

PARTICULES CHARGÉES DANS UN CHAMP MAGNÉTIQUE UNIFORME

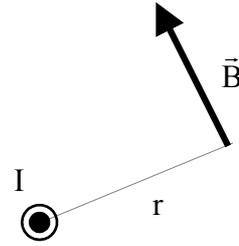
1. Réalisation d'un champ magnétique.

1.1. Champ créé par un fil parcouru par courant.

Un fil parcouru par un courant d'intensité I crée un champ magnétique \vec{B} .

Le champ est orthoradial et vaut :

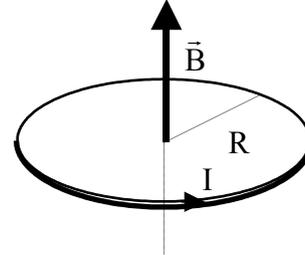
$$B = \frac{\mu_0 I}{2 \pi r}$$



1.2. Champ créé par une spire parcourue par un courant.

Le champ crée, en son centre, par une spire de rayon R parcourue par un courant d'intensité I vaut :

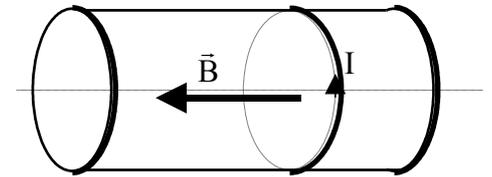
$$B = \frac{\mu_0 I}{\pi R}$$



\vec{B} est normal à la surface de la spire et son sens est donné par la règle du "tire-bouchon".

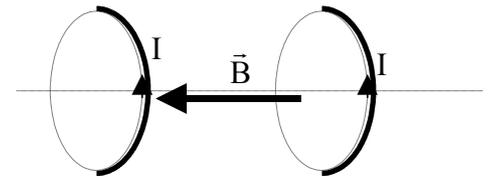
1.3. Champ créé par une bobine parcourue par un courant.

A l'intérieur de la bobine, le champ est uniforme et vaut $B = \mu_0 n I$. Son sens est donné par la règle du "tire-bouchon".



1.4. Champ créé par les bobines de Helmholtz.

Le dispositif précédent peut être remplacé par deux bobines identiques parcourues par le même courant ; le champ dans la zone comprise entre les deux bobines est également uniforme.



1.5. Les champs magnétiques peuvent être créés par des aimants.....

2. La force de Lorentz.

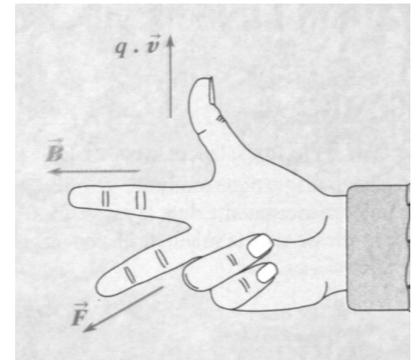
Une particule de charge q , de vitesse \vec{v} , plongée dans un champ magnétique \vec{B} , est soumise à une force :

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

Le sens de la force est donné par la règle des trois doigts :

($q \vec{v}$, \vec{B} , \vec{F} comme pouce, index, majeur, main droite).

La force vaut $F = |q| v B \sin(\vec{v}, \vec{B})$.



3. Trajectoire d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme.

On traite le cas d'une particule chargée de masse m , de charge q et de vitesse \vec{v}_0 , pénétrant dans une région où règne un champ magnétique \vec{B} .

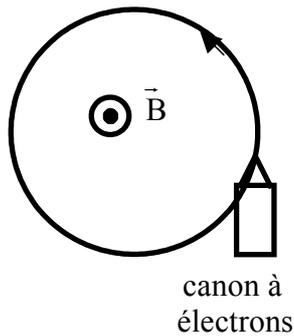
3.1. Applications des lois de la dynamique.

Dans la plupart des cas, les vitesses des particules sont suffisantes pour que le poids de celles-ci soit négligeable devant la force de Lorentz. L'application des lois de la dynamique donne :

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

Les solutions dépendent des conditions initiales.

3.2. *Exemple 1* : la vitesse initiale \vec{v}_0 est perpendiculaire au champ \vec{B} .



La trajectoire est circulaire, le mouvement est uniforme.

