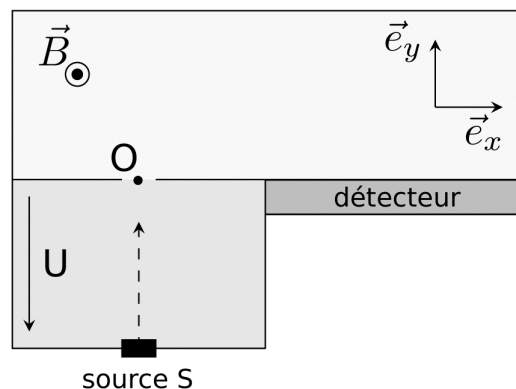


## Spectromètre de masse

Un spectromètre de masse est un appareil permettant d'identifier les éléments présents dans un échantillon de matière inconnu.



Pour cela, l'échantillon est ionisé à l'entrée de l'appareil, si bien que des ions pénètrent en ligne droite à partir de l'entrée en S. Ces ions sont de vitesses négligeables en S. On note  $m$  leur masse et  $q$  leur charge. Ils sont accélérés entre S et O par l'application d'une différence de potentiel  $U$ . Ils pénètrent ensuite en O dans une chambre où règne un champ magnétique  $\vec{B}$  uniforme et stationnaire, sont déviés par ce champ et vont frapper un détecteur.

On supposera que les ions sont chargés positivement.

Données :

- Tension :  $U = 10 \text{ kV}$
- Masse d'un nucléon :  $m_n = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- Charge élémentaire :  $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- Valeur du champ magnétique :  $B = 200 \text{ mT}$

1) Donner l'expression de la vitesse  $v_0$  de l'ion en O, en fonction de sa charge  $q$ , masse  $m$ , et de  $U$ .

2) Justifier que dans la chambre où règne le champ magnétique, l'énergie cinétique de l'ion ne varie pas. Que peut-on donc dire de sa vitesse?

3) On admet que la trajectoire de l'ion dans la chambre où règne le champ magnétique est circulaire. Établir l'expression du rayon de la trajectoire en fonction de  $B$ ,  $q$ ,  $m$ ,  $U$ .

Les spectromètres de masse sont des outils utilisés dans de nombreux domaines, autant en laboratoire que sur le terrain. Le robot Curiosity sur Mars en comprend un,

qui a notamment été utilisé pour déterminer le rapport de l'abondance isotopique entre hydrogène et deutérium, ce qui apporte des informations sur l'évaporation de l'eau sur cette planète.

4) On note P le point d'impact de l'ion sur le détecteur. Donner la valeur de la distance OP pour un ion hydrogène  $\text{H}^+$  et pour un ion deutérium  $\text{D}^+$  (le deutérium est un isotope de l'hydrogène, qui contient deux nucléons).



---

## Correction

---

1) Le théorème de l'énergie mécanique entre S et O assure que :

$$0 = \Delta \mathcal{E}_m = \Delta \mathcal{E}_c + \Delta \mathcal{E}_p = \frac{1}{2} m v_0^2 + q \underbrace{(V_O - V_S)}_{= -U} \Rightarrow \boxed{v_0 = \sqrt{\frac{2qU}{m}}}$$

2) Dans la champ, seule la force magnétique de Lorentz s'applique. Or, le théorème de la puissance cinétique donne :

$$\frac{d\mathcal{E}_c}{dt} = \mathcal{P}(\vec{F}_L) = (q\vec{v} \wedge \vec{B}) \cdot \vec{v} = 0$$

Donc l'énergie cinétique se conserve, donc la norme de la vitesse ( $v_0$ ) se conserve.

3) On admet que la trajectoire circulaire. On a démontré à la question précédente qu'elle est également uniforme. Ainsi, soit O' le centre de la trajectoire

$$\begin{cases} \vec{O'M} = R \vec{u}_r \\ \vec{v} = R\omega \vec{u}_\theta = v_0 \vec{u}_\theta \\ \vec{a} = -R\omega^2 \vec{u}_r = -\frac{v_0^2}{R} \vec{u}_r \end{cases}$$

Le PFD donne:

$$m \vec{a} = q \vec{v} \wedge \vec{B} \Rightarrow -m \frac{v_0^2}{R} = -qv_0 B \Rightarrow \boxed{R = \frac{mv_0}{qB} = \sqrt{\frac{2mU}{qB^2}}}$$

4) L'hydrogène possède une masse  $m_H = m_n$  et le deutérium  $m_D = 2m_n$ . On en déduit la distance OP qui est le diamètre du cercle :

$$OP = 2R = \sqrt{\frac{8mU}{qB^2}} = \begin{cases} 14,4 \text{ cm} & \text{pour H}^+ \\ 20,4 \text{ cm} & \text{pour D}^+ \end{cases}$$