

LPOB15 : Particules dans un champ électromagnétique

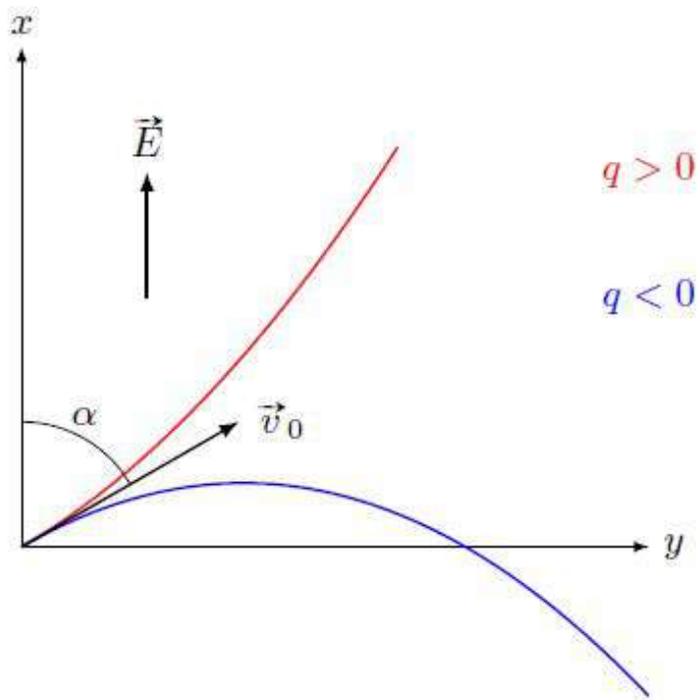
Niveau de la leçon : L1

Prérequis pour la leçon :

- Cinématique et dynamique de première année, conservation de l'énergie
- Définition des champs électrique et magnétique, définition de la force de Lorentz.
- Ordre de grandeur de champs magnétiques et électriques
- Définition du facteur de Lorentz (qualitative)

I.1. Mouvement dans un champ électrique uniforme

https://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Meca/Charges/general.php



