

# Les 4 interactions fondamentales

Dernière version du 23.04.2008 23h32

## Sommaire

[1 Introduction](#) [2 L'interaction gravitationnelle](#) [3 L'interaction électromagnétique ou électrostatique](#) [4 L'interaction faible](#) [5 L'interaction forte](#) [6 Conclusion : Vers la Superforce](#)

## Introduction

Tout dans l'univers est gouverné par quatre forces fondamentales. Ces forces permettent aux particules de ne pas se séparer, à la Terre de tourner autour du Soleil, au courant de passer dans un fil... Qu'une seule des forces ait manqué à l'appel et nous ne serions pas là aujourd'hui ! J'ai nommé : la **gravitation**, la **force électromagnétique**, la **force faible** et la **force forte**. Chacune de ces forces est transportées par une ou plusieurs particule(s) un peu spéciale(s), un ou plusieurs "*boson(s)*". Je vous propose de découvrir quel est le rôle de chacune des forces, ainsi que les principales propriétés des bosons qui les transportent. Attention, ces quatre forces sont celles qui ont été découvertes, il n'est pas exclu qu'il y en ait d'autres.

## L'interaction gravitationnelle

Vous connaissez sûrement déjà cette force : la fameuse gravitation. Elle fait tourner les planètes autour de leur étoile, nous retient scotchés au sol et fait tomber la pomme sur la tête de Newton... mais il se trouve qu'elle est tellement faible qu'elle ne se fait pas ressentir au niveau des particules. Pour Einstein, il n'y a **pas** de force de gravitation, cependant la physique quantique prédit l'existence d'un "graviton", boson qui transporterait la force de gravitation. Le graviton n'a cependant jamais été observé et est une des pièces qui manque au grand puzzle de la physique des particules.

## L'interaction électromagnétique ou électrostatique

La force électromagnétique agit entre tout les objets chargés électriquement. Ils se repoussent s'ils ont une charge de même signe et s'attirent s'ils ont une charge de signes opposés. Le photon, composant de la lumière, transporte la force électromagnétique : il lie les électrons de charge négative, au noyau, de charge positive. Si la force électromagnétique n'existait pas, l'univers ne serait qu'une infâme bouillie (si j'ose ainsi m'exprimer) de noyaux atomiques et d'électrons solitaires. Le photon n'a pas de masse ni de dimensions et se déplace à la vitesse maximum, celle de la lumière : environ  $3.10^8$  mètres par seconde.

## L'interaction faible

La force faible est une force de destruction. Elle est responsable de nombreuses désintégrations radioactives. Bien que d'une portée limitée (elle ne dépasse pas les frontières du noyau), elle est inexorable : toutes les particules, à de rares exceptions, sont destinées à se désintégrer. La force faible est transportée par trois particules obèses : les *bosons*  $W^+$ ,  $W^-$ , et  $Z^0$  (prononcez : Doublevé plus, Doublevé moins, Zède zéro).

## L'interaction forte

Alors que la force faible est destructrice, la force forte, elle est attractive. Elle lie les quarks entre eux (plus d'infos : [Structure de la matière](http://www.daskoo.org/4-la-structure-de-la-matiere.cours) (<http://www.daskoo.org/4-la-structure-de-la-matiere.cours>)), permettant ainsi aux protons et aux neutrons d'exister. Elle permet également la cohabitation de plusieurs neutrons au sein du noyau, en s'opposant à la force électromagnétique. Cette force, sans qui l'univers ne serait qu'un plasma de quarks et de bosons, est transportée par les *gluons*, de masse nulle, et de portée infinie. La *charge* (équivalent de la charge électrique dans l'interaction électromagnétique) intervenant en interaction forte s'appelle la *couleur*. Il existe trois couleurs, inobservables au niveau macroscopiques et même à celui des particules existantes. Par exemple, un proton est composé de trois quarks  $u, u, d$  ( $u = \text{up}$  et  $d = \text{down}$  ; on dit aussi  $p, p, n$ , chacun des quarks ayant une couleur différente (qu'on nommera par exemple *rouge*, *vert* et *bleu*), le proton composé des trois étant "blanc", ou "incolore". Comme on ne peut isoler un seul quark (c'est le principe du *confinement des quarks* dans les hadrons : si l'on veut isoler un quark, on doit dépenser tant d'énergie qu'on créera une paire quark-antiquark, et finalement, le quark sera toujours lié à un autre quark [les deux portant une couleur et son anticouleur associée] ou à deux autres quarks [avec trois couleurs différentes]), on n'observe jamais une particule "colorée" à l'état libre.

De plus, les quarks portent de charges électriques nulles ou de valeurs  $\pm \frac{1}{3}e, \pm \frac{2}{3}e$ ,  $e$  étant la charge du proton (l'opposé de celle de l'électron). Dans le proton, les quarks  $u$  portent une charge  $\frac{2}{3}e$  et les quarks  $d$  une charge  $-\frac{1}{3}e$ , ce qui donne bien sûr pour le proton une charge  $2 \times \frac{2}{3}e - \frac{1}{3}e = e$ . Dans un méson tel que le méson  $\pi^+$  (ou pion positif), on a deux quarks : un "up" ( $u$ ) et un "anti-down" ( $\bar{d}$ ), ce qui lui donne une charge électrique  $\frac{2}{3}e + \frac{1}{3}e = e$  ; les deux quarks ont des charges de couleur opposées, par exemple "bleu" et "antibleu", d'où la non-coloration du pion observé. Les quarks subissent l'interaction faible sous forme d'échange des bosons d'interaction appelés *gluons*. Ceux-ci échangent les couleurs, qui sont les nombres quantiques servant de charge dans l'interaction forte. Un gluon porte donc une couleur et une anticouleur, rouge, vert, bleu, et antirouge, antivert, antibleu : cela fait 9 possibilités *a priori* :  $r\bar{r}, r\bar{v}, r\bar{b}, \dots, b\bar{b}$ , mais la théorie interdit une combinaison linéaire de ces états, aussi, il ne reste que 8 gluons différents "indépendants", 8 *bosons d'interaction* pour l'interaction forte.

## Conclusion : Vers la Superforce

Les physiciens pensent que ces quatre forces n'étaient en fait qu'une lors de la création de l'Univers. Dans des conditions extrêmes, gravitation, force électromagnétique, force faible et force forte ne formeraient plus qu'une : la Superforce. Les physiciens ont déjà réussi à prouver l'unité de la force faible et de la force électromagnétique en force électrofaible, cependant le Saint Graal de la physique, la Superforce, sur laquelle travaillait Einstein sur son lit de mort, demanderait plus de 15 milliards de gigaélectrons-volts pour manifester son unité !