pour réaliser les expériences avec le tube à double faisceau, on a besoin des dispositifs supplémentaires suivants :

1 Support pour tube D	1008507
1 Alimentation CC 500 V (@230 V)	1003308
ou	
1 Alimentation CC 500 V (@115 V)	1003307
1 Paire de bobines de Helmholtz D	1000644
2 Multimètre analogique AM50	1003073

#### 4.1 Emploi du tube dans le porte-tube

- Ne montez et ne démontez le tube que lorsque les dispositifs d'alimentation sont éteints.
- Repoussez complètement en arrière la coulisse de fixation du porte-tube.
- Insérez le tube entre les pinces.
- Avec le coulisseau, fixez le tube entre les pinces.

#### 4.2 Retrait du tube du porte-tube

- Pour démonter le tube, ramenez le coulisseau en arrière et dégagez le tube.

#### 4.3 Remarques

1. Limitation du courant anodique : pour éviter un bombardement trop important avec des ions

positifs sur les produits chimiques de la cathode qui émettent des électrons, le courant anodique devrait toujours être limité à 30 mA. Des courants plus élevés sont admissibles à court terme, mais, à long terme, ils réduisent la longévité normale du tube.

2. Stabilité thermique de la cathode : pour les mêmes raisons, évitez le bombardement d'une cathode froide qui est en train de chauffer.

3. Focalisation du rayon : de petites tensions  $U_F$  sur la plaque de déviation permettent de focaliser le rayon. Des tensions supérieures à 6 V atténuent les résultats.

### 5. Exemple d'expérience

#### 5.1 Évaluation de $e/m$

Un électron de masse  $m$  et de charge  $e$ , qui se déplace à vitesse  $v$  perpendiculairement à un champ magnétique  $B$ , subit la force  $F$ , qui agit perpendiculairement sur  $B$  et à  $v$  :

$$F = evB$$

Elle force l'électron de suivre une trajectoire circulaire de rayon  $R$  dans un plan perpendiculaire à  $B$ . La force centripète résulte de l'équation suivante :

$$F = \frac{mv^2}{R} = evB.$$

Pour l'énergie d'un électron dans le tube à double faisceau :

$$eU_A = \frac{1}{2}mv^2$$

La résolution de  $v$  permet d'obtenir l'équation suivante :

$$\frac{e}{m} = \frac{2U_A}{B^2R^2}$$

L'expression  $e/m$  représente la charge spécifique d'un électron et présente la valeur fixe  $(1,75888 \pm 0,0004) \times 10^{11}$  C/kg.

##### 5.1.1 Détermination de $B$

Les bobines présentent un diamètre de 138 mm et, dans l'agencement d'après Helmholtz, une densité de flux  $B$  de

$$B = \mu_0 H = (4,17 \times 10^{-3}) I_H \text{ T/A}$$

- Procédez au câblage du tube comme le montre la figure 4.
- Assombrissez la pièce.
- Réglez la tension de chauffage  $U_F$  à 6,5 V et attendez quelques minutes, jusqu'à ce que la température du chauffage se soit stabilisée (voir les remarques au point 4.3).

- Réglez la tension anodique  $U_A$  à 90 V et attendez, jusqu'à ce que le courant anodique est stabilisé (tension de plaque  $U_P = 0$  V).
- Réglez le courant des bobines  $I_H$  de manière à ce que le rayon dévié traverse le point A au bord de l'écran luminescent. En même temps, focalisez le rayon avec une tension de plaque  $U_P$  de 6 V maximum.
- Augmentez  $U_A$  et réglez  $I_H$  de manière à ce que le rayon dévié traverse toujours le point A. Augmentez la tension anodique seulement au point que le courant anodique ne dépasse pas 30 mA.
- Notez les valeurs dans un tableau.

$U_A$ (Volt)	$I_H$ (Ampere)
90	
100	
110	
120	

### 5.1.2 Détermination de R

Le rayon électronique sort du canon électronique au point C sur l'axe longitudinal du tube qui forme une tangente par rapport à chaque déviation circulaire du rayon. Le centre de la trajectoire circulaire est le point B. Il se situe sur le plan DCD' à environ 2 mm du plan EE' (voir la figure 1).

