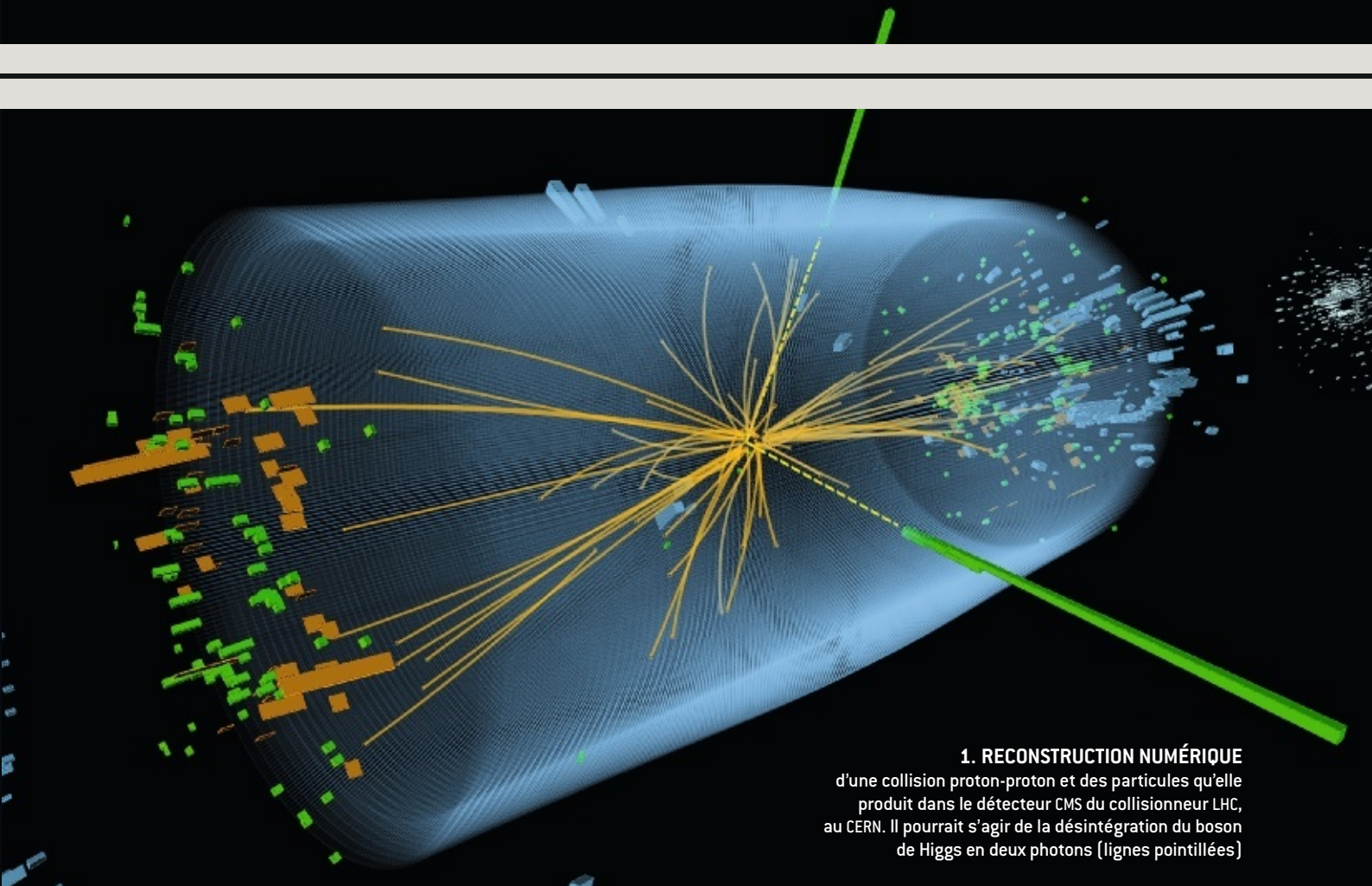




1. RECONSTRUCTION NUMÉRIQUE

d'une collision proton-proton et des particules qu'elle produit dans le détecteur CMS du collisionneur LHC, au CERN. Il pourrait s'agir de la désintégration du boson de Higgs en deux photons (lignes pointillées)

Brout, et, indépendamment, le physicien britannique Peter Higgs proposèrent un mécanisme qui évitait les incohérences. Cette solution est celle adoptée dans le modèle standard.

Selon le mécanisme de Englert-Brout-Higgs, la propriété que nous mesurons comme étant la « masse » d'une particule est le résultat d'une interaction permanente de la particule avec un champ présent partout dans l'Univers. Certaines particules, telles le W et le Z, interagissent plus intensément avec ce champ universel, ce qui leur confère une masse élevée, tandis que d'autres, comme le photon, n'interagissent pas du tout avec le champ et gardent donc une masse nulle (*voir l'encadré page 33*).