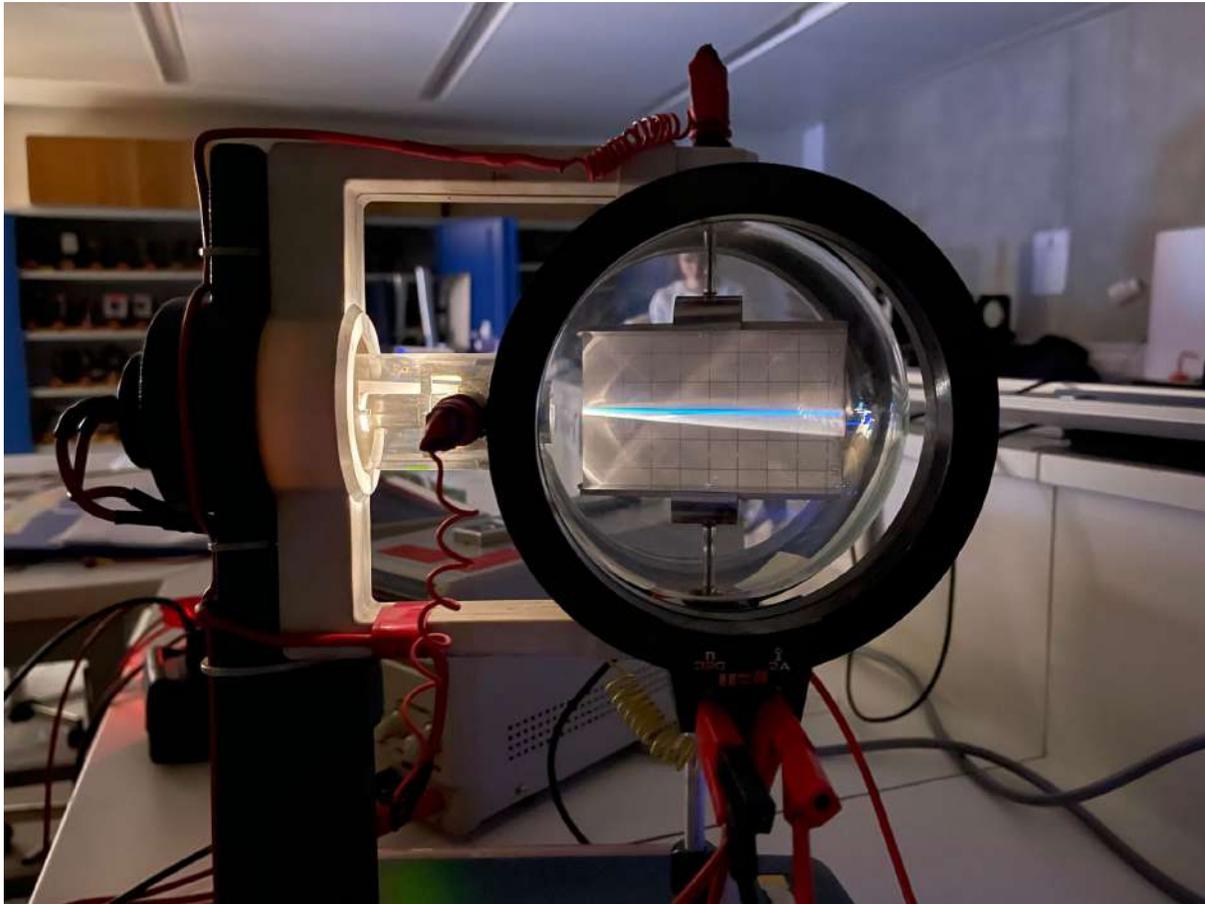
I.1. Mouvement dans un champ magnétique uniforme

https://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Meca/Charges/general.php

Pour $U=2000V$, on accélère un électron à une vitesse $v_f = \sqrt{\frac{-q2U}{m}} = 2.7 \times 10^7 m.s^{-1}$
et un proton à une vitesse $v_f = \sqrt{\frac{-q2U}{m}} = 6.2 \times 10^5 m.s^{-1}$

