

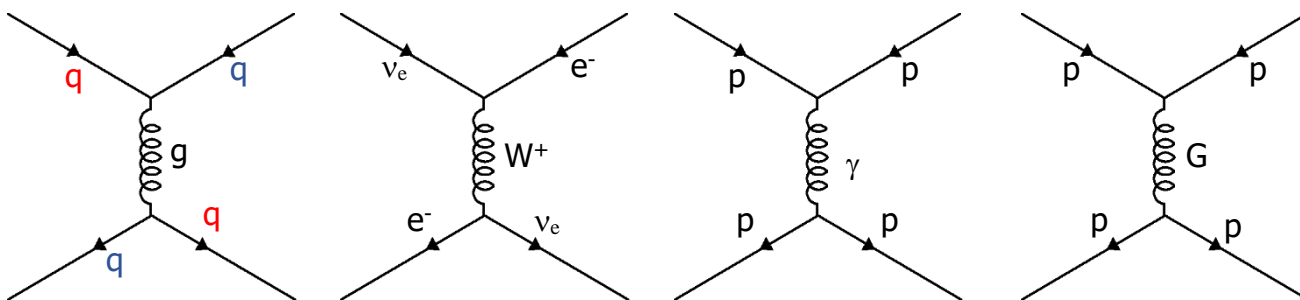
Les particules élémentaires de la matière interagissent grâce aux forces physiques fondamentales. Cela se produit non pas par un processus continu, mais par une série d'actions isolées, dans lesquelles une troisième particule ou médiatrice (un intermédiaire en somme) s'échange entre les deux partenaires de l'interaction. Ces médiatrices s'appellent les bosons.

Interaction	Médiateur bosons	Spin	Portée	Force	Masse	Interaction entre
nucléaire forte	8 gluons $g$	1	$10^{-13}$ cm	1	$\approx 81000$	quarks (hadrons)
nucléaire faible	3 bosons $W^+$ $W^-$ $Z^0$	1	$10^{-17}$ cm	$10^{-5}$	91187	leptons et hadrons, radioactivité naturelle
électromagnétique	1 photon $\gamma$	1	$\infty$	1/137	0	toutes les particules chargées, lumière
gravitation	1 graviton $G$	2	$\infty$	$10^{-39}$	0	toutes les particules
higgs	3 bosons de Higgs	0	courte	?	125090	fermions

La masse est donnée en  $\text{MeV}/c^2$   $1 \text{ MeV}/c^2 = 1.783 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$

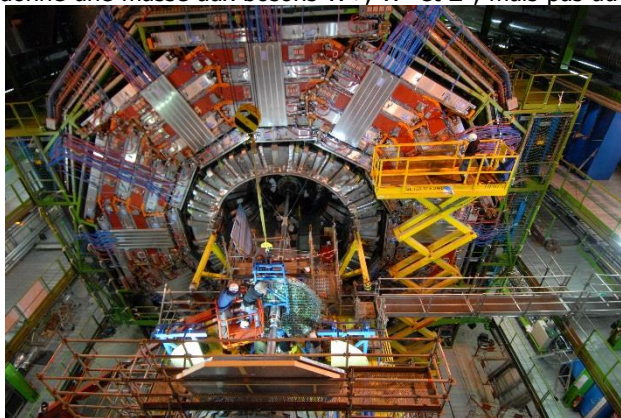
- Le "rêve" de la force nucléaire forte => **Atomes de fer**
- Le "rêve" de la force électromagnétique => **Atomes nobles He Ne Ar etc.**
- Le "rêve" de la force de gravitation => **Trous noirs**

Toute variété, toute nouveauté seraient absentes d'un monde où les forces auraient pu pousser, jusqu'au bout, leurs aspirations et exprimer à fond leur puissance de liaison. Le paysage atomique serait réduit à la monotonie du fer, le paysage stellaire à la monotonie des trous noirs.



En 1968, les Américains Glashow et Weinberg et le Pakistanais Salam ont réussi à unifier les forces nucléaires faible et électromagnétique en une seule et même interaction, baptisée « **électrofaible** ». Les trois chercheurs ont dû imaginer l'existence de particules porteuses de cette interaction, qu'ils appelèrent bosons intermédiaires  $W^+$ ,  $W^-$  et  $Z^0$ . La théorie permit même de doter les bosons  $W^+$ ,  $W^-$  et  $Z^0$  de masses – respectivement 80 et 91 milliards d'électronvolts. Une interrogation de taille subsistait : pourquoi, alors que force électromagnétique et interaction faible sont supposées être les deux facettes d'une même force, la particule qui porte la première n'a pas de masse alors que celles qui portent la seconde en ont une, énorme qui plus est ? La solution fait appel à un mécanisme élaboré par Englert, Brout et Higgs en 1964 : selon ce mécanisme, il y a eu, au moment de la séparation des deux forces, une « brisure de symétrie » qui donne une masse aux bosons  $W^+$ ,  $W^-$  et  $Z^0$ , mais pas au photon. Un tel phénomène nécessite l'existence d'une nouvelle particule,

**Définition du spin :**  
 Spin 0 : la particule est semblable depuis toutes les directions  
 Spin 1 : il faut tourner de  $360^\circ$  pour retrouver le même aspect.  
 Spin 2 : il faut tourner de  $180^\circ$  pour retrouver le même aspect.  
 Spin  $1/2$  : il faut tourner de  $720^\circ$  pour retrouver le même aspect.



le boson de Higgs, qui vient alors compléter le tableau, afin de rendre la théorie électrofaible cohérente. En 1983, Rubbia et van der Meer mirent directement en évidence dans l'anneau de l'accélérateur **SPS** (CERN) les bosons  $W^+$ ,  $W^-$  et  $Z^0$ . Également au CERN, identifié dans **Atlas** et **CMS** avec un niveau de confiance de 99,9999%, le **boson de Higgs** 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. Du même coup, le **modèle standard de la physique des particules** s'en trouve fortement consolidé.

L'étape suivante consiste en principe à relier l'interaction forte au tandem électrofaible. « C'est ce que vise à réaliser la théorie de la grande unification. La force ainsi unifiée est baptisée électro nucléaire. Un ingrédient supplémentaire doit probablement être ajouté. L'idée de supersymétrie, consiste notamment à échanger les rôles des particules du genre matière (fermions) avec ceux d'autres corpuscules, qui sont, eux, des bosons. « *Au bilan, on se retrouve avec une famille de particules deux fois plus nombreuse : à chaque fermion de matière est associé un partenaire boson. Et chaque boson possède un compagnon fermion.* » Les nouvelles particules sont lourdes. « Elles fournissent un excellent candidat pour la matière noire cosmique. » Ce qui est un bel avantage. Autre atout : La supersymétrie aide à faire converger les intensités des trois forces non gravitationnelles aux hautes énergies. Ce qui est un signe de bon augure pour la réalisation de la grande unification...

Reste **le plus gros morceau**. Unir, si possible, la relativité générale d'Einstein, vision moderne de la gravitation qui s'applique à l'Univers, avec la mécanique quantique des particules, qui régit l'infiniment petit. Le fruit de ce vrai casse-tête portera le nom de « théorie du tout ». Comment réunir ces deux extrêmes que tout oppose ? Ici, l'espoir renaît avec l'avènement de la théorie des cordes, ou des supercordes si on y allie la supersymétrie.