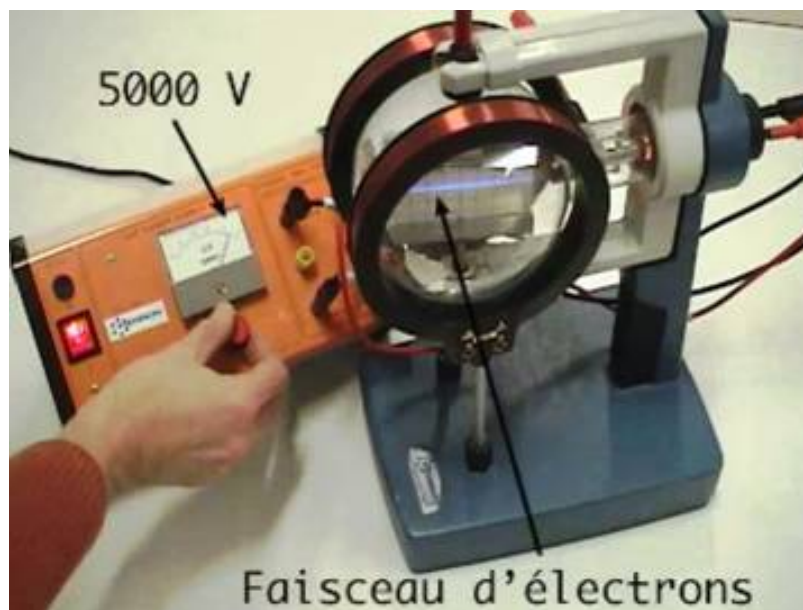


Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique

I- Etude expérimentale:

1-1 Observation d'une vidéo

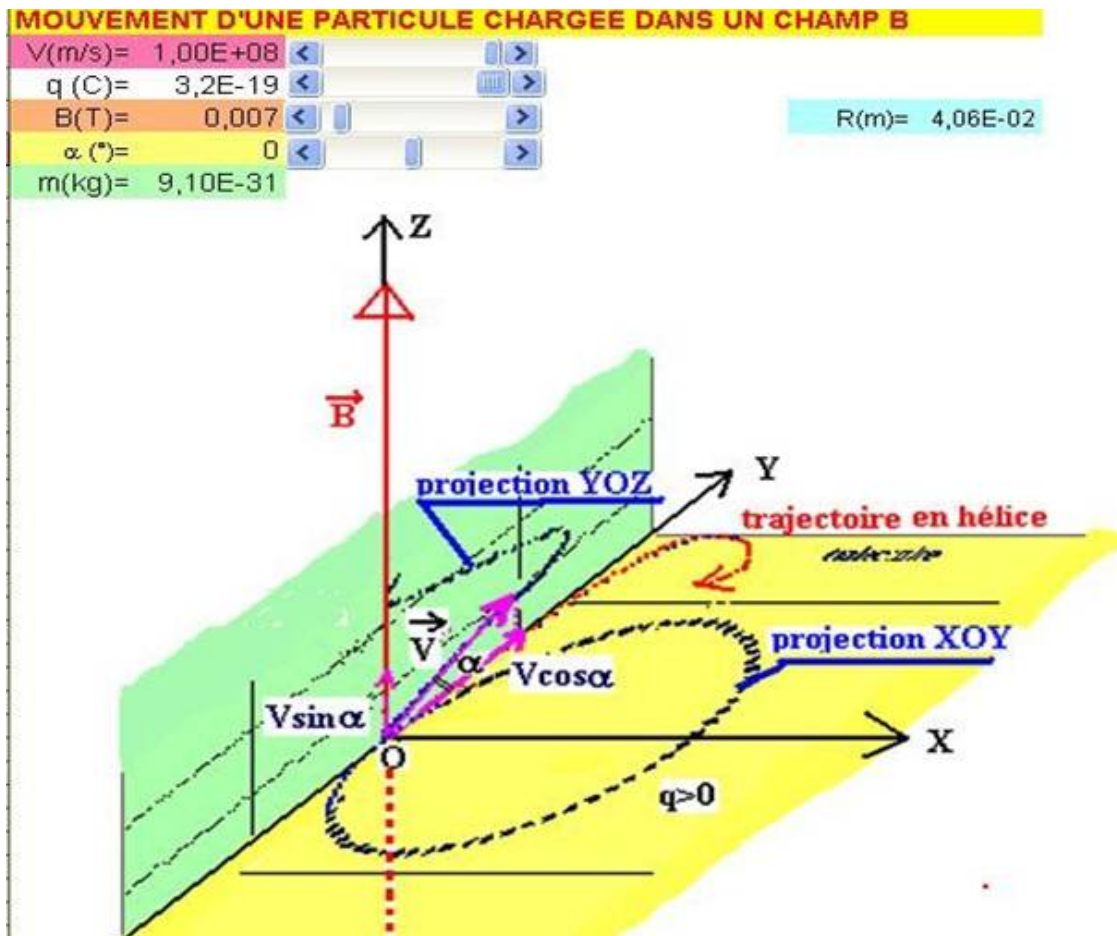


1-2 Recherche d'une expression de la force magnétique:

En l'absence de matériel, nous proposons d'utiliser une simulation.

La figure ci-dessous indique les différents paramètres modifiables pouvant influencer sur la force .Vous pouvez tester l'effet de chacun d'eux sur le mouvement d'une particule (électrisée ou non)

Soit OXYZ un repère cartésien .



Les particules pénètrent dans le champ en O avec un vecteur vitesse V (d'intensité réglable) qui appartient au plan YOZ et incliné de α (réglable de -90° à $+90^\circ$) par rapport à l'axe OY.

Le champ magnétique ici est uniforme. Il est caractérisé par le vecteur B orienté suivant l'axe OZ. Seule sa valeur B est réglable.

Il faut sélectionner la charge q et la masse m de la particule

Il est possible de choisir les charges suivantes:

$$q = +2e; q = +e; q = 0; q = -e; q = -2e \text{ (avec } e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C).}$$

Effectuer les réglages proposés dans le tableau ci-dessous. Après observation des conséquences sur le mouvement, donner les informations sur la force.

(compléter le tableau: il peut être utile de recopier celui-ci sur une feuille annexe)



N°	Sélection paramètres	Observations	Conclusion(s)
1	$m=9.1.10^{-31}\text{kg}$; $\alpha=0$ $B=0,01\text{T}$; $q=e$; $V=0$		
2	m , α et B inchangés $q=0$; faire varier V		
3	m et α inchangés $B=0,01\text{T}$; $q=e$; faire varier V - puis fixer V et modifier B		
4	Changer $q=+e$ en $q=-e$		
5	Changer $q=+e$ en $q=+2e$		
6	$\alpha = +$ ou -5° $=+90^\circ$ et -90°		
7	augmenter m		

Après avoir complété le tableau, on pourra éventuellement consulter les réponses proposées à la fin de ce texte

II-Etude théorique:

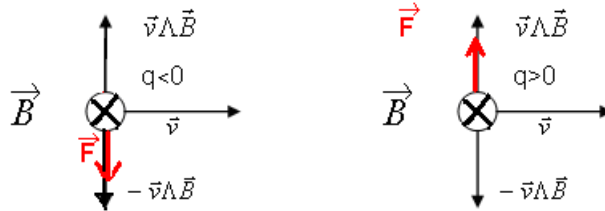
a-la force de Lorentz

L'hypothèse de Lorentz.:une particule électrisée de charge q pénétrant dans un champ magnétique B avec une vitesse V est soumise à la force magnétique:

$$\vec{F} = q\vec{V}\wedge\vec{B}$$

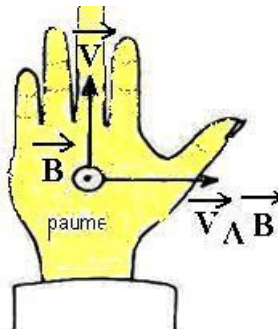
Les caractéristiques de cette force sont(en accord avec les propriétés du produit vectoriel):

- la direction: elle est perpendiculaire au plan qui contient v et B .
- le sens de F dépend du signe de q :
 - Si $q>0$, le sens de F est tel que le trièdre v, B, F soit direct.
 - Si $q<0$, le trièdre est indirect.(voir figure ci-dessous)
- son intensité est: $F=|q|.v.B.\sin(a)$ (a étant l'angle entre les vecteurs v et B).



La «règle de la main droite» permet de retrouver facilement le sens de la force F .

Placer la main dans la direction de v (l'extrémité des doigts correspondant au sens de la flèche), la paume de la main «regardant» le champ B «s'éloigner», le pouce indique le sens du produit vectoriel($v\wedge B$).]