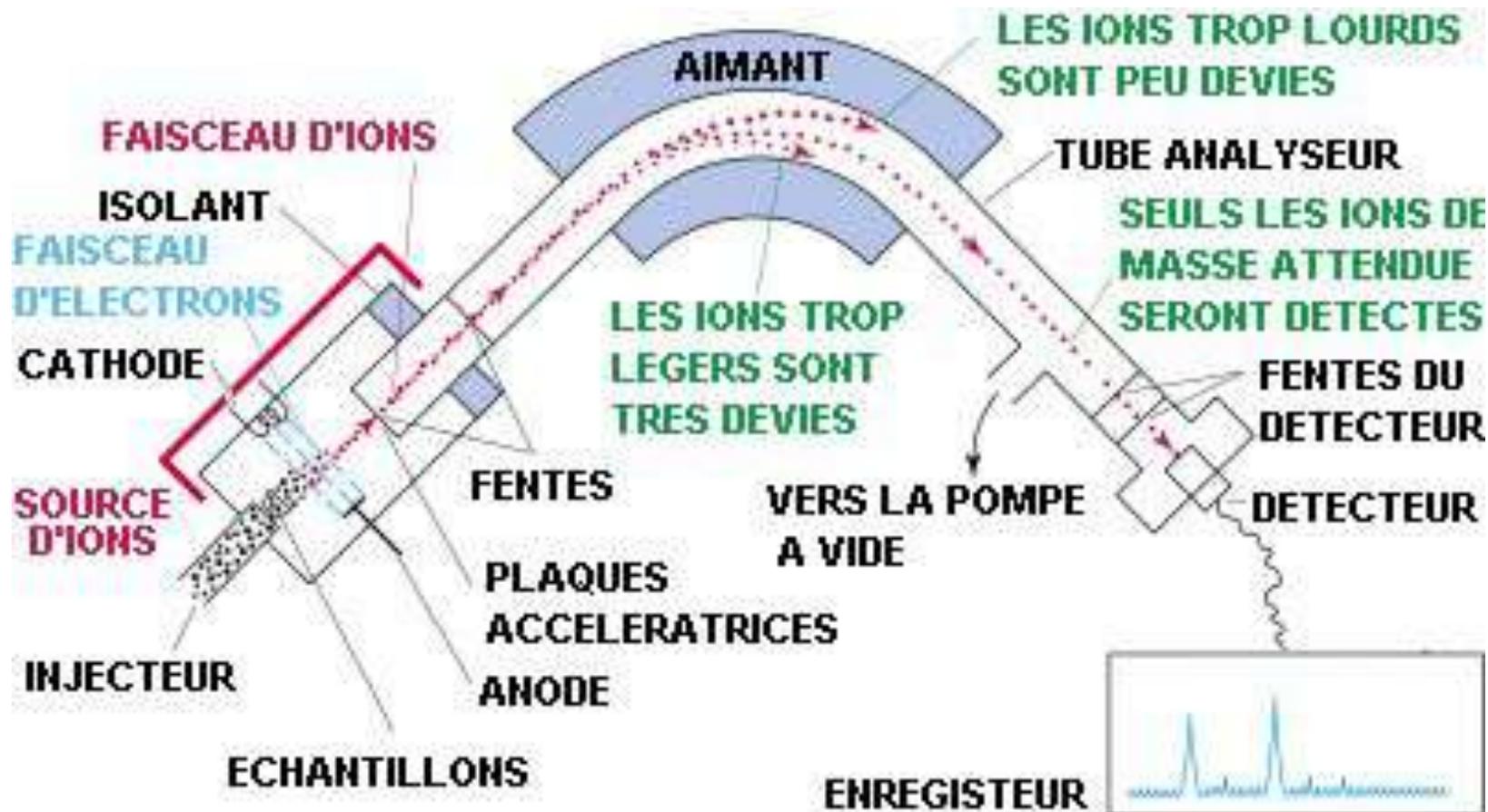
On applique ensuite un champ magnétique de $0.1T$, le rayon de rotation de l'électron est $R = \frac{v_f m}{q B_0} = 1.5 mm$
et le rayon du proton $R_p = 6.5 cm$

