

PHYSIQUE // Cent ans après la découverte par Niels Bohr de la structure de l'atome et un an après celle du boson de Higgs, l'exploration continue. Nouvelle frontière : la supersymétrie, alias « Susy ».

Susy, la belle dont rêvent les physiciens

Yann Verdo
yverdo@lesechos.fr

Juillet 1913 : un tout jeune physicien danois, Niels Bohr, publie dans « Philosophical Magazine », la doyenne des revues scientifiques, un article dans lequel il perce à jour le secret de l'atome et donne par là même occasion son véritable coup d'envoi à la physique quantique (lire ci-dessous). Juillet 2012 : le gratin mondial de la physique des particules, réuni à Melbourne, applaudit à tout rompre à l'annonce de la détection du boson de Higgs par Atlas et CMS, les deux instruments phares de l'accélérateur de particules LHC.

Deux événements qui se font écho à un siècle de distance, la découverte du fameux boson venant couronner cette grande aventure intellectuelle que fut, dans le sillage de l'article fondateur de Bohr, la conquête de l'infiniment petit. Car le « Higgs », comme les physiciens des particules le nomment familièrement, ce n'était pas seulement une brique de plus à ranger dans la boîte à Lego de la nature, mais bien la dernière qui manquait à l'appel. L'ultime pièce du puzzle. La clef de voûte d'un édifice de papier connu sous le nom de « modèle standard de la physique des particules » (la cosmologie a aussi son modèle standard, qui est le big bang). Un cadre théorique dans lequel sont répertoriées, classées et décrites toutes les sortes de particules élémentaires existant dans l'univers.

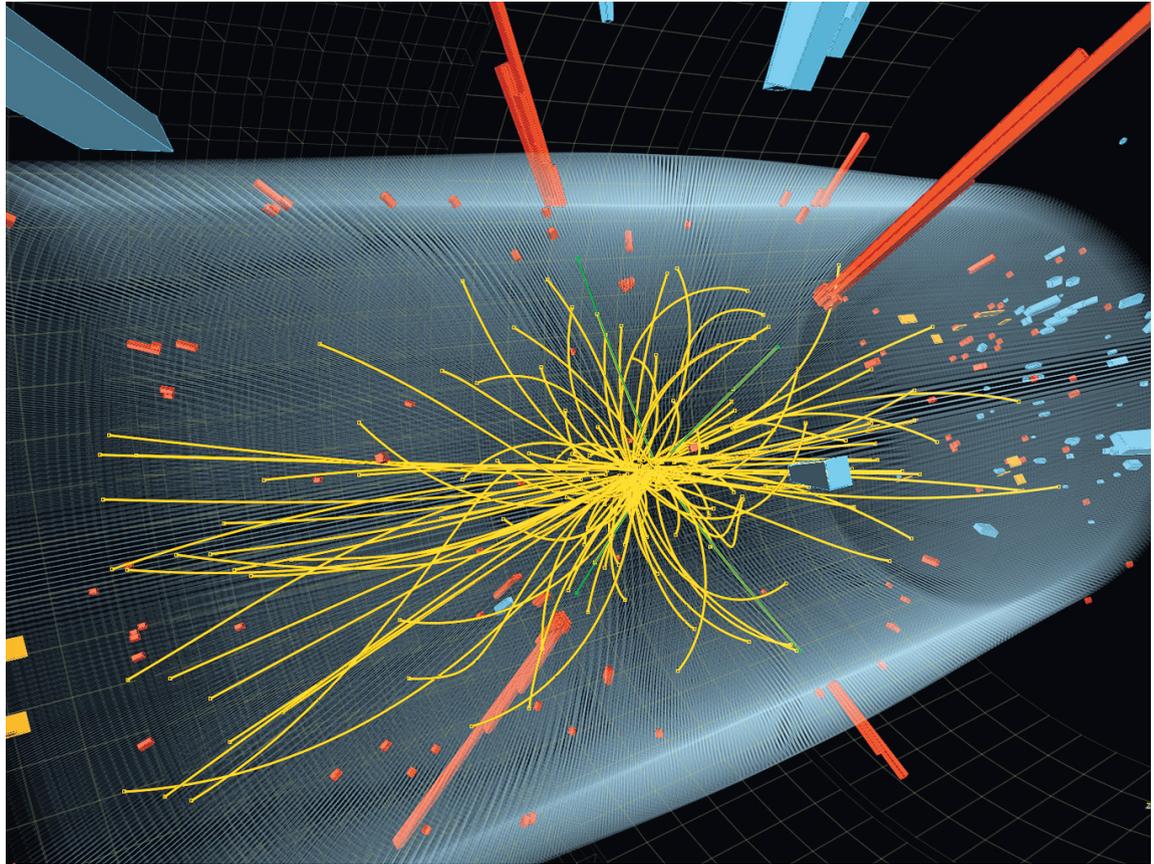
Elles sont au nombre de 25. Ou plutôt 12 + 12 + 1. Les douze premières, que les physiciens appellent des « fermions », sont les particules de matière. Les plus courants sont l'électron (première particule élémentaire à avoir été découverte, en 1897), les quarks (qui sont les constituants des protons et des neutrons formant le noyau atomique) et le neutrino, impliqué dans la radioactivité bêta et détecté pour la première fois en 1956 à proximité d'une centrale nucléaire. Les douze particules suivantes, appelées « bosons », transportent les forces permettant aux fermions d'interagir : le plus connu est le photon, ce grain de lumière de masse nulle dont l'existence fut prédite par Albert Einstein dès 1905 (et confirmée expérimentalement en 1922) ; la force qui lui est associée est l'électromagnétisme.

