

données étaient insuffisantes sur le plan statistique pour garantir la validité du résultat. Une nouvelle expérience était nécessaire.

Or, à cette époque, l'attention était surtout tournée vers les grands collisionneurs Tevatron, au Fermilab, et LHC, au Cern. Les physiciens espéraient y découvrir le boson de Higgs et de nouvelles particules, avec notamment la perspective de mettre en évidence la «supersymétrie». Cette extension potentielle du modèle standard prévoit l'existence, pour chaque particule connue, d'un partenaire se distinguant seulement par sa masse et son spin (une grandeur quantique qui correspond au moment cinétique intrinsèque de la particule). Par exemple, un électron, dont le spin vaut 1/2 dans les unités usuelles, serait associé à un «sélectron» de spin nul.

LES LIMITES DU MODÈLE STANDARD

Si la découverte du boson de Higgs au LHC a couronné d'une certaine façon les efforts pour valider le modèle standard, elle a aussi confirmé certains défauts de celui-ci. En effet, pour la majorité des physiciens, une masse de 125 gigaélectronvolts (environ 125 fois la masse d'un proton, en unités d'énergie) pour le boson de Higgs est difficile à expliquer.

Pour comprendre ce problème, il faut s'intéresser aux conséquences du principe d'incertitude de Heisenberg. Ce dernier autorise l'existence de fluctuations d'énergie pendant des temps très courts qui peuvent donner naissance à des particules. Ainsi, le vide n'est jamais vraiment «vide»: l'espace est le théâtre de la formation constante et sporadique de particules (par exemple un photon, ou un quark et son antiquark), qui subsistent un très bref instant et disparaissent en s'annihilant. Une particule n'est alors jamais isolée, mais toujours accompagnée d'un nuage de particules virtuelles qui influent sur ses caractéristiques. Dans le cas du boson de Higgs, ces particules virtuelles contribuent à la valeur de sa masse de façon très significative. Or le modèle standard ne nous explique pas le mécanisme qui empêche des particules virtuelles, qui pourraient intervenir à l'échelle de Planck (environ 10^{19} gigaélectronvolts) par exemple, de rendre cette masse gigantesque, supérieure de quelque 17 ordres de grandeur à la masse mesurée!

Le modèle standard n'explique pas non plus la très faible masse des neutrinos, la nature de la «matière noire» et de l'«énergie sombre» (censées représenter respectivement 25% et 69% du contenu de l'Univers), l'origine

Le modèle standard comprend 17 particules élémentaires. En 1936, en étudiant les rayons cosmiques, les Américains Carl Anderson et Seth Neddermeyer ont découvert le muon, un cousin de l'électron 207 fois plus massif. Son existence était si inattendue que le Prix Nobel de physique Isidor Isaac Rabi aura cette fameuse remarque: «Qui a commandé ça?» Comme l'électron, le muon a un spin égal à 1/2, mais contrairement au premier, il est instable; sa durée de vie moyenne est de 2,2 microsecondes.

- Quarks
- Leptons
- Bosons de jauge
- Boson de Higgs

de l'excès de matière par rapport à l'antimatière observé dans l'Univers, l'organisation en trois familles des particules, etc. Il semble donc raisonnable de considérer le modèle standard comme l'approximation à basse énergie d'une théorie plus fondamentale qui offrirait un cadre plus explicatif. Les physiciens ont exploré de nombreuses pistes et misaient en grande partie sur la supersymétrie. En effet, cette théorie permet de comprendre pourquoi la masse du boson de Higgs n'est pas gigantesque, prévoit des particules dont la matière noire pourrait être constituée, etc.

On pensait que l'énergie des collisions entre protons dans le LHC serait suffisante pour produire des particules supersymétriques. Mais les expériences n'en ont décelé aucune trace. Beaucoup de physiciens commencent donc à abandonner la piste de la supersymétrie et l'espoir de découvrir de nouvelles particules dans les détecteurs du LHC. Dès lors, pour sonder la physique au-delà du modèle standard, la stratégie des mesures de précision semble redevenir la plus prometteuse, notamment avec la mesure du moment magnétique anomal du muon, qui avait fourni des indices encourageants en 2004.

