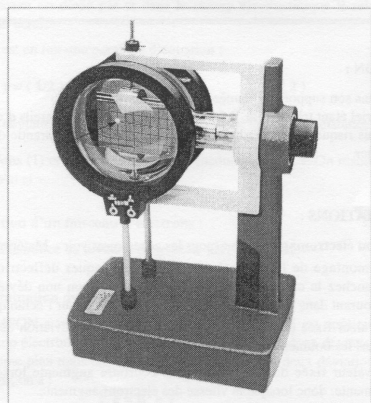


TUBE POUR LA DEVIATION D'UN FAISCEAU D'ELECTRONS



Le tube pour la déviation d'un faisceau électronique permet des recherches concernant le comportement de rayons cathodiques dans des champs électrique et magnétique. Les expériences avec déviation électrostatique ou magnétique des électrons donnent des valeurs qui correspondent à l'ordre de grandeur de la charge spécifique de l'électron $\frac{e}{m}$ et de la vitesse des électrons v .

La déviation électrostatique se fait à l'aide de deux plaques de condensateur incorporées dans le tube. A la déviation magnétique sert le champ magnétique (presque) homogène de la paire de bobines de Helmholtz (555 06).

1 Mesures de précaution

- Couvrir les fiches (a_2) et (b_1) — cf. fig. 1 — par des douilles de raccordement afin qu'elles soient protégées contre les contacts accidentels.
- Ne pas élever la tension de chauffage au-dessus de 6,5 V (risque d'endommager la spirale chauffante).
- Ne pas bouger le tube quand le filament est incandescent.
- Eviter de fortes charges mécaniques des chapes en matière plastique collées à la paroi du tube, par pression, traction ou choc.
- Ne connecter aux fiches du tube qu'un câble; en effet, plusieurs fiches superposées provoqueraient une charge mécanique inadmissible.

2 Caractéristiques techniques

Cathode en tungstène chauffée directement;
 tension de chauffage U_F 6 V=
 courant de chauffage I_F env. 1,35 A
 tension anodique U_A 1 à 5 kV=
 diamètre de l'ampoule de verre env. 13 cm
 longueur totale du tube env. 30 cm
 distance entre les plaques de condensateur env. 5,4 cm

3 Fonctionnement

3.1 Appareils nécessaires

<i>Tension de chauffage:</i> 6 V; 1,5 A, par ex.	No. de cat.
prélevée du transformateur 6 V, 12 V	562 73
ou	
d'une source de haute tension possédant une rigidité diélectrique assez grande, par ex. transformateur d'expériences composé de	
bobine de 500 spires pour tension secteur de	
220 V	562 21
ou bobine de 250 spires pour tension secteur de	
110 V	562 13
bobine de 50 spires	562 18
noyau en U avec joug et dispositif de fixation ..	562 11/12

Remarque:

Lors de l'expérience 3.1.2 une source de tension de chauffage d'une rigidité diélectrique assez grande pour la haute tension est nécessaire. (Potentiel cathodique de 1 à 5 kV par rapport à la terre.)

<i>Tension anodique:</i>	No. de cat.
1 à 5 kV=, 2 mA; filtrée, ajustable sans papier, par ex. prélevée de la boîte d'alimentation haute tension, 10 kV	522 37
<i>Tension pour les plaques de condensateur:</i>	
1 à 5 kV=; filtrée, ajustable, par ex. prélevée de la boîte d'alimentation haute tension	522 37
<i>Tension pour la paire de bobines de Helmholtz:</i>	555 06
0 à 10 V c.c., 1 A; filtrée, ajustable sans palier par ex. prélevée de la	
boîte d'alimentation stabilisée, 0 à \pm 15 V, 1,2 A.	522 30

