

Examen de Physique des Particules
5 juin 2012 — Durée 1h30

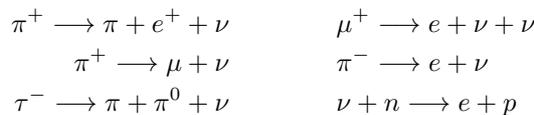
Règles de Feynman de l'interaction électrofaible :

- Pour les lignes externes d'un graphe :
 - à chaque particule de spin $\frac{1}{2}$ entrante, on associe : $u(p, s)$
 - à chaque particule de spin $\frac{1}{2}$ sortante, on associe : $\bar{u}(p, s)$
 - à chaque anti-particule de spin $\frac{1}{2}$ entrante, on associe : $\bar{v}(p, s)$
 - à chaque anti-particule de spin $\frac{1}{2}$ sortante, on associe : $v(p, s)$
 - à chaque particule de spin nul entrante, on associe une constante N_a
 - à chaque particule de spin nul sortante, on associe une constante N_a
 - à chaque anti-particule de spin nul entrante, on associe une constante N_a
 - à chaque anti-particule de spin nul sortante, on associe une constante N_a
- Pour les lignes internes d'un graphe :
 - propagateur de photon : $\frac{-ig^{\mu\nu}}{q^2}$
 - propagateur de fermion : $\frac{\gamma^\mu q_\mu + m}{q^2 - m^2}$
 - propagateur de boson massif : $-i \frac{g^{\mu\nu} - \frac{q^\mu q^\nu}{m^2}}{q^2 - m^2}$
- Pour les vertex :
 - entre un photon et 2 fermions de même charge e : $-ie\gamma^\mu$
 - entre un photon et 2 bosons de même charge e et de quadri-impulsions p_a et p'_a : $-ie(p_a + p'_a)^\mu$
 - entre un boson intermédiaire W^\pm et 2 fermions : $-i \frac{g}{2\sqrt{2}} \gamma^\mu (1 - \gamma_5)$

Le signe global d'un diagramme n'étant pas observable, on doit tenir compte de la statistique de Fermi-Dirac en considérant que deux diagrammes différant par l'échange de deux fermions identiques dans l'état initial ou final, ou l'échange d'une paire fermion-antifermion dans l'état initial ou final doivent avoir des signes opposés.

Exercice 1 : Mécanismes réactionnels interactions électro-faibles

Equilibrer les 6 réactions suivantes (en distinguant si besoin les anti-neutrinos des neutrinos et en indiquant le signe des particules chargées):



Exercice 2 : la diffusion pion-pion

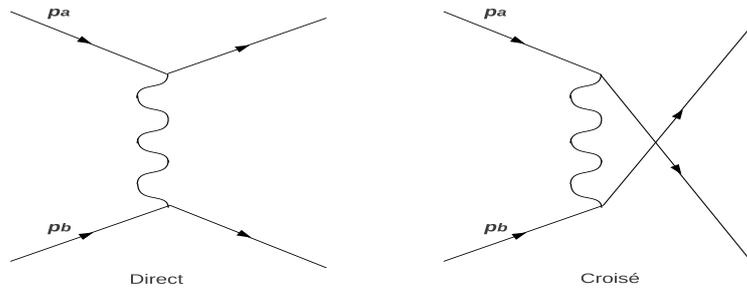
Dans cette partie on se propose de calculer la section efficace de diffusion

$$\pi^-(p_a) + \pi^-(p_b) \longrightarrow \pi^-(p_c) + \pi^-(p_d)$$

Les pions seront considérés fictivement comme des particules ponctuelles n'ayant que des interactions électromagnétiques.

1 / Justifier que l'on considère deux diagrammes de Feynman, dits diagramme direct et croisé.

2 / Compléter ces deux diagrammes de Feynman en indiquant clairement les paramètres physiques à considérer.



3 / Exprimer l'amplitude invariante $T_{\pi-\pi-}(p_a, p_b; p_c, p_d)$ correspondant aux deux diagrammes direct et croisé en fonction des quadri-impulsions.

4 / Donner l'expression de $|T|^2$ en fonction des variables de Mandelstam $s = p_a + p_b$, $t = p_a - p_c$ et $u = p_a - p_d$.

5 / Donner l'expression de $|T|^2$ à la limite ultra-relativiste, que l'on précisera. Quelle limite inférieure en énergie peut-on envisager pour que cette approximation soit valable?

6 / Justifier que la section efficace différentielle (par unité d'angle solide) s'écrive dans le référentiel du centre de masse :

$$\frac{\partial\sigma}{\partial\Omega} = \frac{1}{64\pi^2s} \overline{|T|^2}$$

En déduire l'expression de la section efficace totale.

Exercice 3 : Diagrammes de Feynman

Compléter les diagrammes de Feynman suivants (indiquer le sens de propagation lorsque c'est nécessaire) :

