

Sommaire**I- Mouvement d'une particule chargée dans un champs magnétique uniforme**

1-1/ Le champ magnétique uniforme

1-2/ Déviation d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme

1-3/ La force magnétique (force de Lorentz)

1-4/ Étude du mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme

1-5/ La déviation magnétique

**II- Exercices**

2-1/ Exercice 1

2-2/ Exercice 2

2-3/ Exercice 3

2-4/ Exercice 4

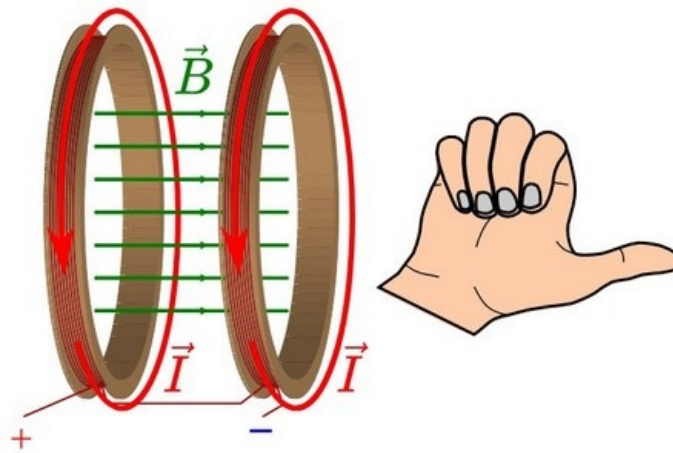
---

**I- Mouvement d'une particule chargée dans un champs magnétique uniforme**

1-1/ Le champ magnétique uniforme

Un champ magnétique est dit uniforme s'il est constant en direction, en sens et en valeur.

- Exemple : Le champ magnétique est uniforme entre les bobines d'Helmholtz parcourues par un courant électrique :



L'unité de l'intensité du champ magnétique est le tesla (T).

### Remarque

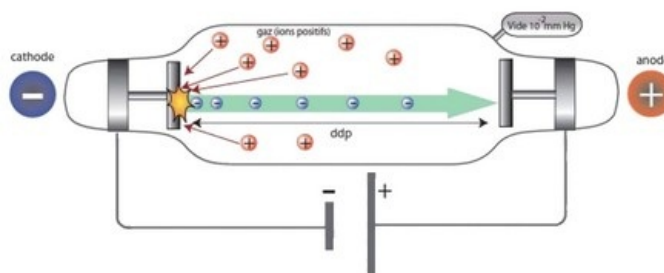
Si le vecteur  $\vec{B}$  est perpendiculaire au plan de la feuille et dirigée vers l'avant on le représente par :  $\odot \vec{B}$

Si le vecteur  $\vec{B}$  est perpendiculaire au plan de la feuille et dirigée vers l'arrière on le représente par :  $\otimes \vec{B}$

## 1-2/ Déviation d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme

### Expérience

On utilise un tube de crookes (qui contient un canon d'électrons permettant d'obtenir un faisceau d'électrons ayant la même vitesse), à l'intérieur duquel il y'a un champ magnétique uniforme entre deux bobines d'Helmholtz parcourues par un courant électrique :



On constate expérimentalement que :

Si la vitesse des électrons  $\vec{v}_0$  est parallèle à  $\vec{B}$ , le faisceau d'électrons ne subit pas de déviation.

Si la vitesse des électrons  $\vec{v}_0$  est perpendiculaire à  $\vec{B}$ , le faisceau d'électrons dévie et sa trajectoire devient circulaire.



### Interprétation

La déviation du faisceau d'électron est due à l'existence d'une force magnétique qui s'exerce sur toute particule chargée et en mouvement dans un champ magnétique uniforme qu'on appelle : force magnétique ou force de Lorentz.

### 1-3/ La force magnétique (force de Lorentz)

#### Définition

Toute particule chargée de vitesse est soumise dans un champ magnétique uniforme à une force magnétique appelée force de Lorentz donnée par la relation suivante :

$$\vec{F} = q \cdot \vec{v} \wedge \vec{B}$$

Le symbole  $\wedge$  signifie produit vectoriel.

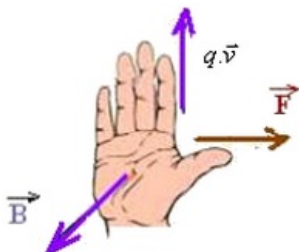
#### Caractéristiques de la force magnétique

L'intensité :  $F = |q| \cdot v \cdot B \cdot \sin(\widehat{\vec{B}, \vec{v}})$

La direction : la force magnétique.