I.1. Mouvement dans un champ magnétique uniforme



II. Applications

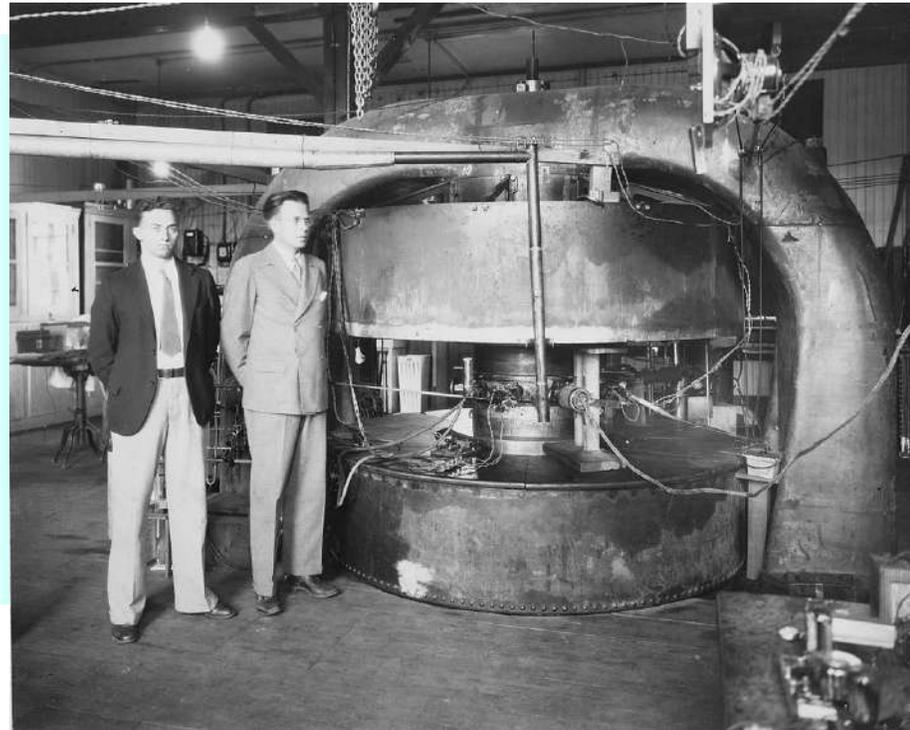
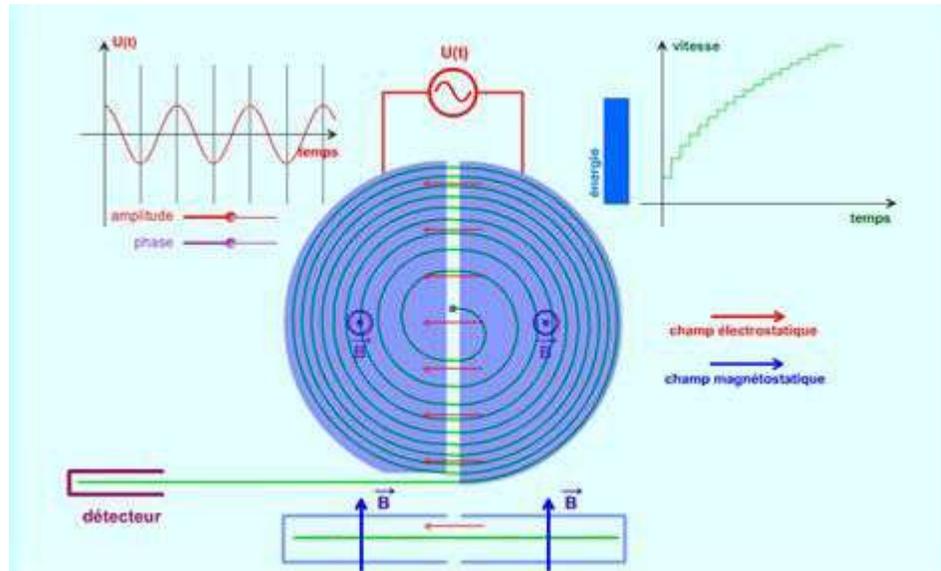
II.1. Spectromètre de masse



$$R = \frac{v_0}{\omega_c} = \frac{v_0 m}{q B_0}$$

II.2. Cyclotron

http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Meca/Charges/cyclotron.php



Cyclotron du Laboratoire de Physique Subatomique et de Cosmologie de Grenoble (1968)

II.2. Cyclotron

Pour le cyclotron de l'université du Michigan : $B=0.10\text{T}$, $D=2.1\text{m}$, $f=1.5\text{MHz}$

