

Particules chargées dans  $\vec{E}$  et  $\vec{B}$

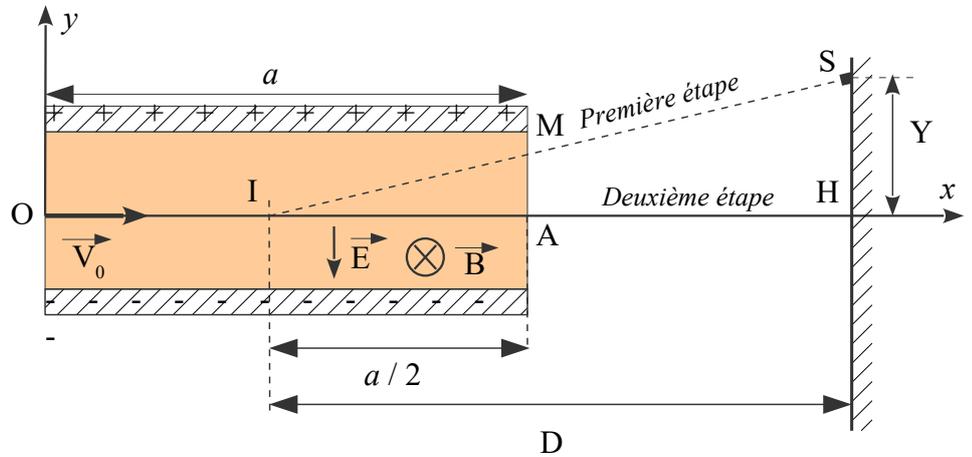
**1. Mesure de la charge massique de l'électron, expérience de J.J Thomson** 😊😊

Première partie de l'expérience :

On réalise la déviation d'un faisceau d'électrons à l'aide d'un champ électrique  $\vec{E}$ , uniforme et indépendant du temps, et on mesure la déviation Y du spot sur l'écran (voir la figure).

Deuxième partie de l'expérience :

On établit alors, dans la région où règne le champ  $\vec{E}$ , un champ magnétique  $\vec{B}$ , uniforme et indépendant du temps, perpendiculaire à  $\vec{E}$ . On règle la valeur de  $\vec{B}$  de manière à ce que le spot soit ramené en H.



On se place dans le repère d'espace  $R(O, \vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z)$

Dans le cas de la première expérience :

- Établir l'équation de la trajectoire dans la région où règne le champ  $\vec{E}$ , en déduire les coordonnées du point M à la sortie de l'espace où règne le champ  $\vec{E}$  en fonction de  $E, V_0, e, m$  et  $a$ .
- Établir l'équation de la trajectoire entre le point M et le point S. Montrer qu'elle coupe l'axe des abscisses en  $x = \frac{a}{2}$ . En déduire Y en fonction de  $E, V_0, e, m, D$  et  $a$ .

Dans le cas de la deuxième expérience :

- Établir l'expression de  $V_0$  en fonction de  $E$  et  $B$ . En déduire l'expression de la charge massique  $e/m$  de l'électron en fonction des grandeurs intervenant dans l'expérience:  $Y, E, D, a$  et  $B$ .

Les mesures les plus récentes réalisées à partir de perfectionnements de cette méthode ou par des méthodes différentes fournissent la valeur :  $e/m = 1,7588 \cdot 10^{11} \text{ C.kg}^{-1}$ .

Rep.: 1)  $y_M = \frac{1}{2} \frac{eE}{m} \frac{a^2}{(V_0)^2}$ , 2)  $y = \frac{eE}{m} \frac{a}{V_0^2} (x - \frac{a}{2})$  3)  $\frac{e}{m} = \frac{YE}{DaB^2}$

**2. Action de 2 champs magnétiques successifs** 😊😊

Dans le demi-espace  $x > 0$ , règne un champ magnétique uniforme  $\vec{B}_1 = B_0 \vec{u}_z$  et dans le demi-espace  $x < 0$ , règne un champ magnétique uniforme  $\vec{B}_2 = \frac{B_0}{2} \vec{u}_z$ . Une particule de masse  $m$  de charge  $q > 0$  est placée au point origine O du référentiel d'étude galiléen  $R(O, \vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z)$ , à  $t=0$  avec une vitesse  $\vec{v} = v_0 \vec{u}_x, v_0 > 0$ .

- Décrire et dessiner la trajectoire de la particule.
- Quelle est la vitesse moyenne de la particule suivant Oy, appelée vitesse de dérive  $\vec{v}_D$ .
- Reprendre les questions précédentes avec dans le demi-espace  $x < 0$  un champ magnétique uniforme  $\vec{B}_2 = -B_0 \vec{u}_z$ .

**3. Cyclotron de Lawrence: « Schéma sur un bout de papier »** 😊😊

D'après article Wikipédia:

**Ernest Orlando Lawrence (1901-1958)** professeur de physique à l'université de Californie est un physicien Américain connu pour l'invention, l'utilisation et l'amélioration du cyclotron. En 1939, il reçut le prix Nobel de physique pour son travail sur le cyclotron et ses applications.

L'invention qui l'a rendu célèbre dans le monde entier a pour origine un schéma sur un bout de papier.

Alors qu'il était assis un soir à la bibliothèque, Lawrence jeta un œil sur un article et fut intrigué par un de ses diagrammes.

