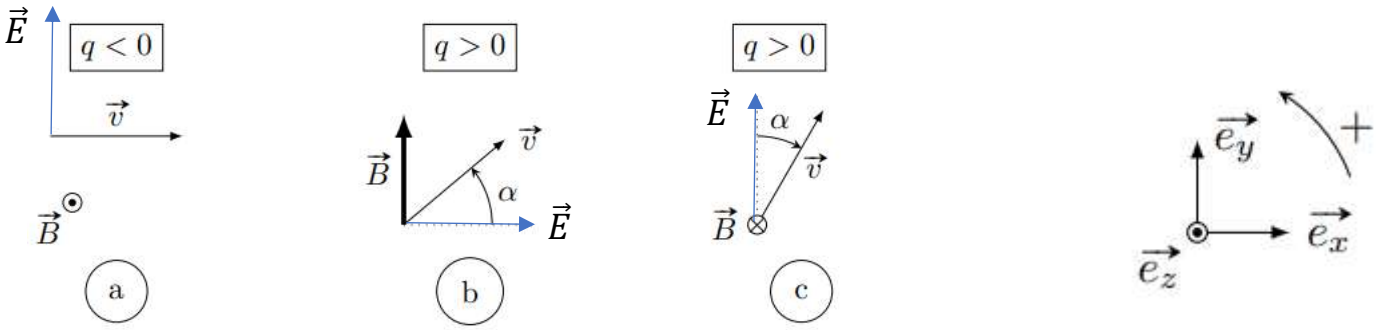
Travaux dirigés 4 : Electromagnétisme

Particules chargées dans un champ magnétique

Exercice 1 : Force de Lorentz :

Pour chacun des cas suivants exprimer la force de Lorentz :

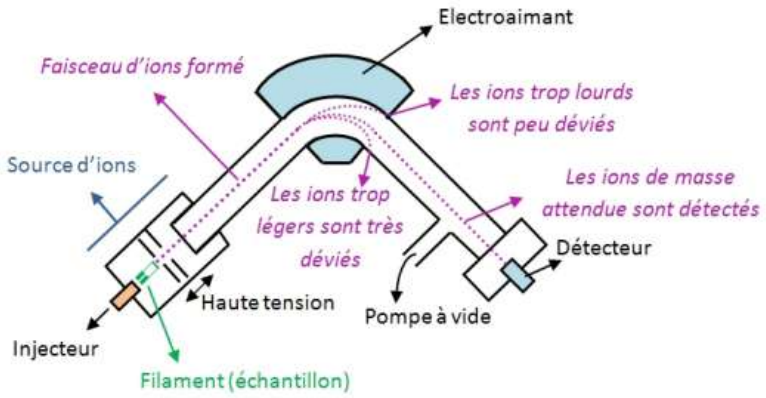


Exercice 2 : Force de Lorentz :

Une charge q=3.2.210^{-19}C se déplace avec une vitesse v=$(2\vec{u_x}+3\vec{u_y}-\vec{u_z})$ m/s dans une zone avec des champs électriques et magnétiques homogènes, $\vec{E}=\begin{pmatrix}4\\-1\\-2\end{pmatrix}$ V/m et $\vec{B}=\begin{pmatrix}2\\4\\1\end{pmatrix}$ T. Calculez la force de Lorentz exercée sur la charge.

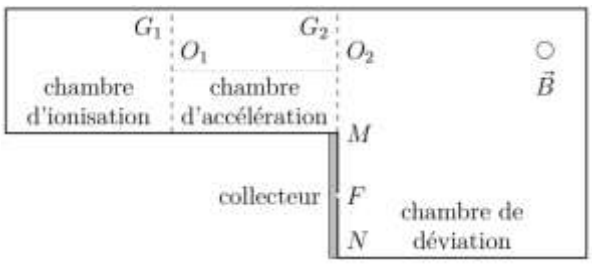
Exercice 3 : Spectromètre de masse :

La France produit l'essentiel de son électricité — environ 75 % — à partir de centrales électriques nucléaires. Ces centrales utilisent comme source d'énergie un « combustible » constitué d'oxyde d'uranium enrichi en uranium 235, seul isotope fissible, afin d'atteindre une teneur de l'ordre de 4%. Avant utilisation dans une centrale, le minerai doit donc d'abord être traité afin de produire ce combustible. L'enrichissement de l'uranium a pour but d'élever la teneur en ^{235}U de l'uranium de départ à une valeur optimale pour l'application souhaitée.