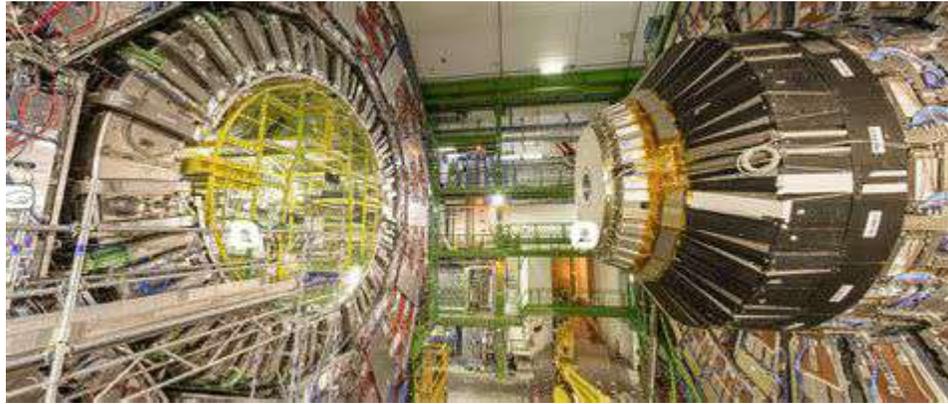
On trouve

$$v_{max} = \omega_c B = 1.0 \times 10^7 \text{ m.s}^{-1}$$

Si on voulait utiliser un accélérateur linéaire, on devrait appliquer une différence de potentiel de

$$U = \frac{mv^2}{2q} = 5.3 \times 10^5 \text{ V}$$

II.3. Limites relativistes



Cyclosynchrotron du CERN (1957)

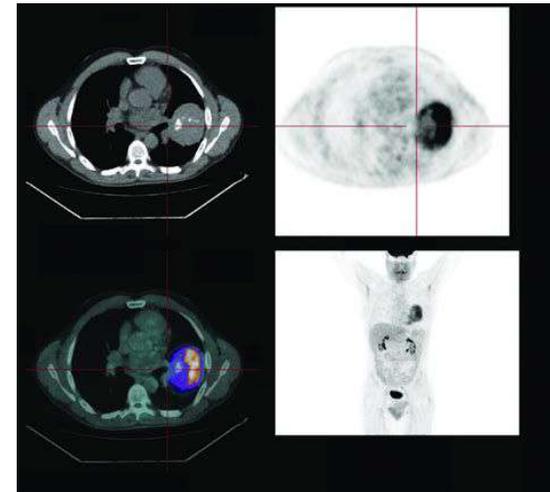
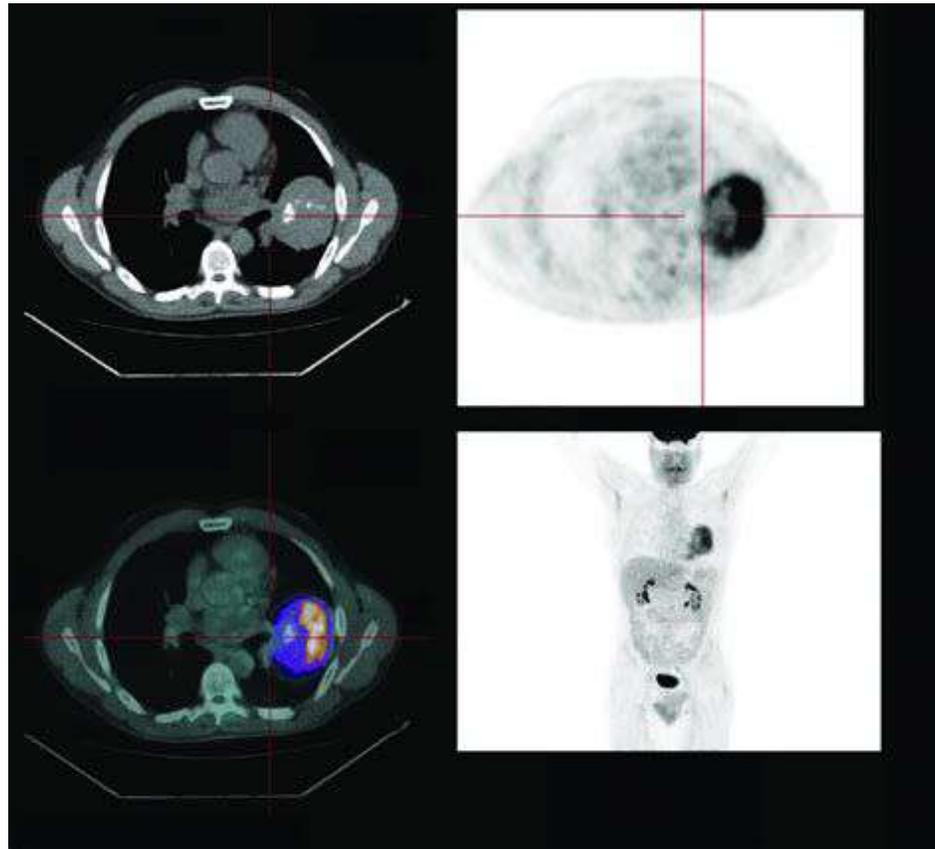


