

BOSON DE HIGGS

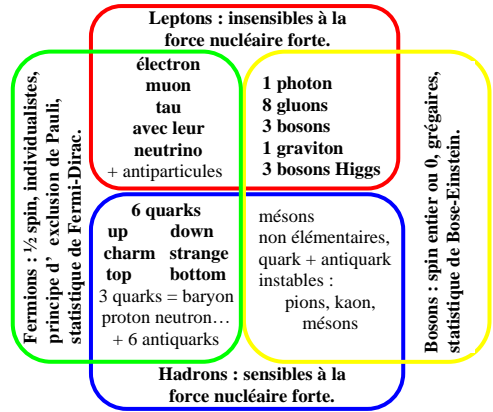


Alors qu'il a fallu près de 25 siècles pour que l'hypothèse atomique fût acceptée comme une véritable conception scientifique, en quelques dizaines d'années plusieurs niveaux d'éléментарité dans la structure de la matière ont été mis en évidence : **[molécules [atomes [proton, neutron & électron [hadron & leptons [quark]]]]]**, selon le modèle des poupées russes. La dynamique de ces particules emboîtées relevait de 4 interactions qualifiées de fondamentales, dans le cadre du modèle standard [MS].

Interaction	Médiateur bosons
nucléaire forte	8 gluons g
nucléaire faible	3 bosons Z_0 W^+ W^-
électromagnétique	1 photon γ
higgs	3 bosons H_0 H^+ H^-
gravitation	1 graviton G

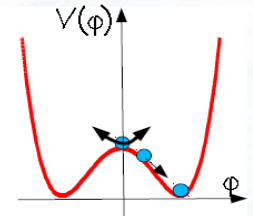
La première évolution vers le [MS] est intervenue au début du XX^e siècle par la relativité générale d'Einstein, qui englobe la théorie de gravitation de Newton. La seconde évolution s'est produite à la fin des années 1940 avec l'élaboration de l'électrodynamique quantique [QED] qui englobe la théorie électromagnétique de Maxwell.

Dès les années 1960, une fois le niveau des quarks découvert, la chromodynamique quantique [QCD] se développe en parallèle à la théorie quantique de l'interaction faible. Ensuite, les physiciens ont compris qu'il y avait des liens étroits entre deux des quatre forces fondamentales, la force faible et la force électromagnétique. Ces dernières peuvent être décrites dans le cadre d'une théorie unifiée, qui constitue la base du Modèle standard. On entend par « unification » le fait que l'électricité, le magnétisme, la lumière et la force nucléaire faible sont tous des manifestations d'une seule et même force appelée **force électrofaible**. En 1964, Robert Brout, François Englert, Peter Higgs ont postulé chacun de leur côté l'existence du boson de Higgs, aussi connu sous le nom de boson BEH, en tant que 5^e interaction.



Le mécanisme BEH :

- Le champ BEH(η) emplit l'univers mais initialement (juste après le Big Bang) sa valeur est en moyenne nulle. Les particules élémentaires qui interagissent avec ce champ nul n'acquiescent aucune masse.
- 10⁻¹² s après le Big Bang, le champ BEH subit une transition de phase. Sa valeur moyenne devient non nulle et constante en tout point de l'espace. Une particule libre acquiert une énergie d'interaction proportionnelle à sa masse et au carré de la valeur du champ. Cette particule devient massive et sa masse est constante.
- Toutes les particules élémentaires interagissent avec le champ BEH sauf les photons et les gluons qui demeurent donc de masse nulle.



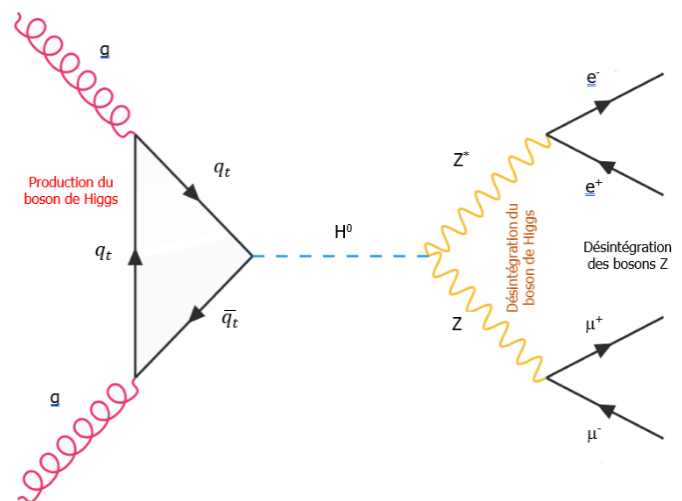
Les médiateurs des interactions électrofaibles **W⁺ W⁻** et **Z₀** furent effectivement découverts au **CERN** dans les années 1980, grâce au **LEP**, l'accélérateur qui précéda le **LHC**. Ils sont environ 100 fois plus lourds que le proton et ont une durée de vie de l'ordre de 10⁻²⁴ s. Pendant de nombreuses années, le problème a été qu'aucune expérience n'avait observé le boson de Higgs, ce qui aurait permis de confirmer la théorie.



Englert et Higgs au CERN en 2012.

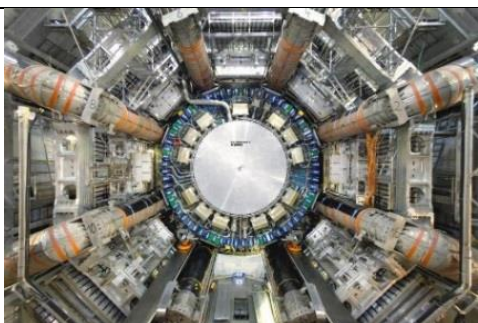
Identifié dans **Atlas** et **CMS** avec un niveau de confiance de 99,9999%, le **boson de Higgs H₀** est présenté au monde entier le 4 juillet 2012. Les physiciens profitent à présent de la maintenance du **LHC**, de 2013 à 2015, pour consolider leurs analyses. Peu à peu, ils entrevoient les horizons de la nouvelle physique et réfléchissent déjà aux machines du futur pour continuer cette quête scientifique et humaine inédite.

La méthode est de faire sortir le boson en faisant entrer en collision des protons (composés chacun de trois quarks) à des vitesses très proches de celle de la lumière. L'énergie libérée devait être suffisante pour créer le boson et, quelques instants plus tard, le voir disparaître en gerbes bien particulières de particules. Ces événements étant cependant rares, l'observation a duré près de deux ans avant de pouvoir confirmer la découverte.



Précision : si le boson de Higgs est fugace, ce n'est pas le cas du champ de Higgs dans lequel nous baignons en permanence. C'est ce champ qui est responsable de notre *masse*, alors que le champ gravifique de la Terre est responsable de notre *pooids*.

La masse des protons et des neutrons provient de façon écrasante de l'énergie contenue dans la mer de gluons échangés entre les quarks dans ces nucléons, le champ de Higgs y prend une toute petite part.



Quelques chiffres concernant le LHC :

- Circonférence :** 26659 m
 - Vitesse** des protons : 0,999999991 fois la vitesse de la lumière.
 - Température :** le LHC est refroidi à 1,9 °K, c'est l'endroit le plus froid de l'Univers.
 - Pression :** 10 fois moins que sur la surface de la Lune, soit 10⁻¹³ hectopascal.
 - Proportion de bosons de Higgs :** il y a plusieurs milliers de particules produites toutes les 25 milliardièmes de seconde, et un seul boson de Higgs toutes les 10 secondes !!!
- ← Le détecteur Atlas 7000 t