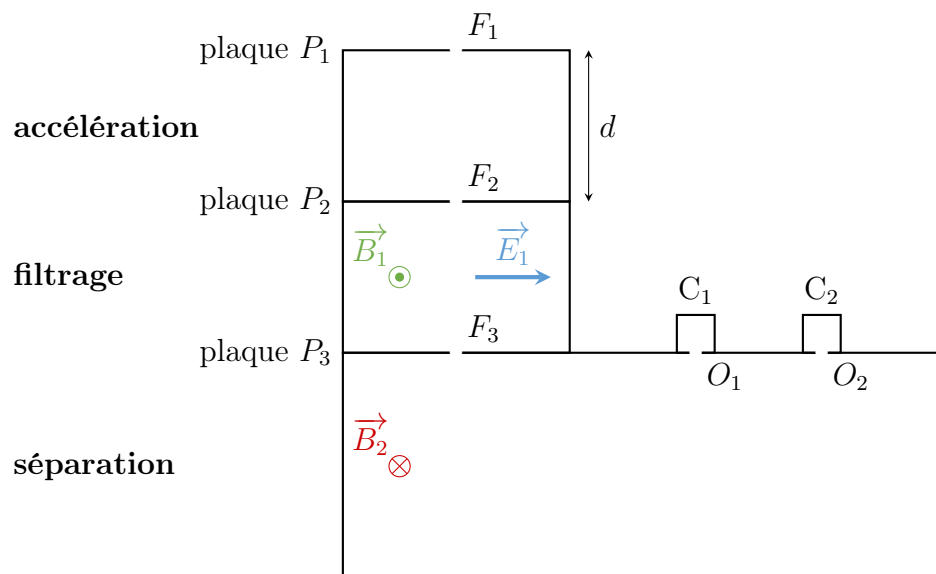


## DM7 – Spectromètre de masse

### Exercice 1 – Spectromètre de masse (18 points)

Le spectromètre de masse permet de mesurer la masse des particules chargées avec une telle précision qu'il peut servir à déterminer des compositions isotopiques. Dans cet exercice, on montre qu'il permet de déterminer la composition isotopique du mercure.

Une source émet des ions mercure  $^{200}_{80}\text{Hg}^{2+}$  et  $^{202}_{80}\text{Hg}^{2+}$ . Ces ions passent dans le spectromètre de masse où ils sont accélérés puis séparés afin de mesurer leur rapport isotopique. Le schéma simplifié du spectromètre est représenté ci-dessous.



#### Données

Distance séparant les deux plaques de l'accélérateur :	$d = 1,00 \text{ m}$
Tension entre les deux plaques de l'accélérateur :	$U = 1,00 \times 10^4 \text{ V}$
Charge élémentaire :	$e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$
Unité de masse atomique (masse d'un nucléon) :	$1 \text{ u} = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Champ électrique dans le filtre de vitesse :	$E_1 = 5,30 \times 10^4 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$
Champ magnétique dans le filtre de vitesse :	$B_1 = 0,383 \text{ T}$
Champ magnétique dans le séparateur :	$B_2 = 0,200 \text{ T}$
Distance entre la fente de sortie et le collecteur 1	$F_3O_1 = 1,44 \text{ m}$
Distance entre la fente de sortie et le collecteur 2	$F_3O_2 = 1,45 \text{ m}$

### Accélération des ions

Des ions de masse  $m$  et de charge  $q > 0$  sont émis par une source située en  $F_1$ , sans vitesse initiale. Ils sont accélérés entre  $F_1$  et  $F_2$  par une différence de potentiel  $U$  appliquée entre les plaques conductrices  $P_1$  et  $P_2$ .

1. Préciser la plaque dont le potentiel électrique est le plus élevé et représenter sur le schéma le champ accélérateur  $\vec{E}_0$ , supposé uniforme, qui règne dans l'entrefer séparant  $F_1$  de  $F_2$ . Calculer numériquement  $E_0 = \|\vec{E}_0\|$ .
2. Établir l'expression littérale de la vitesse  $v_0$  des ions au niveau de la plaque  $P_2$ .
3. Calculer numériquement les vitesses  $v_{01}$  et  $v_{02}$  des ions  $^{200}_{80}\text{Hg}^{2+}$  et  $^{202}_{80}\text{Hg}^{2+}$  à leur arrivée en  $F_2$ .

L'hypothèse de vitesse nulle en  $F_1$  est difficile à réaliser en pratique : il existe une certaine dispersion des vitesses en  $F_2$  et il est nécessaire de réaliser un filtrage en vitesse pour améliorer les performances de l'appareil.

### Filtre de vitesse

Les ions traversent la plaque  $P_2$  par la fente  $F_2$  avec un vecteur vitesse perpendiculaire à  $P_2$ . Ils entrent dans l'espace séparant  $P_2$  et  $P_3$  où règnent :

- un champ  $\vec{E}_1$  uniforme situé dans le plan du schéma et parallèle à  $P_2$  ;
  - un champ  $\vec{B}_1$  uniforme perpendiculaire au plan du schéma.
4. Sous quelle condition les ions peuvent-ils avoir une trajectoire rectiligne les amenant de  $F_2$  à  $F_3$  ?
  5. En déduire que seuls les ions de vitesse  $v_0 = \frac{E_1}{B_1}$  parviennent en  $F_3$ .
  6. Calculer numériquement cette vitesse et en déduire quel isotope du mercure parvient en  $F_3$  avec ces réglages.

Pour mesurer la composition isotopique du mercure, on règle la valeur de  $E_1$  pour assurer le passage de  $^{200}_{80}\text{Hg}^{2+}$  pendant une minute, puis on change sa valeur pour que les ions  $^{202}_{80}\text{Hg}^{2+}$  passent pendant une minute. Pendant cette opération, la valeur de  $B_1$  reste constante.

### Séparation des ions

Après  $F_3$ , les ions pénètrent dans une région où ne règne qu'un champ magnétique uniforme  $\vec{B}_2$  normal au plan du schéma. Ils sont déviés vers les collecteurs  $C_1$  et  $C_2$ .

7. Montrer que le mouvement d'un ion dans cette région est uniforme.
8. Sachant que la trajectoire des ions est circulaire, déterminer son rayon  $R_1$  pour les ions  $^{200}_{80}\text{Hg}^{2+}$  et  $R_2$  pour les ions  $^{202}_{80}\text{Hg}^{2+}$ .
9. Déterminer le collecteur ( $C_1$  ou  $C_2$ ) qui reçoit les ions  $^{200}_{80}\text{Hg}^{2+}$  et celui qui reçoit les ions  $^{202}_{80}\text{Hg}^{2+}$ .
10. Les quantités d'électricité reçues en 1 min par les collecteurs  $C_1$  et  $C_2$  sont  $Q_1 = 1,20 \times 10^{-7} \text{ C}$  et  $Q_2 = 3,5 \times 10^{-8} \text{ C}$ . Déterminer la composition du mélange d'ions et en déduire la masse atomique du mercure.