Cyclosynchrotron du centre de protonthérapie d'Orsay

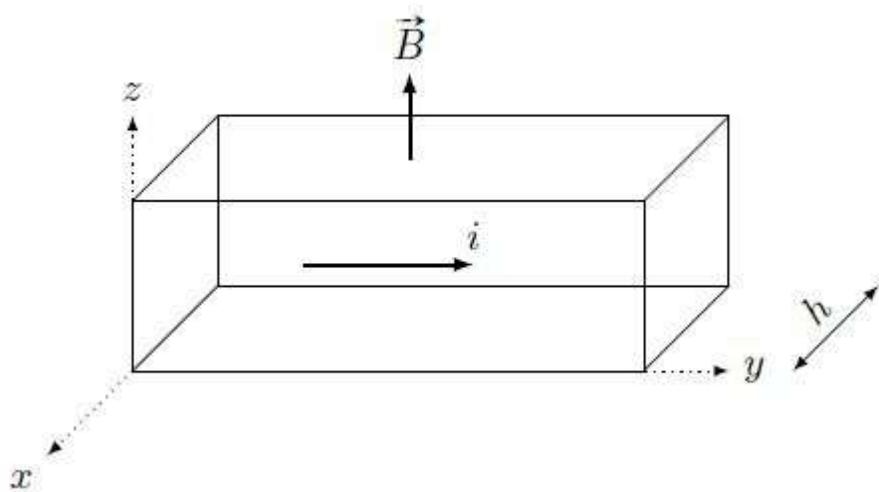
Annexe : protonthérapie



Utilisation des cyclotrons dans la protonthérapie, exemple du TEP-scan.