L'idée consistait à produire des particules de très haute énergie, nécessaires à la désintégration atomique, grâce à une succession de très petites « poussées. » Lawrence annonça à ses collègues qu'il avait trouvé une méthode pour produire des particules de très haute énergie sans utiliser une très forte tension électrique.

Le premier modèle de cyclotron de Lawrence, fait de fils et de cire à cacheter, coûte probablement \$25 en tout. Et il marche. Quand Lawrence applique une tension de 2000 volts à son cyclotron de fortune au moment du passage dans les deux Dés, il obtient des projectiles tournant de 80 000 eV. Lawrence mit au point des modèles toujours plus grands au service des expériences en physique des hautes énergie.

#### Analyse de l'article:

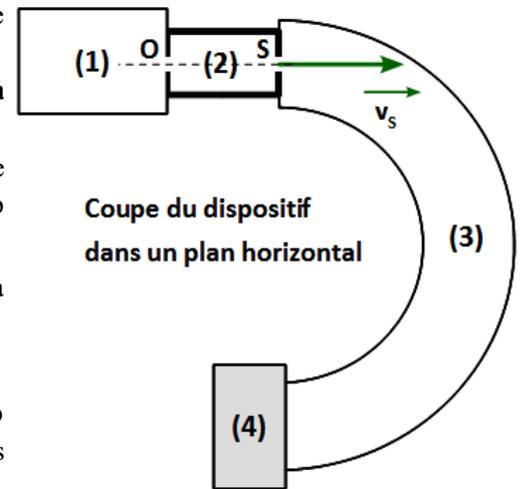
1. Faire un schéma du dispositif
2. En considérant que les projectiles utilisés sont des protons et que le cyclotron avait un rayon de l'ordre 14 cm quelle était la vitesse maximum  $V_{\max}$  des protons ? Rep:  $V_{\max} = 3,91.10^6 m.s^{-1}$
3. Quelle aurait été la tension accélératrice à utiliser pour leur communiquer cette vitesse en une seule fois.
4. Quelle est la fréquence du champ accélérateur? Rep : 4,44 MHz
5. Quel est le nombre de tours décrits par les protons? Rep :  $N=20$
6. Quelle est la valeur du champ magnétique? Rep :  $B=0,29T$

Données: charge élémentaire  $e = 1,6.10^{-19}C$ , masse du proton  $m = 1,67.10^{-27}kg$ ,  $1eV = 1,6.10^{-19}J$

#### **4. Spectrographe de masse: séparation isotopique ☺☺**

Le spectrographe de masse est constitué de trois chambres (1), (2) et (3) où règne un vide très poussé.

- Des ions sont produits dans la **chambre d'ionisation** (1) avec une vitesse négligeable.
- A travers une première fente, les ions produits pénètrent en O dans la **chambre d'accélération** où ils sont accélérés par une tension  $U > 0$ .
- Ils ressortent par une deuxième fente en S avec une vitesse  $\vec{v}_s$  dépendant de leur masse et pénètrent dans la **chambre de déviation** où règne un champ magnétique uniforme et permanent orthogonal à  $\vec{v}_s$ .
- Les particules sont ensuite recueillies par un **détecteur (4)** sensible à la position et à l'intensité du flux de particules.



#### **Étude générale pour un ion de charge $q = -e < 0$ :**

1. Faire un schéma de la chambre d'accélération, représenter le vecteur champ électrique  $\vec{E}$  régnant dans l'enceinte. Exprimer U en fonction de  $V_0$  et  $V_s$  les potentiels respectifs en O et en S.

Établir grâce au théorème de l'énergie cinétique l'expression de la vitesse  $v_s$  d'un ion de charge  $q = -e < 0$  et de masse m à la sortie de la chambre d'accélération.

#### **2. Dans la chambre de déviation :**

- 2.1. Quelle est la nature de la trajectoire de l'ion ?
- 2.2. Déterminer le sens de  $\vec{B}$  pour que l'ion puisse atteindre le détecteur.
- 2.3. Montrer que le mouvement de l'ion est uniforme.
- 2.4. Déterminer le rayon R de sa trajectoire en fonction de m,  $v_s$ , q et B puis en fonction de m, U, q et B.

**Application :** le jet d'ions sortant de la chambre d'ionisation est un mélange d'ions  $^{79}\text{Br}^-$  de masse  $m_1 = 1,3104.10^{-25}kg$  et d'ions  $^{81}\text{Br}^-$  de masse  $m_2 = 1,3436.10^{-25}kg$ .

3. Faire un schéma de la chambre de déviation et représenter les trajectoires respectives de rayons  $R_1$  et  $R_2$  des ions  $^{79}\text{Br}^-$  et  $^{81}\text{Br}^-$ . On notera respectivement  $A_1$  et  $A_2$  les points d'impact des ions  $^{79}\text{Br}^-$  et  $^{81}\text{Br}^-$  sur le détecteur.

4. Montrer que  $d = A_1 A_2 = \frac{2}{B} \sqrt{\frac{2U}{e}} (\sqrt{m_2} - \sqrt{m_1})$ . Faire l'application numérique.

5. Les quantités d'électricité reçues en  $O_1$  et  $O_2$  pendant la durée de l'expérience sont respectivement:

$Q_1 = -6,60.10^{-8}C$  et  $Q_2 = -1,95.10^{-8}C$ . Déterminer la composition en % du mélange d'ions.

Données:  $U = 4,00.10^3V$ ;  $B = 1,00.10^{-1}T$ ,  $e = 1,60.10^{-19}C$