

## Physique des Particules - TD1

---

### Lois de conservation

Examiner les processus suivants et dire pour chacun s'il est possible ou impossible dans le Modèle Standard. S'il est possible, nommer l'interaction responsable et tracer le diagramme de Feynman correspondant. S'il est impossible, énoncer la loi de conservation qui l'interdit.

- a)  $p\bar{p} \rightarrow \pi^+\pi^0$
- b)  $p \rightarrow e^+\gamma$
- c)  $p \rightarrow \Lambda\pi^+$
- d)  $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$
- e)  $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$
- f)  $\mu^- \rightarrow e^-\nu_\mu\bar{\nu}_e$
- g)  $\mu^+ \rightarrow \tau^+\nu_\tau\bar{\nu}_\mu$
- h)  $\rho \rightarrow \pi^0\pi^0$
- i)  $\rho \rightarrow \pi^-\pi^+$
- j)  $q\bar{q} \rightarrow e^-e^+$  (Drell-Yan)
- k)  $e^-e^+ \rightarrow e^-e^+$
- l)  $b \rightarrow s\gamma$  (diagramme "pingouin")
- m)  $H \rightarrow b\bar{b}$
- n)  $H \rightarrow \gamma\gamma$

### L'expérience MEG (Muon to Electron Gamma)

L'expérience MEG (Muon to Electron Gamma) avait présenté, lors de la conférence internationale de physique des hautes énergies ICHEP 2010, des événements qui semblaient suggérer l'existence de la désintégration  $\mu \rightarrow e\gamma$ , bien qu'une conclusion statistiquement robuste n'était pas encore possible. Récemment, plus de données ont effacé les indications de 2012, et l'expérience MEG a établi une borne supérieure encore plus contraignante du taux de désintégration de  $\mu \rightarrow e\gamma$ .

- a) Quel est le principe qui interdit cette désintégration ?
- b) Si vous disposez d'un faisceau de muons, d'une cible pour les arrêter et de deux cristaux scintillants NaI, qui servent à mesurer l'énergie totale d'un électron/positron ou d'un rayon gamma, comment les arrangerez-vous par rapport au faisceau de muons ?
- c) Quels signaux seraient produits par des vrais événements  $\mu \rightarrow e\gamma$  ? Précisez quelles doivent être les énergies du  $\gamma$  et de l' $e$ . Un des bruits de fond est donné par les événements  $\mu \rightarrow e\gamma\nu_e\bar{\nu}_\mu$ , dont les neutrinos ne sont pas détectés. Comment pourrez-vous distinguer ce bruit de fond des vrais événements signal ? Quelle caractéristique du détecteur est essentielle pour une bonne élimination de ce bruit de fond ?

Vous pouvez vérifier vos réponses en regardant les transparents d'ICHEP 2010 et 2012 :

<http://petitlien.fr/meg2010> et <http://petitlien.fr/meg2012>

(MEG se sert d'une cuve de Xénon liquide au lieu d'un cristal NaI, le but étant le même. Par contre, un des deux cristaux est remplacé par un trajectographe et un champ magnétique. Pourquoi ?)

## Un peu de cinématique

- a) L'expérience OPERA recherche l'apparition des neutrinos  $\nu_\tau$  dans un faisceau de neutrinos  $\nu_\mu$  produit au CERN. Le détecteur est situé sous la montagne il Gran Sasso en Italie, dans les Abruzzes. Calculer le seuil en énergie du neutrino pour la réaction  $\nu_\tau + e^- \rightarrow \tau^- + \nu_e$ . Expliquer pourquoi la réaction  $\nu_\tau + n \rightarrow \tau^- + p$  est plus favorable cinématiquement.
- b) Un faisceau de protons ( $M = 1 \text{ GeV}$ ) de 25 GeV entre en collision avec les nucléons des noyaux d'une cible fixe. Les noyaux sont au repos et les nucléons sont liés dans ces noyaux. Les nucléons ont cependant un mouvement à l'intérieur du noyau (mouvement de Fermi), dont les énergies vont jusqu'à 20 MeV. Quelle est la variation dans l'énergie du centre de masses induite par cet effet ? Évaluez  $\sqrt{s}$  pour les cas où le mouvement des nucléons est parallèle et antiparallèle à la direction du faisceau.