

Les particules élémentaires

Philippe Boucaud

Fleury la Montagne - 21 novembre 2024

Sonder la matière de plus en plus profondément révèle à chaque étape des structures de plus en plus fines. Lorsque, même avec les technologies les plus avancées, nous ne voyons pas de contenu aux ultimes constituants découverts, ces derniers sont dits « élémentaires ». Ce sont les briques les plus fondamentales avec lesquelles la totalité de la matière est décrite.

Cet exposé a présenté les candidats ayant reçu au cours de l'histoire le titre de « constituant élémentaire », avant d'en être dépossédés par l'avancée des découvertes ou l'invention de nouveaux moyens d'investigation.

Ce parcours historique s'est ouvert sur le monde grec ancien avec les atomes de Démocrite, puis avec les quatre éléments (l'eau, la terre, l'air et le feu) d'Empédocle et Aristote, conception qui a dominé la pensée occidentale pendant plus de deux mille ans. Ont suivi les éléments chimiques avec Dalton, puis l'électron (Thomson), le noyau atomique (Rutherford) et ses composants, protons et neutrons.

Quelques expériences clefs, jalons importants du cours de cette évolution des connaissances, ont été présentées, ainsi que le LHC, le grand accélérateur du CERN à Genève, avec un de ses détecteurs.

Fut alors exposée la conception actuelle dans laquelle toute la matière ordinaire est décrite au moyen d'une famille de quatre types de particules élémentaires : deux quarks, u (up) et d (down), l'électron et le neutrino.

Les quarks u et d, impossibles à isoler individuellement, s'assemblent par trois pour former les protons et les neutrons. Protons et neutrons se liant par l'interaction forte forment les noyaux atomiques, très petits (quelques 10^{-15} m) et extrêmement denses. Les noyaux s'entourent d'un nuage d'électrons dont la charge électrique négative compense celle positive des protons. Le résultat est un atome électriquement neutre. Chaque élément chimique est formé d'un atome qui lui est propre caractérisé par le nombre de protons de son noyau.

La notion de particules médiatrices qu'échangent les particules de matière au cours de leurs interactions (photons pour l'électromagnétisme, gluons pour l'interaction forte et bosons W et Z0 pour l'interaction faible) a été introduite.

Au cours du XXème siècle, les expériences ont montré l'existence d'une matière exotique, de durée de vie extrêmement brève, ayant existé lorsque l'Univers en sa jeunesse était suffisamment chaud, et pouvant être recréée actuellement, très fugacement, par les collisions à haute énergie provoquées dans les accélérateurs de particules ou par les rayons cosmiques. Deux nouvelles familles de particules élémentaires forment cette matière exotique. Elles sont formées de quatre nouveaux quarks : s (étrange), c (charme), b (beauté) et t (top), deux particules similaires à l'électron : le muon et le tau et deux nouveaux types de neutrino.

Le boson de Higgs, imaginé en 1964 comme solution au problème de la génération de la masse, mais mis en évidence expérimentalement en 2012 seulement, a été ajouté au tableau, complétant l'ensemble des particules considérées actuellement comme élémentaires

Pour conclure furent évoquées quelques pistes ouvrant sur l'inconnu, objets d'intenses recherches actuellement : familles, hiérarchie de masses, antimatière, neutrinos, matière noire, énergie noire, gravitation quantique,