3.2 Exemples d'expérience

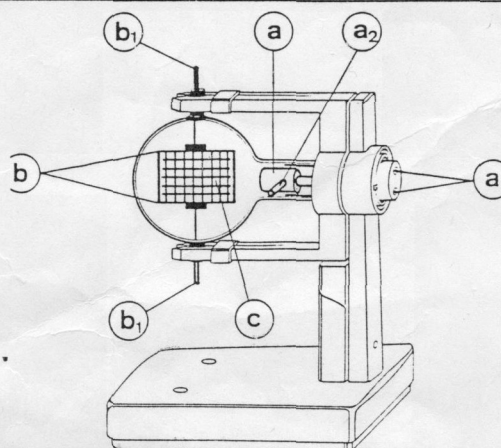
3.2.1 Déviation électrostatique

Un électron passant le champ électrique (homogène) d'un condensateur à plaques (tension du condensateur U_p , distance des plaques d) avec la vitesse v se meut sur une trajectoire parabolique (cf. fig. 2)

Fig. 1 Tube pour la déviation d'un faisceau électronique (555 12) monté sur le support pour expériences (555 05)

Eléments de fonctionnement (fig. 1):

- (a) canon à électrons composé d'une cathode incandescente en tungstène chauffée directement
- (a_1) paire de douilles connectées à la cathode incandescente
- (a_2) fiche connectée à l'anode
- (b) plaques de condensateur pour la déviation électrostatique
- (b_1) fiches connectées aux plaques de condensateur
- (c) écran fluorescent avec quadrillage centimétrique



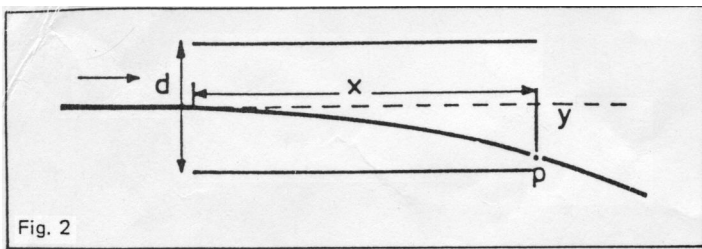


Fig. 2

$$y = \frac{1}{2} \frac{e}{m} \frac{E}{v^2} x^2 \text{ avec } E = \frac{U_p}{d} \quad (I)$$

Etant donné que

$$v^2 = 2 \frac{e}{m} U_A \quad (U_A = \text{tension anodique})$$

il résulte

$$v = \frac{x^2 U_p}{4d U_A} \quad (II)$$

A l'aide d'un montage expérimental suivant la fig. 3 on peut

1. confirmer (approximativement) la relation (II). Pour ce faire on représente graphiquement des couples de valeurs x et y allant ensemble avec x^2 comme abscisse et y comme ordonnée et confirme la proportionnalité (II).
2. déterminer v de (I) lorsque x et y sont déterminés expérimentalement et $\frac{e}{m}$ est supposé connu.

3.2.2 Déviation électro-magnétique; exemple de mesure pour la détermination de $\frac{e}{m}$ et de v

Un électron de la masse m et de la charge e se mouvant perpendiculairement à un champ magnétique $\mu_0 H$ subit une force centripète $\mu_0 H e v$ le forçant dans une trajectoire circulaire. Cette force centripète est équilibrée par la force centrifuge $\frac{mv^2}{r}$:

$$\mu_0 H e v = \frac{mv^2}{r} \quad (I)$$

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

Pour la vitesse v des électrons déterminée par la tension anodique U_A vaut:

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

Pour la charge massique $\frac{e}{m}$ de l'électron il s'ensuit de (I) et (II)

$$\frac{e}{m} = \frac{2 U_A}{\mu_0^2 H^2 r^2} \quad (III)$$

U_A peut être mesuré directement (voltmètre statique), r et H sont déterminés de la façon suivante des dates trouvées par l'expérience et des dimensions géométriques du tube ou de la paire de bobines de Helmholtz:

Détermination de r (voir la fig. 4)

Le rayon de courbure r du faisceau électronique visible sur l'écran fluorescent résulte de la relation qui peut être prise de la figure 4

$$r^2 = x^2 + (r - y)^2.$$

Il s'ensuit

$$y = \frac{x^2 + y^2}{2r} \quad (IIIa)$$

pour une détermination de calcul de r . On représente graphiquement des couples de valeurs x et y (voir fig. 4) avec $x^2 + y^2$ comme abscisse et y comme ordonnée et détermine la constante de proportionnalité $\frac{1}{2r}$ de la droite s'approchant des points.