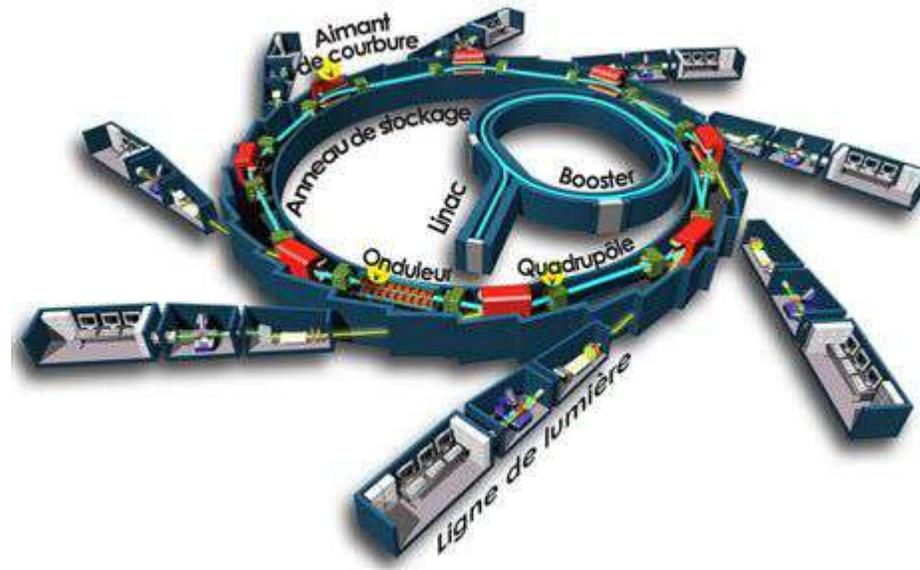
Annexe : Effet Hall



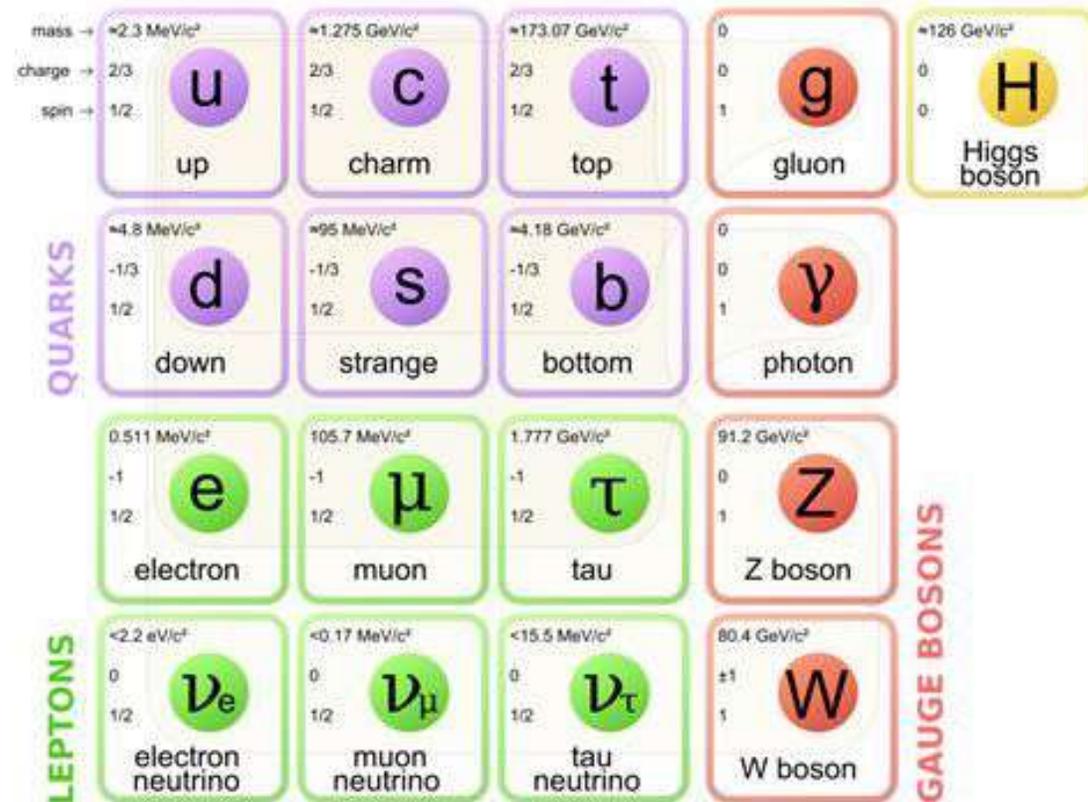
Annexe : chambre à brouillard



Annexes : Boson de Higgs et LHC



Annexe : Modèle standard de physique des particules



Annexe : mécanique relativiste et collisions de particules

$$\begin{pmatrix} x^{10} \\ x^{11} \\ x^{12} \\ x^{13} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma & -\gamma\beta & 0 & 0 \\ -\gamma\beta & \gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} x^0 \\ x^1 \\ x^2 \\ x^3 \end{pmatrix}$$

$$\mathcal{E}^2 = p^2 c^2 + m^2 c^4, \quad \vec{p} = \frac{\mathcal{E}}{c^2} \vec{v}.$$

Transformation de Lorentz