

DIAGRAMMES DE FEYNMAN



Un **diagramme de Feynman** est une représentation graphique d'équations mathématiques particulières décrivant les interactions des particules subatomiques dans le cadre de la théorie quantique des champs. Cet outil a été inventé par le physicien américain Richard Feynman à la fin des années 1940. Il permet de représenter des calculs algébriques compliqués sous forme graphique. Le temps s'écoule de gauche à droite et l'espace évolue du bas en haut, mais attention, il y a des petits malins qui arrivent à prôner une autre configuration. Chaque point de croisement symbolise une interaction que l'on appelle aussi vertex.



| Éléments | Particules | Ex. Annihilation d'un électron et d'un positron |
|-------------------------------|---|---|
| $f \rightarrow f$ | Fermions et anti-fermions Électron muon tau | |
| $\bar{f} \rightarrow \bar{f}$ | Tous les neutrinos Tous les trios de quarks | |
| γ | Électromagnétisme Photons | |
| W^\pm, Z^0 | Interaction nucléaire faible Boson W^+ W^- Z^0 | |
| g | Interaction nucléaire forte 8 gluons | |
| --- | Boson de Higgs H^0 | |

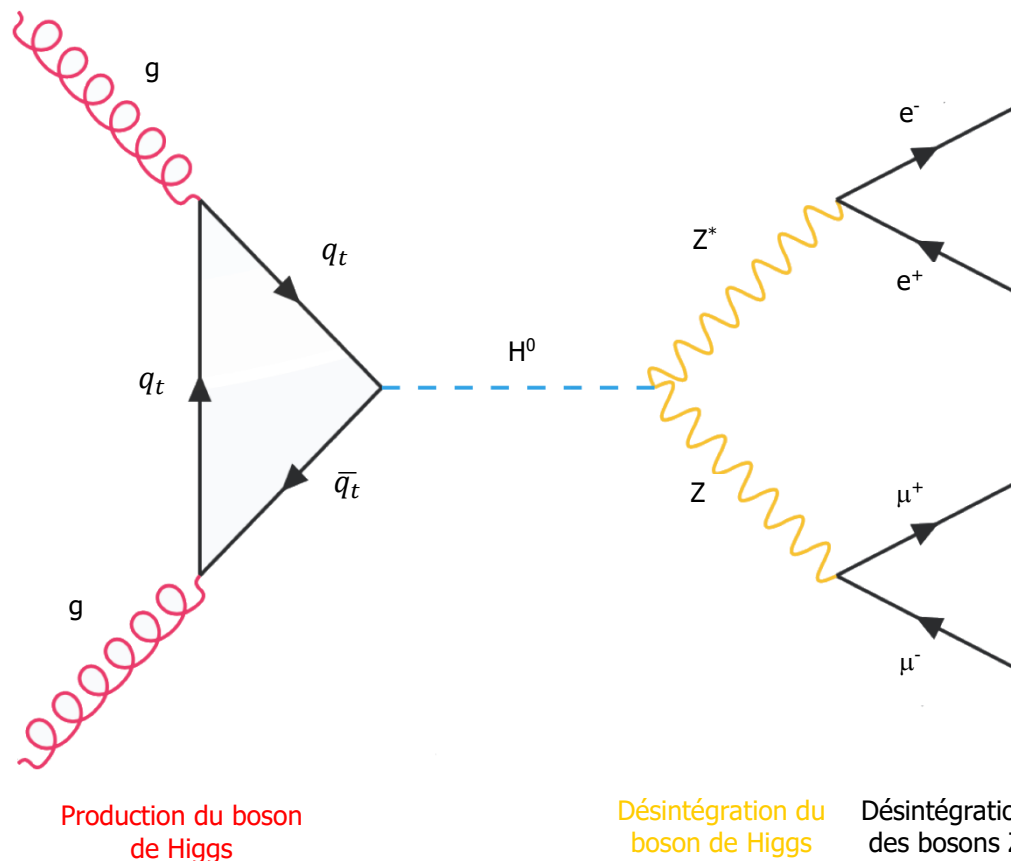
Voici l'ensemble des vertex du Modèle Standard de la physique des particules :

- ✚ Conservation de la quadri-impulsion. Extension de la quantité de mouvement à un espace-temps à 4 dimensions.
- ✚ Conservation du spin. Concerne toutes les particules du Modèle Standard.
- ✚ Conservation de la charge électrique (Coulomb). Proton (positif) Électron (négatif) Quark ($\pm 1/3e$ ou $\pm 2/3 e$).
- ✚ Conservation de la saveur des quarks (Up Down ...) et des leptons (électron, muon, tau avec neutrino associé).
- ✚ Conservation de la charge des couleurs. (rouge, vert, bleu et cyan, magenta, jaune).

| Règles d'écriture : | |
|---------------------|--|
| Quarks | $q \bar{q} \quad q_u \quad q_c \quad q_t \quad q_d \quad q_s \quad q_b$ |
| Leptons chargés | $e^- \quad e^+ \quad \mu^- \quad \mu^+ \quad \tau^- \quad \tau^+$ |
| Neutrinos associés | $\nu_e \quad \bar{\nu}_e \quad \nu_\mu \quad \bar{\nu}_\mu \quad \nu_\tau \quad \bar{\nu}_\tau$ |
| Gluons | $g_{rc} \quad g_{rm} \quad g_{rj} \quad g_{vc} \quad g_{vm} \quad g_{vj} \quad g_{bc} \quad g_{bm} \quad g_{bj}$ |

Les gluons possèdent une couleur + une anti-couleur.
Particularité :
 Les baryons ($3q$) ont besoin de 6 gluons.
 Les mésons ($q\bar{q}$) ont besoin de 2 gluons.
 Nous avons donc un gluon excédentaire.

Nous allons décortiquer le diagramme de Feynman de la découverte du boson de Higgs (CERN 2012).



Les particules entrantes g sont deux gluons produits par la collision de deux protons. Ensuite les gluons *échangent* un quark top virtuel, ce qui produit une paire particule-anti-particule de quarks top-anti-top virtuels. Après, cette paire *s'annihile* pour produire un boson de Higgs. Le boson de Higgs a une durée de vie très brève, $\sim 10^{-22}s$ avant qu'il ne se désintègre. Il est donc impossible de le détecter directement. Il peut se désintégrer en différents types de particules (selon les vertex considérés par la théorie). Sur ce diagramme, on peut observer sa désintégration en deux bosons Z , dont l'un est virtuel (Z^*). La dernière étape est la désintégration de chaque boson Z en paire particule-antiparticule, électron-positron pour l'un et muon-antimuon pour l'autre. ATLAS peut détecter ces quatre particules réelles, nous permettant de reconstruire les propriétés du boson de Higgs intermédiaire.

Production du boson de Higgs

Désintégration du boson de Higgs

Désintégration des bosons Z