Détermination de H

De la loi de Biot-Savart il s'ensuit pour le champ H du champ magnétique (presque) homogène de la paire de bobines de Helmholtz

$$H = \frac{n R^2 I}{(R^2 + a^2)^{3/2}} \quad (IIIb)$$

n = nombre de spires par bobine;

R = rayon de la bobine;

a = demi distance des bobines moyenne;

I = courant par bobine.

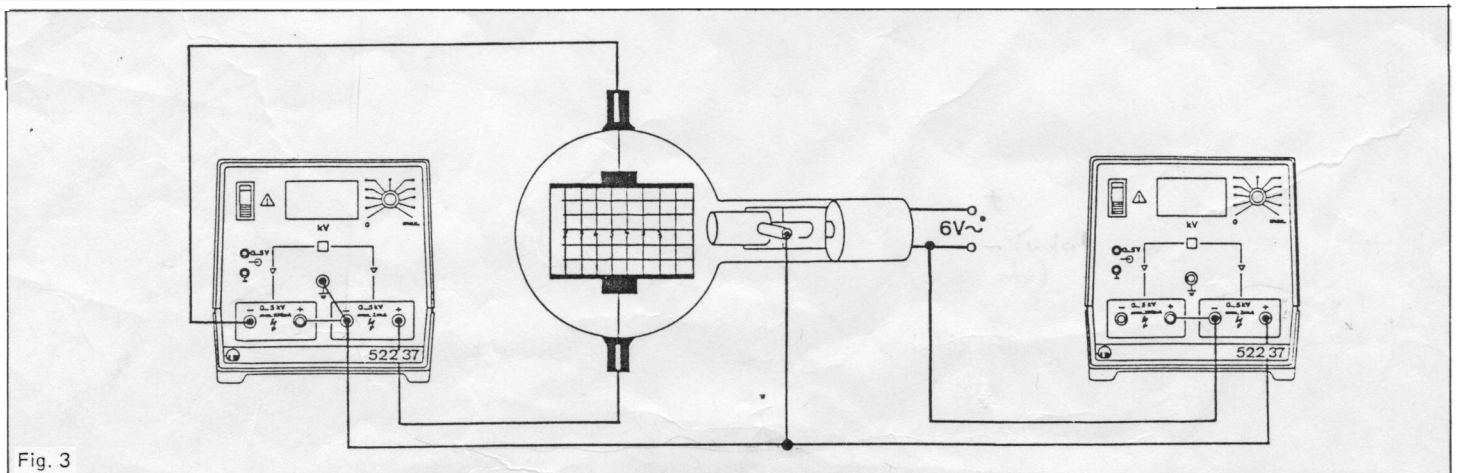


Fig. 3

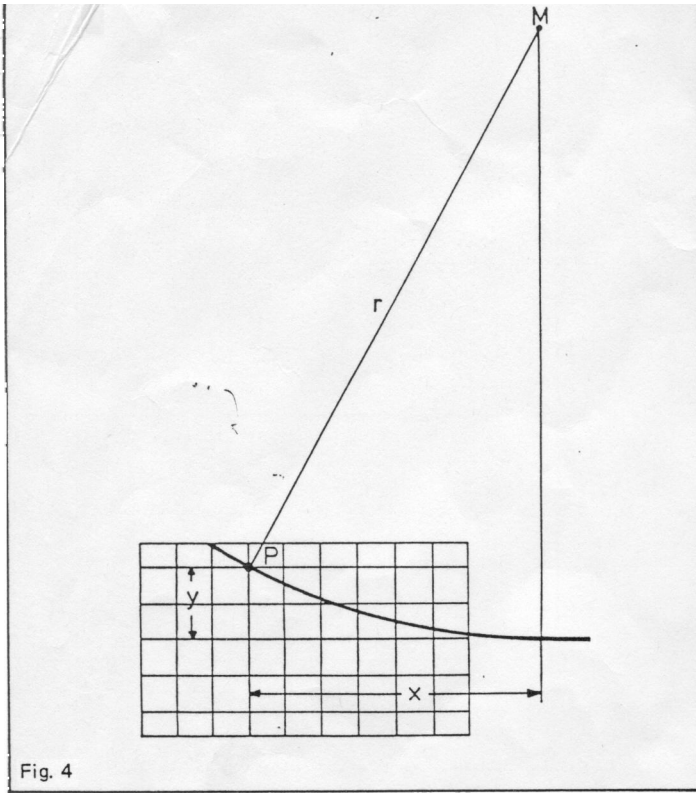


Fig. 4

Pour la paire de bobines de Helmholtz disponibles ici, il s'ensuit avec
 $n = 320$ (indiqué),
 $R = 6,8 \text{ cm}$ (mesuré) et
 $a = 3,4 \text{ cm}$ (mesuré)
 $H = 33,8 \cdot 10^2 \text{ m}^{-1} \cdot I$