Le sens : il est donné par la règle de la main droite suivante :

En plaçant la main droite tendue de sorte que les doigts soient dirigés dans le sens du produit  $q \cdot \vec{v}$  et la paume de la main soit dirigée dans le sens de  $\vec{B}$ , le pouce tendu indique le sens de la force magnétique :



#### Exemples

					Figure
					réponse

### 1-4/ Étude du mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme

#### Mouvement uniforme

L'électron dans le champ magnétique est soumis à l'action de la force magnétique  $\vec{F} = q \cdot \vec{v} \wedge \vec{B}$ , cette force de Lorentz est toujours perpendiculaire au vecteur vitesse  $\vec{v}$ .

Donc le produit scalaire  $\vec{F} \cdot \vec{v} = 0$

Par conséquent la puissance de la force magnétique est nulle  $P = \vec{F} \cdot \vec{v} = 0$ , donc son travail est nul  $W = \vec{F} \cdot \vec{v} = 0$ .

En appliquant le théorème de l'énergie cinétique :  $\Delta E_c = W\vec{F} = 0 \Rightarrow E_{c_i} = E_{c_f}$

Donc sa vitesse est constante  $v = Cte$ .

Donc l'action du champ magnétique ne modifie pas l'énergie cinétique de la particule.

### Mouvement plan

La vitesse de l'électron est constante  $v = Cte$ .

Donc son accélération tangentielle  $a_t = \frac{dv}{dt} = 0$  est nulle.

Alors l'accélération de l'électron est normale.

Et on a  $\vec{F} = q \cdot \vec{v} \wedge \vec{B}$

Donc la force magnétique  $\vec{F}$  est perpendiculaire au plan  $(\vec{B}, \vec{v})$ , est elle aussi normale.

En conclusion, le mouvement de l'électron est plan, il se fait dans un plan perpendiculaire au vecteur champ magnétique.

### Mouvement circulaire

Dans le repère de Frenet, le vecteur accélération :  $\vec{a} = a_n \vec{n} + a_t \vec{u}$

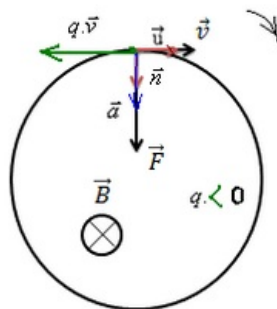
or :  $v = Cte \Rightarrow a_t = \frac{dv}{dt} = 0$

Donc l'accélération est normale.

En appliquant la deuxième loi de Newton :  $\vec{F} = q \cdot \vec{v} \wedge \vec{B} = m\vec{a}_G$

En projetant sur la normale :  $\vec{F} = |q|v \cdot B = m \frac{v^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mv}{|q| \cdot B}$

Le rayon est constant donc le mouvement est circulaire.

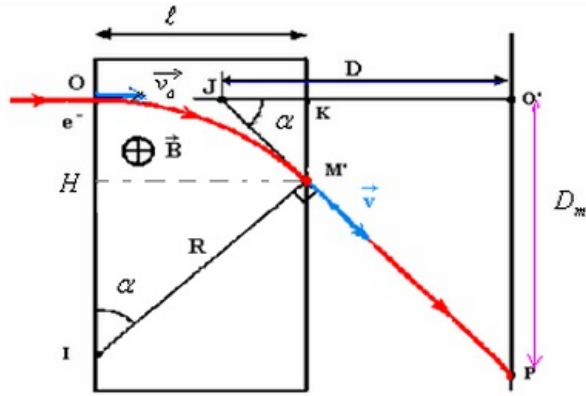


### 1-5/ La déviation magnétique

On fait pénétrer un faisceau d'électron dans une région de l'espace de largeur  $l$  dans laquelle règne un champ magnétique  $\vec{B}$  uniforme avec une vitesse  $\vec{v}_0$ , le faisceau d'électrons est soumis à l'action de la force magnétique et son mouvement devient circulaire de rayon  $R = \frac{mv_0}{|q| \cdot B}$  dans le champ magnétique.

Les électrons du faisceau quittent le champ magnétique au point  $S$  et prennent un mouvement rectiligne uniforme jusqu'à ce qu'ils rencontrent l'écran au point  $P$ .

