

## Atelier : utilisation du champ magnétique en physique des particules

Dans un accélérateur linéaire tel que celui étudié dans l'atelier précédent, l'intensité du champ électrique accélérateur, donc l'énergie reçue par mètre de trajectoire, est limitée par des facteurs physiques et techniques. Pour conférer aux particules une énergie supérieure encore, on les « insère » dans une zone de l'espace où règne un champ magnétique  $\vec{B}$ . Les particules chargées y adoptent une trajectoire circulaire : en « enroulant » ainsi la trajectoire, on obtient l'équivalent d'un accélérateur rectiligne ayant, non pas des kilomètres, mais des milliers de kilomètres de longueur. C'est le principe d'un accélérateur circulaire !

### I. Trajectoire d'une particule chargée dans un champ magnétique

#### Document 1 : Rappels sur le repère de Frenet

Le repère de Frenet est un repère mobile, associé au centre de masse de l'objet étudié. Il est constitué :

- D'un vecteur unitaire  $\vec{u}_t$  tangent à la trajectoire de l'objet, dirigé dans le sens du mouvement.
- D'un vecteur unitaire  $\vec{u}_n$  orthogonal à  $\vec{u}_t$  et dirigé vers le centre de la courbure de la trajectoire.

Ce repère est particulièrement bien adapté à l'étude des mouvements circulaires, les vecteurs vitesse et accélération s'exprimant de la manière suivante :

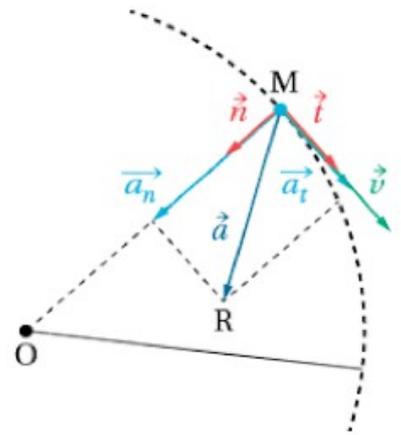
- Le vecteur vitesse est colinéaire au vecteur  $\vec{u}_t$  par définition (il n'a donc pas de composante selon  $\vec{u}_n$ ) :  $\vec{v} = v \vec{u}_t$

- Le vecteur accélération s'écrit :  $\vec{a} = a_t \vec{u}_t + a_n \vec{u}_n$

Avec  $a_t = \frac{dv}{dt}$  et  $a_n = \frac{v^2}{R}$

- $a_t$  est l'accélération tangentielle du système,  $a_n$  son accélération normale (radiale)

Où  $v$  s'exprime en  $\text{m.s}^{-1}$  ;  $a$  en  $\text{m.s}^{-2}$  et  $R$  est le rayon de la trajectoire en mètres

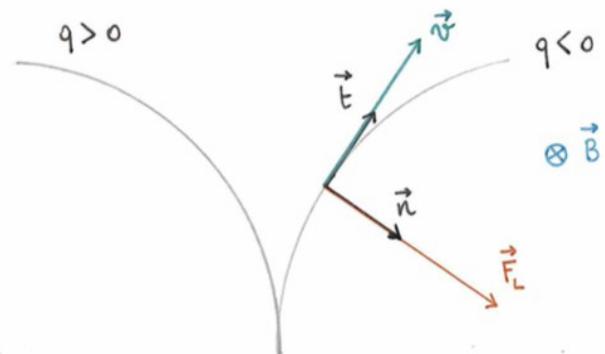


#### Document 2 : Force de Lorentz

Une particule chargée placée dans un champ magnétique subit une force appelée force de Lorentz. Dans le cas représenté sur le schéma ci-dessous, où le champ magnétique est dirigé « vers le bas », l'expression de cette force de Lorentz est :

$$\vec{F}_L = -qvB\vec{u}_n$$

Avec  $q$  la charge de la particule en Coulombs,  $v$  la vitesse de la particule en  $\text{m.s}^{-1}$  et  $B$  le champ magnétique en Teslas.

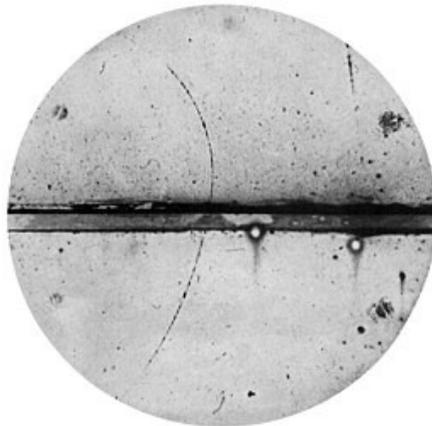


On considère une particule chargée de masse  $m$  et de charge  $q$ , plongée dans un champ magnétique  $\vec{B}$ , situation décrite par le schéma du document 2. On néglige les effets du poids de la particule devant ceux de la force de Lorentz.

1. En appliquant la seconde loi de Newton à la particule chargée dans le référentiel Terrestre, supposé Galiléen, établir l'expression du vecteur accélération de celle-ci.
2. Montrer que le mouvement de la particule est uniforme et donner l'expression du rayon de sa trajectoire en fonction de  $m$ ,  $q$ ,  $v$  et  $B$ .
3. Quel est, selon vous, l'intérêt de construire des accélérateurs de particules « de plus en plus grands ».

## II. Application : mise en évidence expérimentale d'une « nouvelle » particule.

Le cliché ci-dessous représente la trajectoire d'une particule chargée plongée dans un champ magnétique. Elle a été réalisée dans une chambre à brouillard le 2 août 1932. La barre horizontale est une plaque de plomb, qui absorbe une partie de l'énergie des particules qui la traversent.



Trace laissée par une particule chargée dans une chambre à brouillard, cliché du 2 août 1932

1. En utilisant le résultat de la question I.2., comparer qualitativement la vitesse d'une particule chargée après la traversée de la plaque de plomb à sa vitesse avant qu'elle ne la rencontre.
2. Indiquer le sens de parcours de la trajectoire de la particule sur le cliché ci-dessous.
3. Dans cette expérience, le champ magnétique est orienté comme sur le schéma du document 2. Quel est le signe de la charge de la particule ?!