$$\frac{e}{m} = \frac{2 U_A}{\mu_0^2 H^2 r^2}$$

tension anodique $U_A = 4000 \text{ V}$

courant de bobine $I = 0,31 \text{ A}$

champ magnétique

$$H = 33,8 \cdot 10^2 \cdot 0,31 \text{ Am}^{-1} = 10,5 \cdot 10^2 \text{ Am}^{-1}$$

Détermination graphique de r suivant (IIIa) de plusieurs paires de valeur x, y (voir Fig. 6)

$$y = \frac{1}{2r} [x^2 + y^2]$$

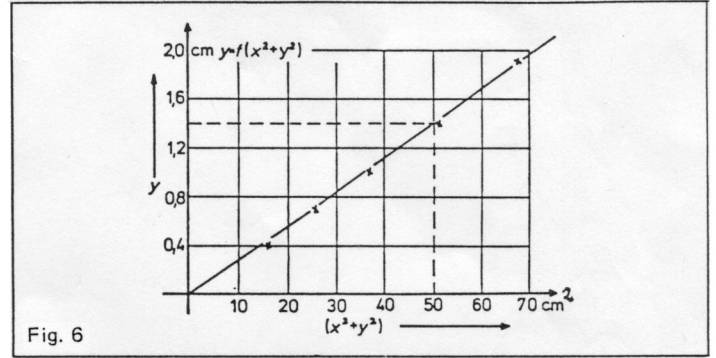


Fig. 6

x	cm	4	5	6	7	8
y	cm	0,4	0,7	1,0	1,4	1,8
$x^2 + y^2$	cm ²	16,2	25,5	37,0	51,0	67,2
$\tan \alpha = \frac{1}{2r}$	$\frac{1}{\text{cm}}$	0,028 (prélevé du diagramme 6)				
r	cm	17,9				

Pour $\frac{e}{m}$ il s'ensuit avec

$$U_A = 4000 \text{ V},$$

$$H = 10,5 \cdot 10^2 \text{ Am}^{-1},$$

$$r = 0,179 \text{ m},$$

$$\mu_0 = 1,25 \cdot 10^{-6} \text{ Vs A}^{-1} \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot 4000}{(1,25 \cdot 10^{-6} \cdot 10,5 \cdot 10^2 \cdot 0,179)^2} \text{ As kg}^{-1}$$

$$= 1,45 \cdot 10^{11} \text{ As kg}^{-1}$$

Faire le montage selon la Fig. 5;

connecter les bobines en série de manière qu'elles soient traversées par le courant dans la même direction.

