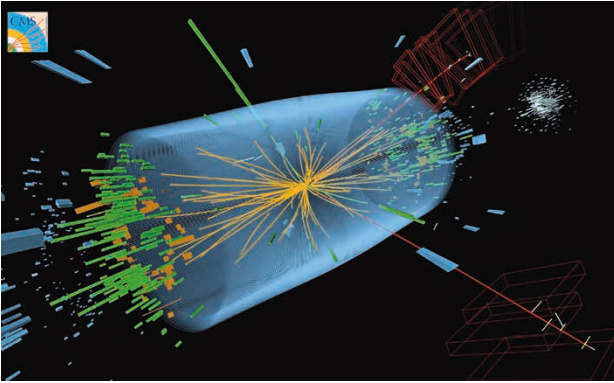


LE BOSON DE HIGGS

Dernière particule du Modèle Standard à avoir été découverte (au LHC, en 2012) et dont l'importance est cruciale : le mécanisme de Higgs donne une masse à toutes les particules et joue un rôle dans l'unification des interactions électromagnétique et faible.



Le Higgs « vu » dans CMS ?

Une collision enregistrée par CMS en 2012, qui pourrait correspondre à la production d'un boson de Higgs, suivie de sa désintégration en une paire de bosons faibles Z^0 . L'un des deux bosons se désintègre en une paire électron-antiélectron (lignes et rectangles verts), tandis que l'autre se désintègre en une paire muon-antimuon (traces rouges). Les caractéristiques des particules issues de cette désintégration permettent de déterminer la masse du boson de Higgs qui les aurait produites.

En physique des particules, chaque interaction est véhiculée par une ou plusieurs particules, d'autant plus légère(s) que la portée de l'interaction est grande. Ainsi, deux particules chargées électriquement interagissent en échangeant des photons, de masse nulle car l'interaction électromagnétique est de portée infinie.

L'interaction faible est responsable de certaines désintégrations de noyaux atomiques radioactifs. De courte portée, elle est décrite par l'échange de particules très massives (près de 100 fois la masse du proton !) : les bosons W^+ , W^- et Z^0 .

Mais durant la première moitié du XX^e siècle, les calculs des physiciens donnent des résultats infinis dès qu'ils essaient de prévoir la probabilité d'une désintégration due à l'interaction faible. Pour éviter ces absurdités, ils unissent les forces faible et électromagnétique en une seule interaction. Leurs équations deviennent alors satisfaisantes, avec un léger « problème » : toutes les particules du Modèle Standard doivent avoir une masse nulle, ce qui n'est absolument pas réaliste !

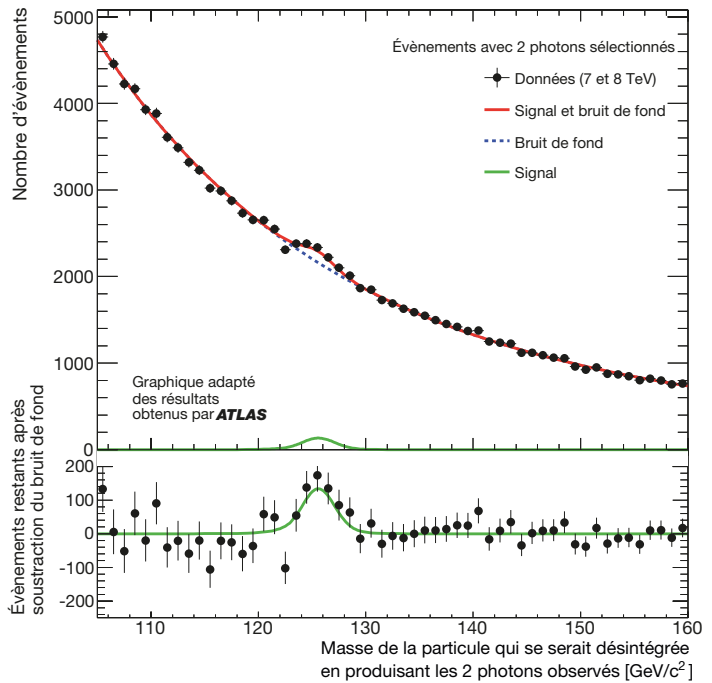
Au début des années 1960, plusieurs théoriciens, dont Peter Higgs, François Englert et Robert Brout, réalisent qu'on peut fournir des masses aux particules en ajoutant un ingrédient théorique supplémentaire, le « champ de Higgs ». Toutes les particules du Modèle Standard doivent baigner dans ce champ qui emplit l'espace. Les interactions du champ de Higgs avec les bosons W^+ , W^- , Z^0 et avec le photon fournissent une masse

aux trois premiers, mais pas au dernier. De même, ce champ « freine » plus ou moins les quarks et les leptons dans leurs déplacements, ce qui justifie leurs masses très diverses : plus une particule interagit fortement avec le champ de Higgs, plus ce champ « lui colle aux chaussures » (plus cette particule se déplace lentement) et plus elle est massive.

Mais comment vérifier l'existence de ce « champ de Higgs » ? Il y a heureusement un témoin, une particule appelée « boson de Higgs ». Ce boson ne peut pas être trop léger, car on ne semble pas l'avoir produit jusqu'à présent dans des accélérateurs de particules. Mais on sait aussi qu'il ne peut pas être trop lourd : des processus liés à l'interaction faible, mesurés au LEP (CERN) dans les années 1990, ont contraint la valeur de sa masse.

Selon le Modèle Standard, ce boson de Higgs se désintègre très rapidement en des particules plus légères. Comme il est lié au mécanisme qui conférerait leur masse aux particules élémentaires, il se désintègrera volontiers en produisant des bosons (lourds) W et Z, ou des quarks (lourds) comme le bottom.

Le 4 juillet 2012, deux expériences du CERN, ATLAS et CMS, ont annoncé la découverte d'une nouvelle particule qui se désintègre d'une manière très similaire au boson de Higgs du Modèle Standard. Sa masse (environ 125 GeV/c²) est à peine plus lourde que celle suggérée par les mesures du LEP. Actuellement (mars 2016), on ne sait pas si cette particule est « le » boson de Higgs mais aucune mesure d'ATLAS ou de CMS ne contredit cette affirmation. Il semble donc acquis qu'il s'agit « d'un » boson de Higgs, le premier représentant d'un nouveau type de particules élémentaires. Est-il le seul ? L'avenir nous le dira.



La désintégration du boson de Higgs en paire de photons, vue par le détecteur ATLAS

Pour obtenir ce résultat, ATLAS a commencé par sélectionner des événements contenant deux photons qui pourraient avoir une origine commune. En combinant les informations fournies par le détecteur, on peut calculer la masse de la particule qui se serait désintégrée en donnant ces deux photons. ATLAS « compte » alors le nombre de tels événements dans différents intervalles de masse et compare l'histogramme obtenu (points noirs) à deux modèles mutuellement exclusifs : la présence (trait plein rouge) ou l'absence (trait pointillé bleu) d'un boson de Higgs. Une « bosse », présente dans les données entre 120 et 130 GeV/c², est clairement visible dans le graphique du bas qui comptabilise l'excès d'événements par rapport à l'hypothèse « pas de boson de Higgs » – tout en prenant en compte les incertitudes expérimentales. La structure observée est suffisamment nette pour signaler la présence d'une nouvelle particule ! On peut remarquer qu'elle contient à peine quelques centaines d'événements, à comparer avec les cinq milliards de collisions enregistrées par ATLAS, sur un total de six millions de milliards de collisions proton-proton provoquées au LHC.