

FAISCEAUX ELECTRONIQUES

DEFLECTRON

Référence 232 005

PRINCIPE - DESCRIPTION

Le DEFLECTRON permet d'étudier le comportement des électrons dans un champ électromagnétique, et d'effectuer des mesures sur la déviation des électrons.

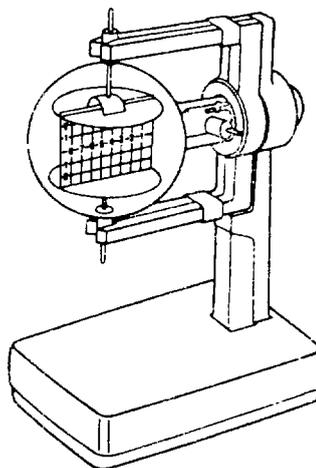
Il comprend :

- 1 statif avec :
 - * le socle en alliage coulé sous pression
 - * 1 bras vertical utilisé comme poignée pour le transport
 - . 1 fourche de fixation du tube, en plastique de grande résistance mécanique et électrique. Deux brides maintiennent efficacement les 2 axes du tube.

- 1 jeu de bobines de Helmholtz : Fixées sur une tige en acier inoxydable, terminées par un manchon en plastique, elles permettent une fixation rapide sur le statif. Pour enlever les bobines : soulever les bagues en plastique, dégager les tiges et bobines de leurs emplacement.

- 1 tube à électrons :
C'est un tube sphérique dans lequel a été fait le vide. A l'intérieur, on trouve :
 - * le canon à électrons avec le filament relié à des bornes ϕ 4 mm, et une anode percée d'une fente qui accélère et focalise les électrons en un pinceau rectangulaire. L'anode sort latéralement sur une fiche banane mâle ϕ 4 mm.
 - * un écran gradué recouvert de substance fluorescente est placé obliquement au faisceau d'électrons afin d'en matérialiser la trajectoire.
 - * deux plaques de déviations électriques sont reliées à l'extérieur du tube par 2 fiches mâles ϕ 4 mm.

Figure 1 :



0429

Pour enlever le tube : faire glisser les brides du bras en arrière, et pousser le tube vers l'avant en appuyant avec la paume de la main sur le culot du tube.

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES :

Le Tube :

- Alimentation filament : 6 Volts alternatif.
- Tension d'accélération : 2 à 5 000 V continu.
- Tension entre plaques de déviation : 0 à 5 000 V continu.
- I max. anode : 1 mA.
- Ecran fluorescent, long. 90 mm incliné 15°.
- Plaques défectrices long. 90 mm, distances 52 mm.
- Dimensions : ϕ 136 mm - L = 260 mm.

Le Socle :

- Embase en alliage coulé sous pression. Dim. : 240 x 180 x 50 mm. Masse : 3,2 kg.
- Un bras vertical utilisé comme poignée pour le transport du déflectron.
- Une fourche de fixation du tube, en plastique isolant.

Les Bobines de Helmholtz

- Chaque bobine possède 320 tours de fil de cuivre émaillé, ϕ moyen : 136 mm.
- Tige en acier inoxydable, terminée par un manchon plastique pour la fixation sur le socle.
- Branchement sur le côté, fiches femelles ϕ 4 mm.
- I max : 1 Ampère en régime permanent (1,5 A pendant 10 minutes).

ACCESSOIRES :

Pour manipuler avec le DEFLECTRON, les sources et appareils de mesure suivants sont nécessaires :

1/ Pour les bobines de Helmholtz :

Alimentation continue 6V à 12V - 1 A (on peut aller jusqu'à 18 Volts/1,5 A pendant quelques minutes).

2/ Pour le tube :

- Alimentation 6V/2A pour le filament (fourni également par l'alimentation 281 094).
- Alimentation 5 000 V (Réf. 281 094) pour l'accélération des électrons et la déviation entre plaques.

Pour certaines manipulations, il est intéressant de posséder 2 alimentations haute tension : l'une pour le canon à électrons, l'autre pour l'étude des déviations des plaques.

3/ Tube de rechange pour DEFLECTRON : Réf. 233 008.

MANIPULATIONS

I - DEVIATION ELECTROSTATIQUE

a) Calcul théorique

Pour un électron de masse m , de charge e , de vitesse v_0 , on applique la relation $F = m \gamma$. Il vient :

$$x = v_0 t$$

$$y = - \frac{1}{2} \frac{eEt^2}{m}$$

La trajectoire du faisceau est une parabole d'équation :

$$y = - \frac{1}{2} \frac{e}{m} \frac{E}{v_0^2} x^2$$

D'autre part, on peut écrire :

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = e v a$$

avec $E = k \frac{v a}{d}$

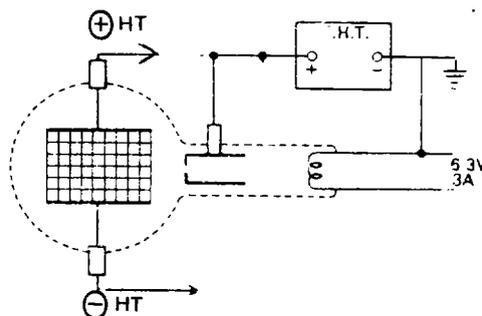
k étant un facteur dû à la géométrie des plaques de déflexion, qui présentent des effets de bord importants.

$$y = \frac{k}{4d} x^2$$

b) Expérience

Relier une plaque du condensateur à la cathode et l'autre à l'anode. Inverser le + et le - (figure 2). Observer les trajectoires.