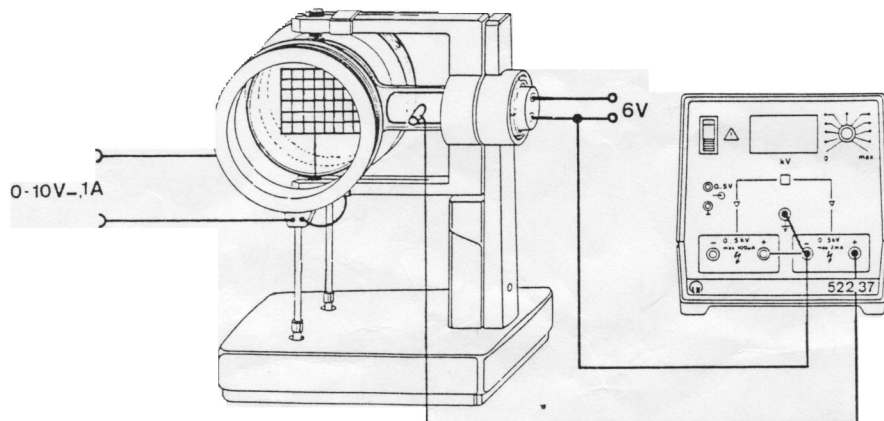


Fig. 5

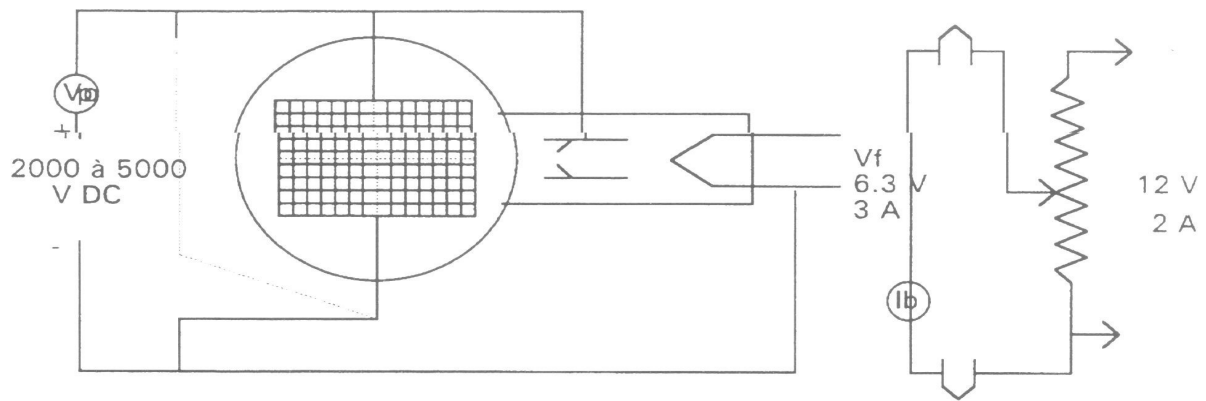


Figure 1

3.6. Miroir à électrons :

Réalisez le montage de la figure 1 et augmentez le courant dans les bobines bien au-delà de l'équilibre (1 à 2 A). On constate alors que le faisceau prend la forme de la figure 2.

Après avoir parcouru une distance maximum S_m , les électrons s'opposent au champ électrique, du fait de l'importance du champ magnétique élevé. Ils rencontrent la plaque déflectrice où leur vitesse devient nulle. Les électrons sont alors soumis au champ électrostatique seul, et repartent donc dans la direction opposée où ils sont de nouveau soumis à l'influence du champ magnétique.

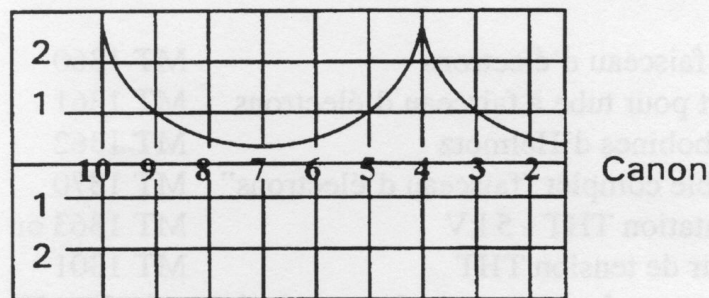


Figure 2

On montre que la courbe obtenue est une cycloïde et que :

$$S_m = (2E m) / (e B^2) \quad \text{ou} \quad e/m = (2E) / (B^2 S_m)$$

Pratiquement, branchez les plaques déflectrices à l'anode et à la cathode. Réglez I_B de façon à obtenir la cycloïde de la figure 2.

On a $E = V_a / d$. On peut mesurer S_m et calculer e/m .

Résultats :

pour $V_a = 3200 \text{ V}$, $I_B = 1.4 \text{ A}$, $S_m = 0.023$ on a :
 $e/m = 1.52 \cdot 10^{11} \text{ Coulomb/kgm}$.

D'autres réglages de I_B et V_a peuvent produire des effets de spirale, illustrant les possibilités de contrôle que l'on peut exercer sur l'électron.