$$AB^2 = BC^2 + AC^2 - 2BC \cdot DC$$

$$R = BC = AB = \frac{AC^2}{2DC} = \frac{x^2 + y^2}{2y}$$

$$R^2 = \left[ \frac{x^2 + y^2}{2y} \right]^2$$

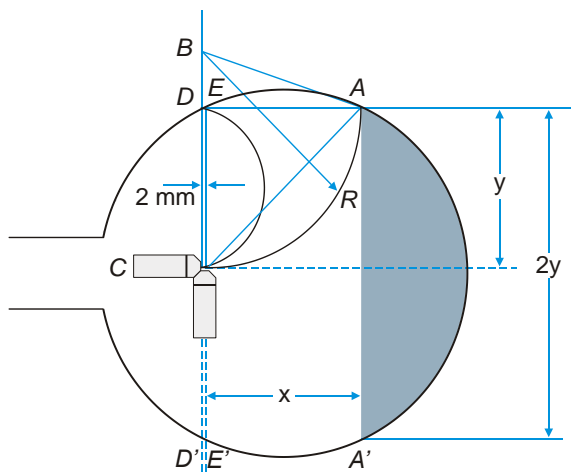


Fig. 1 Détermination de R

### 5.2 Déviation circulaire et détermination de $e/m$

- Procédez au câblage du tube comme le montre la figure 5.
- Réglez la tension anodique  $U_A$  à 100 V et attendez, jusqu'à ce que le courant anodique est stabilisé (tension de plaque  $U_P = 0$  V).
- Réglez le courant des bobines  $I_H$  de manière à ce que le rayon dévié suive une trajectoire circulaire et que le plan AA' en soit la tangente.

Il est judicieux d'observer le rayon par le haut, car il apparaît alors comme une ligne droite, et de le focaliser avec une tension de plaque de 6 V maximum.

Remarque : la non linéarité axiale du rayon a pour effet de décaler celui-ci du plan du canon électronique. Pour obtenir des résultats plus précis, tournez le tube avec la fourche de maintien de manière à ce que le cercle se situe sur le plan du canon électronique. Parallèlement, adaptez  $I_H$  pour que le plan AA' forme une bonne tangente avec la trajectoire circulaire. Un léger décalage angulaire par rapport à l'axe du tube est admissible. Au lieu de suivre une trajectoire circulaire, le rayon forme également une légère spirale.

- Augmentez  $U_A$  et réglez  $I_H$  de manière à ce que le plan AA' forme toujours une tangente avec le rayon dévié. Augmentez la tension anodique seulement au point que le courant anodique ne dépasse pas 30 mA. Notez les valeurs dans un tableau et représentez-les sous forme graphique.
- Déterminez  $R = AE/2$  et  $R^2 = AE^2/4$  comme dans l'expérience 5.1.

En insérant les valeurs dans l'équation

$$\frac{e}{m} = \frac{U_A}{I_H^2 R^2} \cdot 1,15 \cdot 10^5$$

on obtient une valeur approximative pour  $e/m$ .

### 5.3 Effet d'un champ magnétique axial

- Placez le tube dans un angle de  $90^\circ$  par rapport à sa position normale dans le support (voir la figure 2).
- Placez une bobine dans le porte-tube de sorte qu'elle entoure l'écran luminescent.
- Procédez au câblage du tube comme le montre la figure 6.
- Réglez la tension anodique  $U_A$  à 60 V maximum et attendez, jusqu'à ce que le courant anodique est stabilisé (tension de plaque  $U_P = 0$  V).
- Augmentez lentement le courant de bobine  $I_H$ .

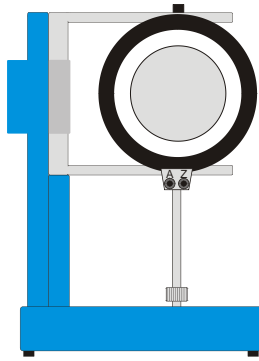


Fig. 2 Montage de la bobine

Avec un seul vecteur axial de la vitesse  $v_a$ , la non linéarité axiale du rayon est corrigée et se coupe avec l'axe véritable du champ.

- Marquez la position du rayon avec un feutre.
- Réglez  $I_H$  à 1,5 A, augmentez lentement  $U_P$  de sorte qu'un deuxième vecteur de vitesse  $v_p$  agisse sur le rayon.
- Observez le rayon électronique à travers la bobine.

La marche du rayon est transformée en hélice. Le rayon ne passe pas sur l'axe du champ, mais y retourne après chaque boucle.

- Inversez le champ  $B$  en inversant la polarité de la bobine de Helmholtz et observez le rayon.
- Modifiez la tension anodique et observez-en l'effet sur l'hélice, puis revenez à 60 V. Augmentez la tension anodique seulement au point que le courant anodique ne dépasse pas 30 mA.