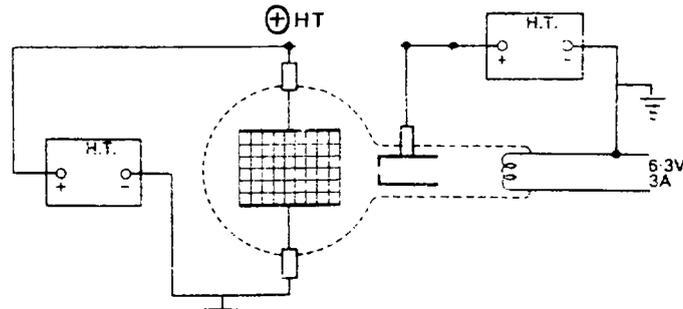
Figure 2 :



REMARQUES :

- Pour économiser le tube : ne pas laisser fonctionner en permanence ou diminuer la tension filament à ≈ 5 Volts.
- Occulter le tube si l'on est gêné par la lumière ambiante.
- Pour améliorer la précision des mesures : choisir les paramètres afin d'obtenir un faisceau passant par un noeud de l'écran quadrillé.
- Si on applique la même ddp entre les plaques et le canon, la déviation obtenue ne changera pas, car en même temps que l'on accélère les électrons, le champ électrique déviateur augmente.
- Si l'on possède 2 alimentations, on pourra faire varier les paramètres de façon indépendante (figure 3).

Figure 3



II - DEVIATION ELECTROMAGNETIQUE

a) Calcul théorique

* Champ créé par 2 bobines plates en position de Helmholtz

Figure 4

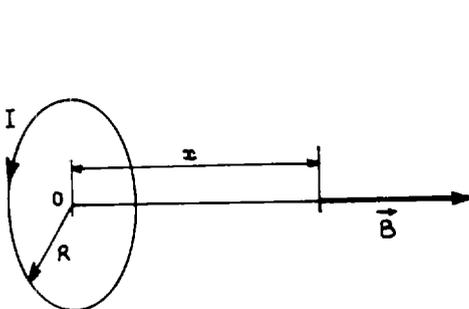
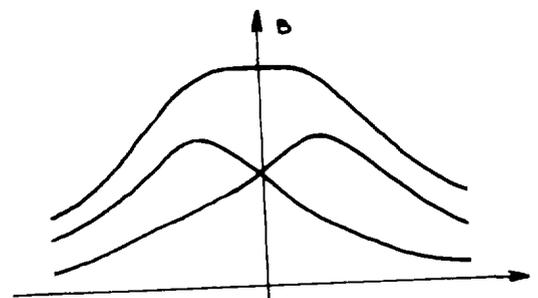


Figure 5



Peut s'écrire :

$$B = \frac{\mu_0 R^2 N I}{(R^2 + x^2)^{3/2}} \quad \text{avec } R = 68 \text{ mm} \\ N = 320$$

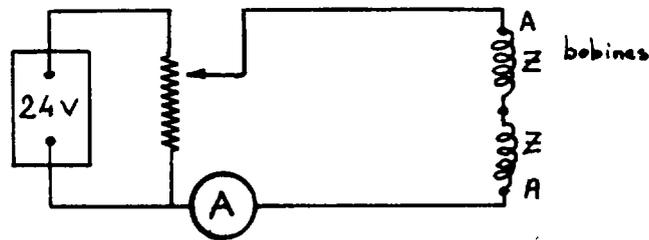
$$\Rightarrow B = K I$$

Alimenter les 2 bobines en série à l'aide d'une alimentation 0-12 Volts. Le courant permanent maximum dans les bobines est de 1 A, ce qui correspond à une tension de 12 V. Si on possède une alimentation >12V, on pourra fournir un courant de 1,5 A pendant $t \leq 10$ minutes.

