# TD Mouvement de particules chargées

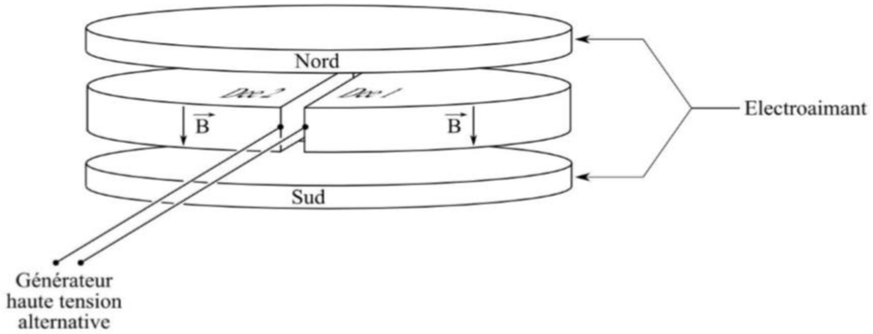
## Exercice 1 : Sélecteur de vitesse (131)

Une particule de masse $m$ et charge $q$ pénètre avec une vitesse $\overrightarrow{v_0} = v_0\overrightarrow{u_x}$ dans une zone où existent un champ électrique $\vec{E} = E_0\overrightarrow{u_y}$ et un champ magnétique $\vec{B} = B_0\overrightarrow{u_z}$ uniformes et stationnaire.

1. À quelle condition le vecteur vitesse de la particule reste-t-il inchangé ?
2. Expliquer comment ce dispositif peut être adapté en sélecteur de vitesse.

## Exercice 2 : Cyclotron (129, 130, 131, 132, 133)

Un cyclotron comporte deux demi boîtes cylindriques métalliques creuses ou "Dee", séparées par un intervalle, entre lesquelles on établit une tension $u(t)$ sinusoïdales de fréquence convenable $f$. Les “Dee” sont situés dans l’entrefer d’un électroaimant qui fournit un champ magnétique $\vec{B}$ uniforme parallèle aux génératrices des "Dee". On injecte des protons ($m = 1{,}66.10^{-27}\ kg$, $q = 1{,}6.10^{-19}\ C$) dans une direction perpendiculaire à $\vec{B}$, avec une vitesse initiale négligeable. On donne $B = 1{,}5\ T$ la norme de $\vec{B}$.




1. Justifier que l’on peut négliger les forces gravitationnelles.
2. Montrer que dans les "Dee" (action de $\vec{B}$ seul) la vitesse numérique $v$ des protons est constante.
3. En déduire $R$ le rayon de courbure de la trajectoire des protons ayant une vitesse $v$ ainsi que le temps de passage d’un proton dans un "Dee".
4. Quelle doit être la fréquence $f$ de la tension $u(t)$ pour que le proton soit accéléré de façon optimale (pendant un temps très court) à chaque passage entre les "Dee"?

La tension $u(t)$ a une amplitude $U_m = 200\ kV$

5. Déterminer en fonction de $n$ le rapport des rayons $R_n$ et $R_{n+1}$ des deux demi-cercles consécutifs numérotés $n$ et $n+1$, si le premier demi-cercle décrit après la première accélération porte le numéro 1.
6. Calculer le rayon de la trajectoire après 1 tour (2 passages entre les "Dee") et après 10 tours.

Le rayon de la dernière trajectoire décrite par les protons accélérés avant de bombarder une cible est $R_N = 35\ cm$.

7. Déterminer l’énergie cinétique du proton avant le choc contre la cible proche du cyclotron,
8. Déterminer le nombre de tours décrits par le proton après sa première accélération.

## Exercice 3 : Mouvements (131, 133)

On considère un point matériel de charge $q > 0$ et de masse $m$, de vitesse initiale $\overrightarrow{V_0}$ à l’entrée d’une zone où règnent un champ électrique $\vec{E}$ ou un champ magnétique $\vec{B}$ (uniformes et indépendants du temps).

La particule décrit une droite et possède une accélération constante $a$.

1. Déterminer la direction et la norme du ou des champs qui provoquent cette trajectoire.
2. Déterminer la position du point matériel en fonction du temps.

La particule décrit une trajectoire circulaire de rayon $R_0$ dans un plan $(xOy)$.

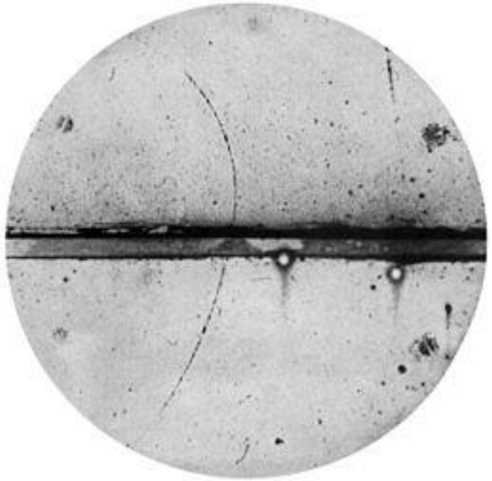
3. Déterminer la direction du ou des champs qui provoquent cette trajectoire.
4. Déterminer la norme du champ en fonction de $V_0$ et $R_0$. Il est suggéré d’utiliser les coordonnées polaires.

## Résolution de problème

Anderson veut alors détecter des rayons cosmiques, qui sont des particules énergétiques venant de l'espace. Pour visualiser la trajectoire de ces particules, il utilise un dispositif appelé « chambre de Wilson » plongé dans un champ magnétique. En 1932, une photo attire particulièrement son œil. Elle comporte une trajectoire fine et courbée, semblable à celle d'un électron d'énergie assez élevée... à une différence, essentielle, près… Laquelle ?

Cliché de l'antiélectron pris par Anderson. La barre horizontale noire correspond à une plaque de plomb installée au centre de la chambre permettant de faire diminuer l'énergie de la particule lors de sa traversée.

$\otimes \vec{B}$



## Oral de concours : Centrale MP 2107

Dans un champ uniforme $\vec{E} = E\overrightarrow{u_z}$ et $\vec{B} = B\overrightarrow{u_y}$, une particule de masse $m = 9{,}1.10^{-31} kg$, de charge $q = 1{,}6.10^{-19} C$ est située en $O$ à $t = 0$. (AN : $E = 10^5\ V.m^{-1}$ et $B = 0{,}1\ T$) A $t = 0$, $\overrightarrow{v_0} = \vec{0}$.

1. Comment réaliser un tel champ ?
2. Donner les équations horaires de $x(t)$, $y(t)$ et $z(t)$ en négligeant le poids.
3. Visualiser, à l'aide d'un programme Python, la trajectoire : est-elle bornée ?
4. On suppose $\overrightarrow{v_0} = v_0\overrightarrow{u_x}$ ; quelle valeur $v_{0c}$ choisir pour obtenir une trajectoire rectiligne ?
5. Montrer que la force subie par la particule est de norme constante, mais que pourtant, l'énergie est bornée (on pourra calculer le travail entre deux points bien choisis).
6. Visualiser avec Python les trajectoires pour $v_0 = v_{0c}$, $v_0 < v_{0c}$, $v_0 > v_{0c}$ et $v_0 = 2v_{0c}$ et en déduire comment réaliser un filtre de vitesse.
7. Si la fente est de largeur $a$, quelle est la bande passante ?
8. Par quels autres moyens réaliser un tel filtre ? A quoi peuvent-ils servir ?