Une des méthodes est la spectrographie de masse qui reste la méthode la plus sensible d'analyse isotopique. Un spectrographe de masse se compose de quatre parties :

- La chambre d'ionisation dans laquelle des atomes d'uranium $^{235}_{92}U$ et $^{238}_{92}U$ de masses respectives m_1 et m_2 portés à haute température sont ionisés en ions U^+. On considérera qu'à la sortie de cette chambre, en O_1, la vitesse des ions est quasi nulle.
- La chambre d'accélération dans laquelle les ions sont accélérés entre O_1 et O_2 sous l'action d'une différence de potentiel établie entre les deux grilles G_1 et G_2.
- La chambre de déviation dans laquelle les ions sont déviés par un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ de direction perpendiculaire au plan de la figure.
- Un collecteur d'ions est disposé entre M et N. Une fente centrée sur O_2 de largeur L dans le plan de la figure permet de choisir la largeur du faisceau incident. Une fente collectrice centrée sur F est placée entre M et N et a pour largeur L_0 dans le plan de la figure.



Les chambres sont sous vide, ce qui permet de considérer que les particules n'interagissent pas entre elles. On négligera le poids des ions devant la force électromagnétique et on admettra qu'à la sortie de la chambre d'accélération, les vitesses des ions sont contenues dans le plan de la figure.

1. Quel doit être le sens du champ E_1 appliqué dans la cavité d'accélération ? Justifier.
2. Donner l'expression littérale de la force de Lorentz dans le cas général. La simplifier dans le cas où la particule est dans la cavité d'accélération.
3. Etablir l'expression littérale de la vitesse v de l'ion lorsqu'il atteint la grille G_2. On rappelle que l'énergie cinétique vaut : $E_c = \frac{1}{2}m.v^2$ ainsi que l'expression de l'énergie potentielle associée à la force de Lorentz : $E_p = qV$

4. L'énergie cinétique acquise par les ions en O_2 est de 15,0 keV. En déduire la valeur de la tension $U=V_{G1}-V_{G2}$ appliquée entre les deux grilles. Déterminer numériquement les vitesses v_{235} et v_{238} en respectant les chiffres significatifs.
5. Quel doit être le sens du champ magnétique $\vec{B}$ régnant dans la chambre de déviation pour que les ions puissent atteindre le collecteur ?
6. Montrer que le mouvement dans le champ magnétique est uniforme.
7. Par une méthode de votre choix, déterminer la nature de la trajectoire d'un faisceau homocinétique d'ions $^{235}_{92}U^+$ dans la zone où règne le champ magnétique. Exprimer leur rayon R_{235} en fonction de m_{235}, e, U et $\vec{B}$. Faire de même pour un faisceau homocinétique d'ions $^{238}_{92}U^+$,
8. Le collecteur consiste en un récipient métallique muni d'une fente centrée en F de largeur L_0 placée entre M et N qui permet de recueillir les isotopes 235. Quelle doit être la valeur du champ magnétique régnant dans le spectromètre sachant que la fente F est placée à D = 940 mm de O_2 ?
9. Le faisceau d'ions émis en O2 est un faisceau parallèle dans le plan de la figure. La fente du collecteur a une largeur de L_0 = 4,0 mm dans le plan de la figure. Peut-il y avoir séparation isotopique dans le récipient du collecteur ?