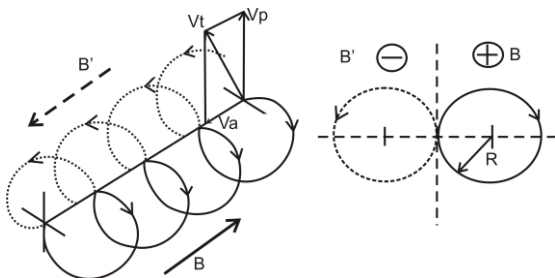


Fig. 3 Hélice du rayon dévié

## 6. Remarques

1. Le rayon circulaire de l'expérience 5.2 est rendu visible par l'émission des photons. Cette énergie est perdue et n'est pas remplacée. Aussi le rayon tend-il à suivre une trajectoire spirale, et non circulaire. Avec un rayon fixe  $R$  et une véritable trajectoire circulaire,  $U_A/I_H^2$  est supérieur à la valeur mesurée et, lorsqu'il s'agit de déterminer  $e/m$ , l'erreur est toujours du côté négatif. On obtient cependant des résultats dont la précision est inférieure à 20%.

2. Dans le cas des expériences avec des rayons déviés en forme semi-circulaire, tel dans l'expérience 5.1, on obtient des résultats supérieurs aux valeurs empiriques. Les points A et E, vers lesquels est dévié le rayon, se situent hors de la zone homogène des bobines de Helmholtz. Là, la densité du flux diminue. Avec un rayon déterminé  $R$  et un champ homogène,  $U_A/I_H^2$  est inférieur à la valeur mesurée et, lorsqu'il s'agit de déterminer  $e/m$ , l'erreur est toujours du côté positif. On obtient cependant des résultats précis à 20%.