On appelle déviation magnétique la distance  $D_m = O'P$



$$\begin{cases} \sin \alpha = \frac{1}{R} (HM'I) \\ \tan \alpha = \frac{D_m}{D} (JPO') \end{cases}$$

$$\tan \alpha \approx \sin \alpha$$

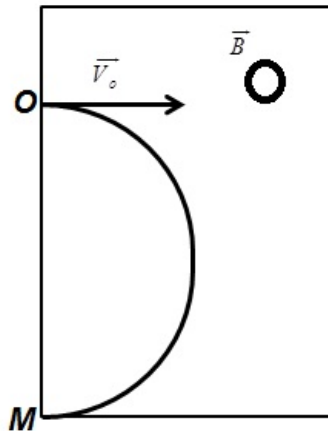
$$\Rightarrow \frac{D_m}{D} = \frac{1}{R}$$

$$\Rightarrow D_m = \frac{Dl}{R} = \frac{Dl|q|B}{mv_0}$$

## II- Exercices

### 2-1/ Exercice 1

Les ions  $Mg^{2+}$  pénètrent dans une région de l'espace où règne un champ magnétique uniforme  $\vec{B}$  (perpendiculaire au plan de la figure). Avec une vitesse  $V_0 = 1,6 \cdot 10^4 m \cdot s^{-1}$



1. Donner les caractéristiques de la force magnétique  $\vec{F}_m$
2. Déterminer le sens du champ magnétique  $\vec{B}$
3. En appliquant la deuxième loi de Newton dans un référentiel galiléen, montrer que le mouvement des ions  $Mg^{2+}$  est circulaire uniforme
4. Calcule la masse d'ion  $Mg^{2+}$  (On donne  $OM = 4cm$ )

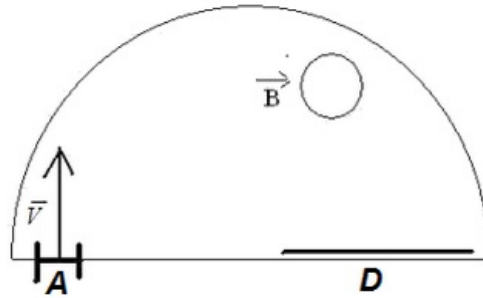
Données :

- L'intensité du champ magnétique  $B = 0,1T$
- La charge élémentaire  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}C$

### 2-2/ Exercice 2

On considère les ions de deux isotopes  $^{200}_{80}Hg^{2+}$  et  $^{202}_{80}Hg^{2+}$  du mercure.

Ils pénètrent en  $A$ , avec une vitesse  $V$  non nulle, dans une capsule où règne un champ magnétique uniforme (perpendiculaire au plan de la feuille) :



1. Indiquer le sens du champ magnétique pour que les ions soient déviés vers le détecteur  $D$ .
2. Montrer que dans cette capsule les ions ont un mouvement uniforme, et exprimer les rayons  $R$  de la trajectoire de deux isotopes en fonction de  $m$ ,  $e$ ,  $v$  et  $B$ .
3. Déterminer lequel de ces deux ions va être le plus dévié. Justifier.

### 2-3/ Exercice 3

Deux particules chargées  $He^{2+}$  et  $O^{2-}$  sont introduites en un point  $A$ , avec la même vitesse initiale  $\vec{V}$ , dans un espace où règne un champ magnétique uniforme  $\vec{B}$  perpendiculaire au vecteur  $\vec{V}$ .

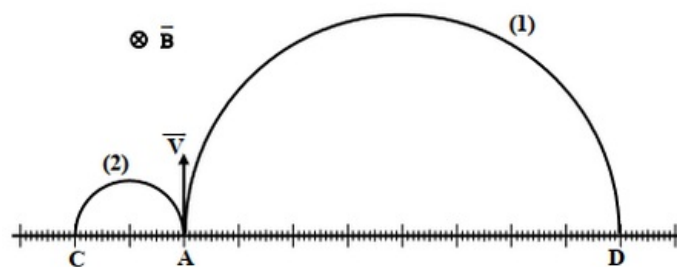
On considère que les deux particules  $He^{2+}$  et  $O^{2-}$  ne sont soumises qu'à la force de Lorentz.

Données :

L'expression de la force de Lorentz :  $\vec{F} = q\vec{V} \wedge \vec{B}$

La masse de la particule  $He^{2+}$  :  $m(He^{2+}) = 6,68 \cdot 10^{-27} Kg$

La figure suivante représente l'enregistrement des deux trajectoires des particules  $He^{2+}$  et  $O^{2-}$  dans le champ magnétique uniforme  $\vec{B}$  :



1. Identifier la trajectoire correspondante à chaque particule.
2. En appliquant la deuxième loi de Newton dans un référentiel galiléen, montrer que le mouvement de l'ion  $He^{2+}$  est uniforme et de trajectoire circulaire de rayon 
$$R_{He^{2+}} = \frac{m_{He^{2+}} \cdot V}{2 \cdot e \cdot B}$$
3. En exploitant la figure, déterminer le rapport  $\frac{R_{O^{2-}}}{R_{He^{2+}}}$
4. Montrer que la masse de la particule  $O^{2-}$  est  $m(O^{2-}) = 2,67 \cdot 10^{-26} Kg$