Exemple de montage :

$$0,5 \leq I \leq 2 \text{ A}$$

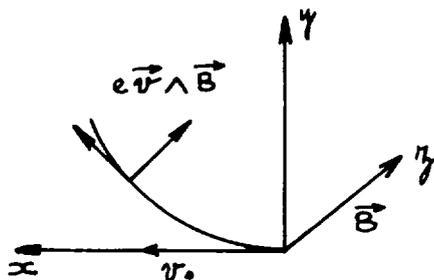
Figure 6



* Trajectoire d'un électron dans un champ B normal à sa vitesse

$$\frac{Bev}{m} = \frac{v^2}{R} \quad \begin{array}{l} R = \text{rayon de courbure de la trajectoire} \\ v = \text{vitesse de l'électron} \end{array}$$

Figure 7



La trajectoire de l'électron, dans le système (figure 7) peut s'écrire :

$$R = \frac{x^2 + y^2}{2y} \quad \text{équation d'un cercle}$$

b) Expérience :

Mettre le tube sous tension. Observer le faisceau.

- Adopter $V_{\text{anode}} = 4\,000\text{ V}$
- Prendre plusieurs valeurs pour I bobines. Changer le sens du courant.
- I bobines étant fixe, faire croître V_{anode} de $3\,000$ à $5\,000$ Volts. Mesurer R à chaque manipulation.

III - DETERMINATION DU RAPPORT e/m

Méthode de J.J. THOMSON :

- Appliquer simultanément un champ électrique E entre les plaques et une induction magnétique B à l'écran, de telle façon que les effets soient contraires et égaux. On a alors :

$$e E = e v \wedge B$$

$$d'où : v = \frac{E}{B}$$

Supprimer E (mettre les 2 plaques au potentiel de l'anode) et mesurer R correspondant à la trajectoire circulaire due à la déviation magnétique.

$$R = \frac{mv}{eb}$$

$$\frac{e}{m} = \frac{E}{B^2 R} = \frac{V_a}{d} * \frac{1}{K^2 I_b^2 R}$$

avec $d = 52 * 10^{-3}\text{ m}$: distance entre plaques.

Expérience et résultats :

Effectuer le montage du chapitre Déviation Electrostatique (Figure 2). Les valeurs ainsi trouvées pour e/m sont trop élevées. Ceci est dû aux effets de bord du condensateur de déviation : le champ E n'est pas uniforme.

Autre méthode :

Mesure du rayon R, trace du faisceau d'électrons dévié par un champ B (E=0)

Vitesse des électrons :

$$e Va = \frac{1}{2} mv^2$$

$$R = \frac{mv}{eB}$$

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

Expérience : mesurer le rayon R correspondant à B et V anode.

Remarque : On pourra, avec l'expérience de Millikan, déterminer la charge e de l'électron -. Avec le DEFLECTRON, on déterminera le rapport e/m. On peut donc déduire m.

IV - EXPERIENCE DU "MIROIR" ELECTRONIQUE

Lorsqu'il n'y a plus équilibre entre les actions de E sur l'électron, de l'équation :

$$F = e (E + v \wedge B) = m$$

on déduit la trajectoire :

$$x = 0$$

$$y = - \frac{eEt}{mw} + \left(\frac{eE}{m} + wv_{0x} \right) \frac{\sin wt}{w^2}$$

$$z = - \frac{1}{w^2} \left(\frac{eE}{m} + w v_0 \right) (1 - \cos wt)$$

$$\text{avec } w = \frac{eB}{m}$$

$$\text{Si } v_{0x} \text{ est négligeable devant } \frac{eE}{mw} = \frac{E}{B}$$

on trouve les équations paramétriques d'une cycloïde :

$$x = - \frac{eE}{m\omega^2} (\omega t - \sin \omega t)$$

$$y = - \frac{eE}{m\omega^2} (1 - \cos \omega t)$$

$$y \text{ maximum : } y_M = \frac{2 mE}{e B^2}$$

Interprétation :

(1) $v = 0 \Rightarrow e\mathbf{v} \wedge \mathbf{B} = 0$ Action de B nulle

$$F = - eE$$

L'électron a un mouvement uniformément accéléré.

(2) $v \neq 0 \Rightarrow F = e\mathbf{v} \wedge \mathbf{B}$ tend à courber la trajectoire.

(3) Si B est suffisant, l'électron n'attendra pas la plaque +. On a v maximum.

(4) E tend à freiner l'électron, $e\mathbf{v} \wedge \mathbf{B}$ diminue.

(5) $v \rightarrow 0$ et l'électron est repoussé par la plaque.

La trajectoire est une cycloïde, dont la déviation maximum est :

$$\left| y_M \right| = 2 \frac{me}{eB^2}$$

$$\Rightarrow \frac{e}{m} = \frac{2 E}{B^2 y_M}$$

Expérience :

- Les électrons ont une vitesse v_0 . Il ne faut considérer la trajectoire qu'après (1). On prendra $V \text{ anode} = V_{plp2} < 3500 \text{ V}$.

- Augmenter I bobines jusqu'à annulation de la déviation (on pourra atteindre $I_b = 2 \text{ A}$ max pendant 1 minute).

Il n'est pas nécessaire d'obtenir le deuxième point de rebroussement pour pouvoir faire la mesure.

Mesurer y_M . En déduire e/m .

Figure 8.