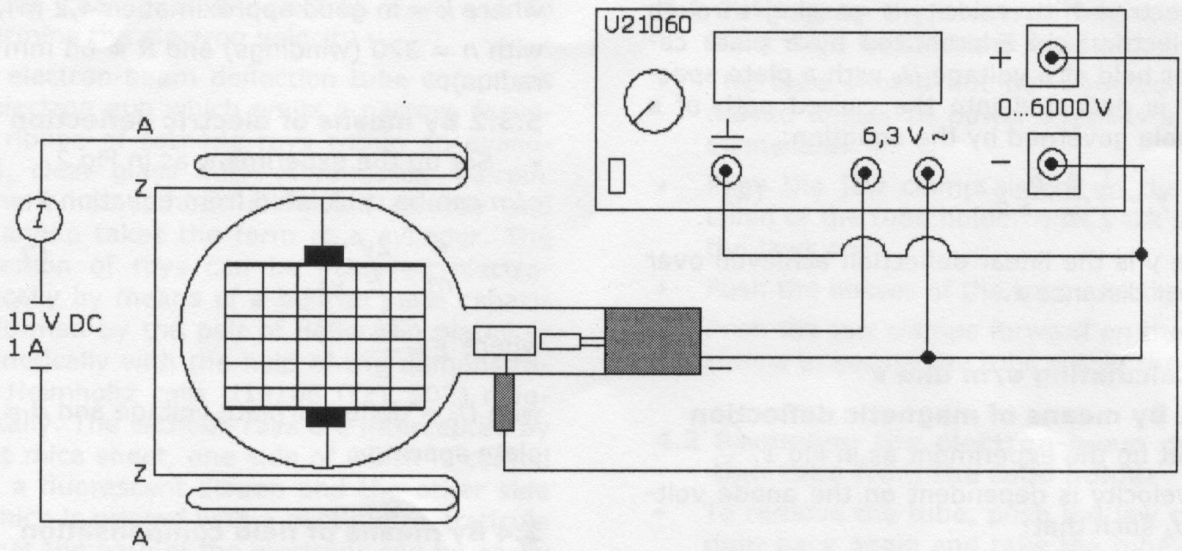


Fig. 1 Magnetic deflection

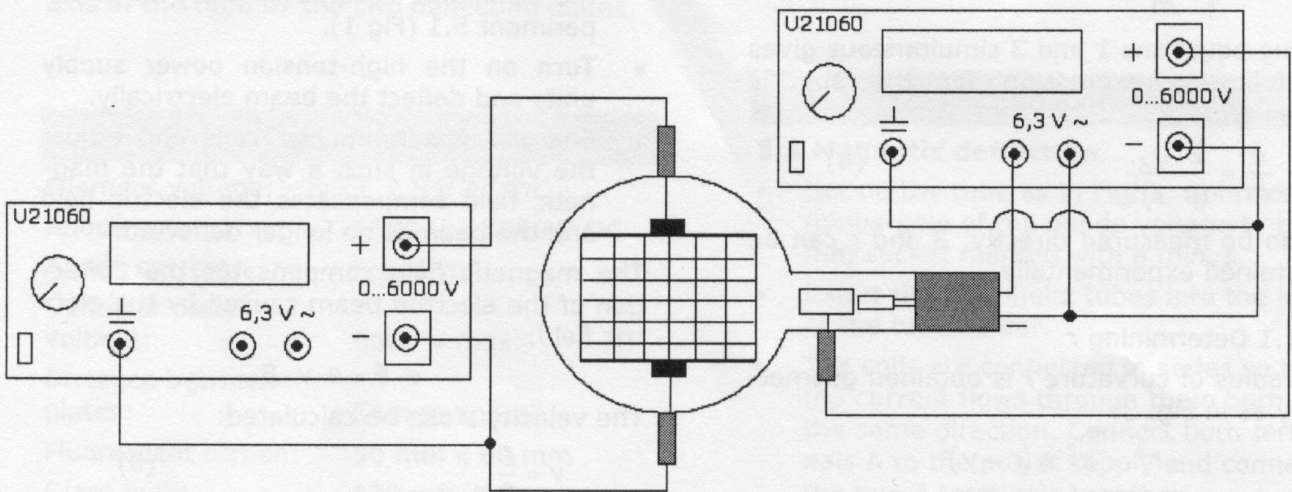


Fig. 2 Electric deflection