Le plan de la trajectoire est perpendiculaire à \vec{B}

Le rayon de la trajectoire vaut :

$$R = \frac{m v}{q B}$$

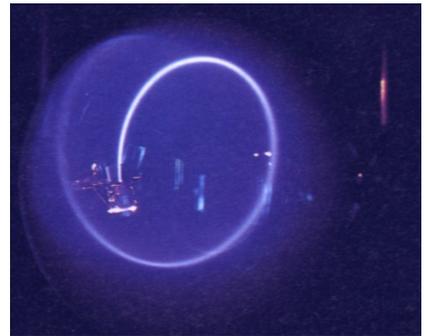


3.3. *Exemple 2* : la vitesse initiale \vec{v}_0 n'est pas perpendiculaire au champ \vec{B} .

La trajectoire est une spirale, de rayon :

$$R = \frac{m v_{\perp}}{q B}$$

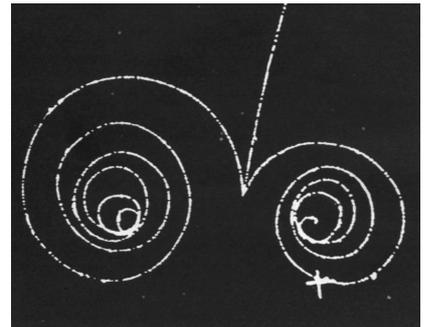
L'équation horaire de la composante z du vecteur position (Oz étant de même direction que \vec{B}) vaut $z = v_{\parallel} t$



3.4. Trajectoires réelles.

Dans certains de cas, le rayon de la trajectoire diminue à cause des frottements.

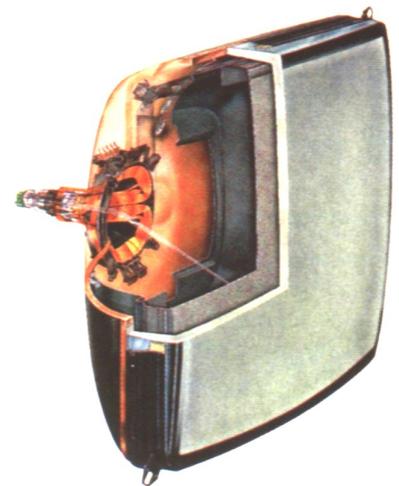
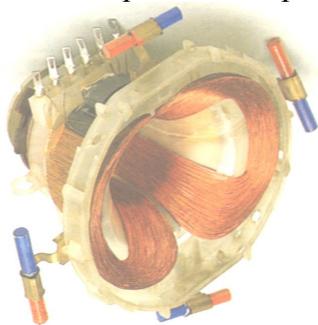
Ci-contre, cliché montrant la création d'une paire électron / positron lors d'une collision dans une chambre à brouillard.



4. Quelques applications.

4.1. Tube de télévision.

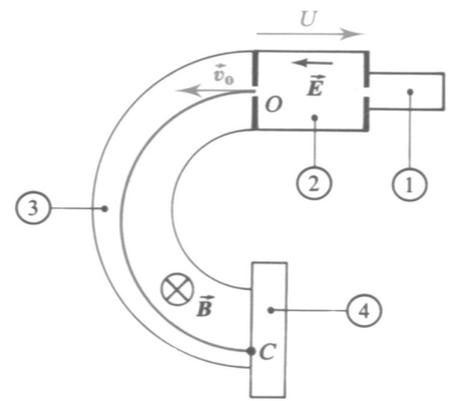
Dans un tube de télévision, dans un écran d'ordinateur, les trois faisceaux d'électrons sont déviés par un champ magnétique.



4.2. Spectrographe de masse.

Un spectromètre de type Demster est constitué par :

- ① une chambre d'ionisation.
- ② une chambre d'accélération.
- ③ une chambre de déviation.
- ④ un détecteur (plaques photographiques, compteur, collecteur...)



4.3. Cyclotron.

Dans un champ magnétique \vec{B} , les particules décrivent des cercles de rayons R.

La durée d'un demi-tour vaut :

$$\theta = \frac{\pi m}{|q| B}$$

Elle est indépendante de la vitesse de la particule (tant que celle-ci n'est pas relativiste).

Dans un cyclotron, les particules sont soumises à une différence de potentiel U alternative, de fréquence $f = 1/2\theta$ puis déviées par un champ magnétique \vec{B} , qui leur fait accomplir un demi-tour.

A chaque demi-tour, l'énergie cinétique de la particule augmente de $|q| U$.

La vitesse maximale acquise par les ions dépend du rayon des dees et vaut :

$$v_M = \frac{|q| R B}{m}$$

De petits cyclotrons sont utilisés pour produire les sources radioactives utilisées en médecine.