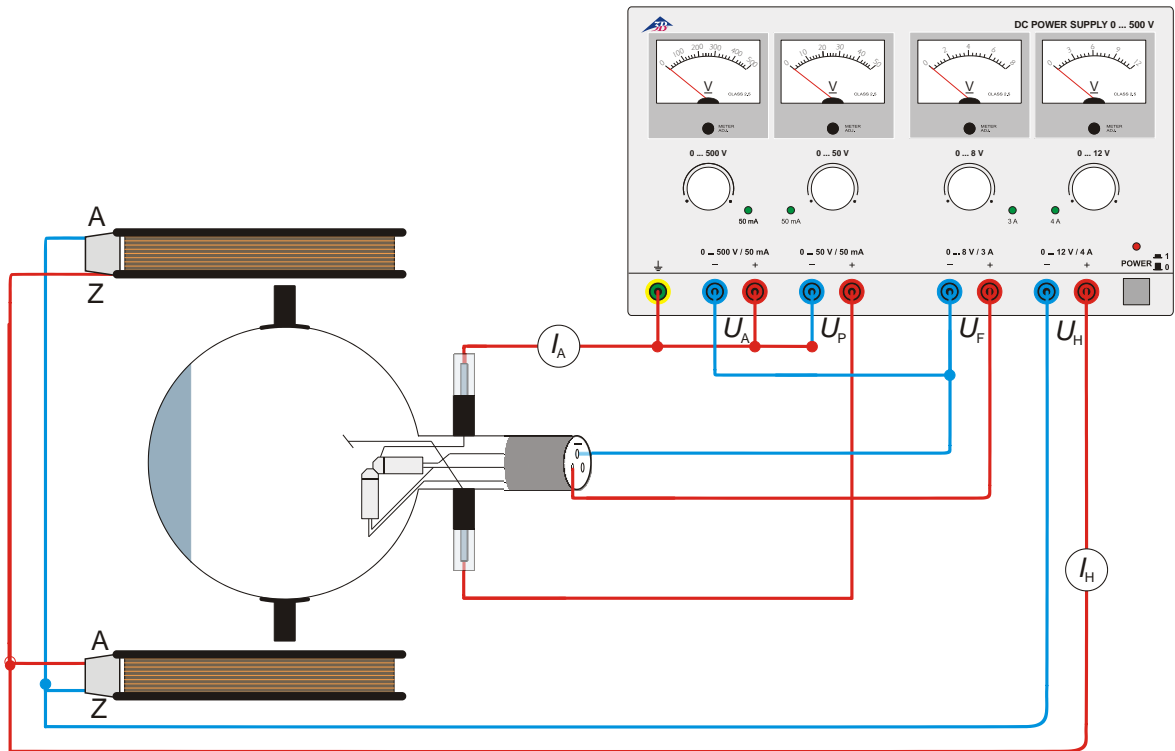


Fig. 4 Détermination de  $e/m$  avec le canon électronique axial

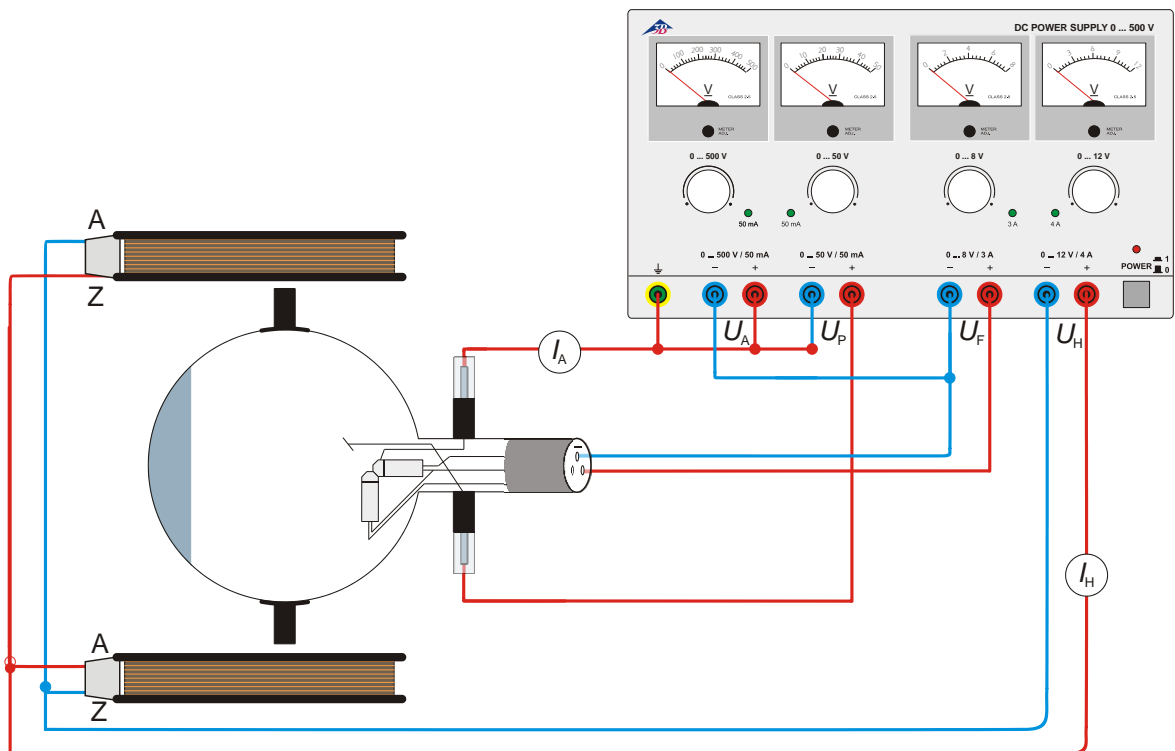


Fig. 5 Détermination de  $e/m$  avec le canon électronique perpendiculaire

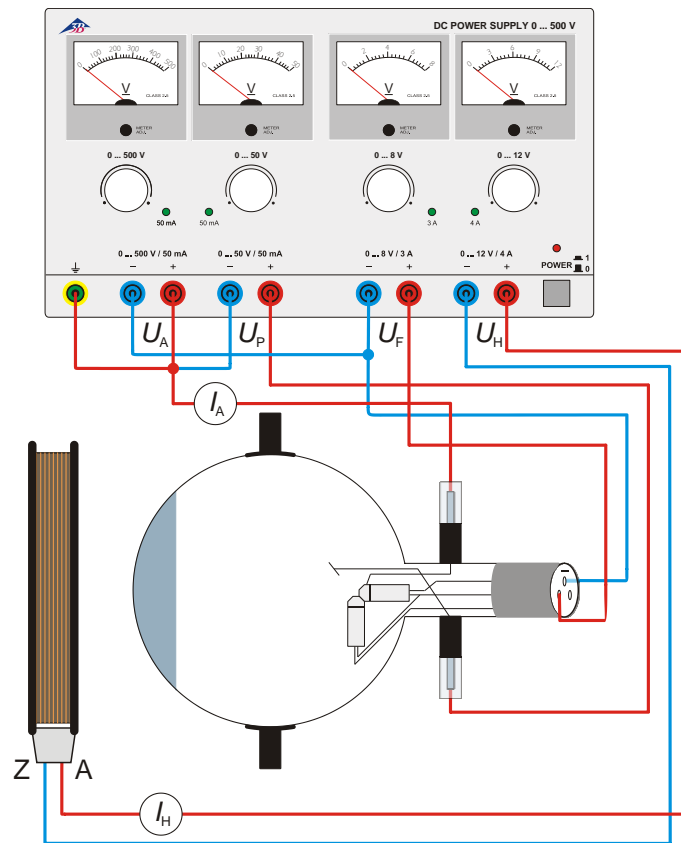


Fig. 6 Effet d'un champ magnétique axial