Quant à la 25^e et dernière particule – le fameux « boson de Higgs » –, bien que rangée elle aussi dans la catégorie des bosons, elle est très différente de ses petits cousins : aucune force ne lui est associée, mais un champ physique emplissant tout l'espace et avec lequel peuvent ou non interagir fermions et bosons (lire ci-contre).

Vers une nouvelle physique

Postulée en 1964 par le Britannique Peter Higgs (ainsi que par les Belges Robert Brout et François Englert), l'existence de cette pièce maîtresse du modèle standard n'avait pu être confirmée par les prédécesseurs moins puissants du LHC, tels que le LEP et le Tevatron. La détection du boson de Higgs, qui a impliqué un total de 6.000 physiciens, a été rendue possible par la formidable énergie déployée dans l'anneau du CERN : les deux faisceaux de protons fonçant l'un sur l'autre à une vitesse très proche de celle de la lumière possédaient chacun une énergie de 4 téraélectronvolts (TeV, 10^{12} électronvolts). Cette puissance de feu a permis au LHC de produire en un an autant de données que le Tevatron durant ses vingt-huit années d'existence. Cerise sur le gâteau : le boson a été trouvé avec une masse de 125 gigaélectronvolts (GeV, 10^9 électronvolts), pile dans la fourchette prédite par le modèle standard.

Après ce succès, le LHC a été mis à l'arrêt en février dernier pour un repos bien mérité. Pour autant, croire que la messe est dite serait une grave erreur, souligne Sandrine Laplace, du Laboratoire de physique nucléaire et de hautes énergies (LPNHE). « Au contraire, c'est maintenant que tout commence. Croyez-moi, nous n'avons jamais



Deux faisceaux de protons se heurtent à très grande vitesse au sein de l'anneau du LHC, produisant une gerbe d'autres particules élémentaires. Photo CERN

autant travaillé que depuis juillet 2012 ! » Trouver le boson dans le bon intervalle de masse n'a été qu'une première étape, explique la chercheuse du CNRS. « Ce que nous faisons maintenant, c'est analyser l'avalanche de données recueillies lors des collisions, à la recherche d'infimes discordances entre les prédictions et les observations qui pourraient être l'indice d'une nouvelle physique. »

Une nouvelle physique ? Bien que formant un tout (relativement) cohérent, le modèle standard – tous les physiciens des particules s'accordent à le dire – n'est pas la théorie ultime. Et ce pour différentes raisons, dont le fait que la masse du Higgs, justement, pose problème. Plus on monte en énergie, c'est-à-dire plus on se rapproche des conditions extrêmes de densité et de température de l'univers primordial, plus cette masse augmente. Jusqu'à finir par atteindre l'infini (les physiciens disent : diverger) au moment du big bang.

Cette divergence est l'un de ces aiguillons qui poussent les physiciens théoriciens à proposer de nouvelles théories. L'une d'entre elles, baptisée la « supersymétrie » (« Susy » en abrégé), postule qu'à chacune des particules du modèle standard correspond une particule partenaire, beaucoup plus massive qu'elle et de nature opposée (un boson pour un fermion et vice versa). La supersymétrie, dont il existe quantité de

modèles différents, règle bien des problèmes. Elle jette un pont entre le monde des fermions et celui des bosons ; elle permet de prendre en compte la gravitation (la dernière des quatre forces à l'œuvre dans l'univers), absente du modèle standard. Et elle supprime la divergence affectant la masse du boson de Higgs à l'instant zéro.

Mais tout cela a un prix : le doublement du nombre de particules élémentaires, sachant qu'aucune de ces « superparticules » (symétriques des particules connues) n'a encore été observée ! Ce qui n'est pas forcément étonnant, vu qu'elles sont beaucoup plus massives et demandent donc beaucoup plus d'énergie pour être mises en évidence. L'anneau géant du CERN, loue la plus puissante dont disposent aujourd'hui les physiciens des particules, permettra-t-il d'en « voir » une ? Rien n'est moins sûr. « Le LHC a été conçu de telle sorte que, si le boson de Higgs existait, il finirait par le détecter. Cela n'est pas le cas des superparticules », explique Sandrine Laplace. Mais l'espoir est permis. Quand le LHC sera remis en service début 2015, « l'énergie cumulée des collisions passera de 8 à 13 TeV, voire 14 s'il est possible d'atteindre ce niveau sans risquer l'accident », indique José Ocariz, enseignant-chercheur du LPNHE. Un feu d'artifice qui fera peut-être se montrer l'insaisissable Susy. ■