Si $q>0$, la force F a même sens que ($v\wedge B$).

Si $q<0$, la force F a le sens contraire de ($v\wedge B$).

b-mouvement d'une particule chargée :

Nous considérons le référentiel galiléen.

1-si $v \parallel B$, la force de Lorentz est nulle et donc le vecteur vitesse reste constant. Le mouvement est rectiligne et uniforme

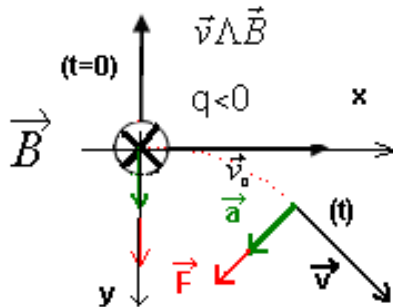
2-si v est perpendiculaire à B :

Envisageons le cas d'un électron (de charge $q < 0$), qui pénètre à $t=0$ avec une vitesse v_0 dans le champ B .(voir figure)

La 2^{ème} loi de Newton permet d'écrire:

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

$$\vec{a} = (q / m) \cdot \vec{v} \wedge \vec{B}$$



Soit:

La force F est normale à la vitesse et à B , elle appartient donc au plan xOy , la trajectoire appartient aussi à ce plan. L'accélération a est normale au vecteur vitesse v .

Les composantes normale (orientée vers l'intérieur de la trajectoire) et tangentielle de l'accélération sont:

$a_T = 0 = dv/dt$ et donc $v = cte$, le mouvement est donc uniforme.

$a_N = |q|v_0B/m = v^2/R$ la trajectoire est circulaire de rayon :

$$R = \frac{mV}{|q|B}$$

Application numérique :

$Q = -1,6 \cdot 10^{-19} C$; $m = 9,1 \cdot 10^{-31} kg$; $V = 4,4 \cdot 10^7 m \cdot s^{-1}$; $B = 0,010 T$

$$R = \frac{mV}{|q|B} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 4,4 \cdot 10^7}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-2}} = 0,025 m$$

Valeur en accord avec les observations

Réponses possibles aux questions de la partie expérimentale:

1-Observations du clip vidéo:

Remarque: la tension de 5000V est une tension accélératrice. Nous devons donc supposer que les électrons pénètrent dans l'ampoule avec une certaine vitesse. Malheureusement les 2 bobines latérales ne sont pas alimentées. Aucune sollicitation de ces bobines n'est donc à envisager !



A l'approche de l'aimant, la trajectoire des électrons est modifiée. Ceci permet de d'affirmer qu'une force de nature magnétique s'exerce sur les électrons.

L'inversion des pôles de l'aimant modifie le sens de la déviation.

Le sens de la force de déviation dépend donc du sens de B.

Il est difficile, par cette expérience, de relier les caractéristiques de la force au vecteur champ, celui-ci n'étant pas uniforme. (la direction du champ est mal connue au niveau du faisceau d'électrons). Une étude plus complète est nécessaire

2-Résultats de la simulation:

N°	Sélection paramètres	Observations	Conclusion(s)
1	$m=9.1.10^{-31}\text{kg}$; $\alpha=0$ $B=0,01\text{T}$; $q=e$; $V=0$	aucune trace de trajectoire absence de mouvement	si $v=0$, la force magnétique est nulle
2	m , α et B inchangés $q=0$; faire varier V	aucune trace de déviation les particules conservent leur vecteur vitesse	La force magn. est nulle en si la particule n'est pas chargée
3	m et α inchangés $B=0,01\text{T}$; $q=e$; faire varier V - puis fixer V et modifier B	trajectoire plane et circulaire  le rayon est prop. à V et à 1/B	la force est dans le plan XOY Elle est perp. à V
4	Changer $q=+e$ en $q=-e$	 $q < 0$	le sens de la Force dépend du signe de q
5	Changer $q=+e$ en $q=+2e$	R est divisé par deux. R est inversement prop à q	la force est double, elle est prop à 1/q
6	$\alpha = +$ ou -5°	Trajectoire hélicoïdale pour $\alpha = +$ ou -90° , la particule n'est pas déviée	
7	augmenter la masse de la particule	le rayon est prop à m (observation en accord avec le rôle de la masse sur le mouvement= elle tend à s'opposer à la variation de V)	

Cette simulation permet aussi de valider les exercices sur le sujet.