Le mécanisme de Englert-Brout-Higgs, dans sa version élémentaire, est le modèle théorique le plus simple capable de rendre compte de la différence de masse entre le photon et les bosons W et Z, ainsi que des masses des autres particules. Il existe cependant d'autres théories qui tentent de résoudre le problème de la masse. Par exemple, l'Univers pourrait

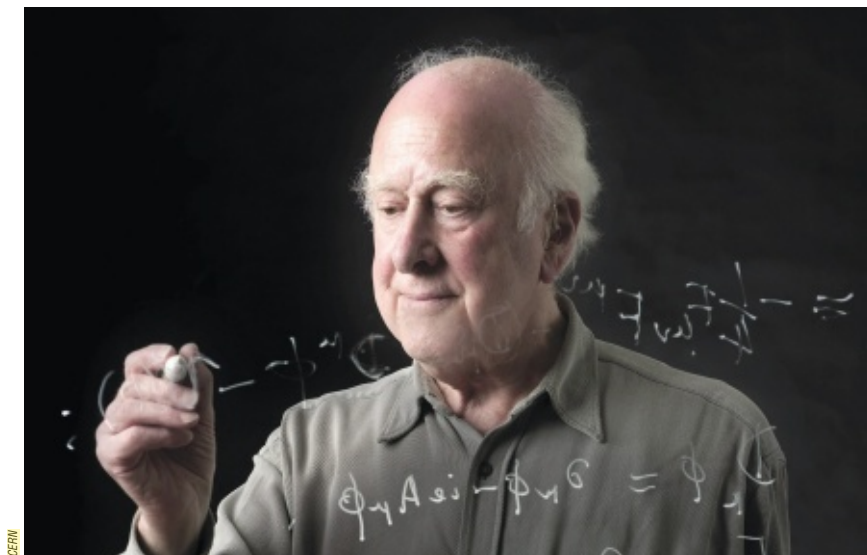
contenir des dimensions spatiales supplémentaires, compactes et imperceptibles à notre échelle; les particules n'auraient pas toutes le même comportement dans ces dimensions, ce qui leur conférerait des masses différentes.

L'existence du champ de Englert-Brout-Higgs sera prouvée si l'on découvre la particule associée à ce champ (dans la théorie quantique, toute particule élémentaire est un quantum d'un certain champ). Sa présence dans la théorie fut soulignée en 1964 par P. Higgs, d'où son nom de boson de Higgs. Dans la théorie la plus simple, celle du modèle standard, il n'y a qu'un seul boson de Higgs; mais d'autres théories n'y font pas du tout appel ou, au contraire, en nécessitent plusieurs. Seule l'expérience permettra de départager ces différentes pistes.

Quelques articles publiés au début des années 1970 examinaient la possibilité de produire et détecter le boson de Higgs dans un collisionneur de particules. La première étude systématique a été proposée par Mary Gaillard, Dimitri Nanopoulos et moi en 1975. Nous discussions

L'ESSENTIEL

- La nouvelle particule observée au CERN est une particule de spin entier et sa masse est d'environ 125 GeV. Il faut s'assurer qu'elle a bien les propriétés du boson de Higgs.
- Le boson de Higgs est une particule de spin nul, ses couplages aux autres particules sont proportionnels à leur masse et il peut se coupler à lui-même.
- L'étude de la nouvelle particule donnera peut-être des indices sur la physique au-delà du modèle standard et sur la nature de la matière noire.



CERN

2. LE PHYSICIEN BRITANNIQUE PETER HIGGS a développé, en même temps que les Belges Robert Brout et François Englert, un mécanisme qui permet de donner une masse aux particules. P. Higgs est le premier à avoir prévu l'existence d'une particule associée à ce mécanisme, et cette particule porte désormais son nom.

■ L'AUTEUR



John ELLIS est professeur de physique théorique au King's College de Londres

et chercheur au CERN à Genève.

■ BIBLIOGRAPHIE

The ATLAS collaboration, *Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC*, soumis à *Physics Letters B*, <http://arxiv.org/abs/1207.7214>

The CMS collaboration, *Observation of a new boson at a mass of 125 GeV with the CMS experiment at the LHC*, soumis à *Physics Letters B*, <http://arxiv.org/abs/1207.7235>

C. Quigg, *Le Higgs et autres quêtes du LHC*, *Dossier Pour la Science*, n° 62, janvier-mars 2009.

notamment de la production de bosons de Higgs à partir de bosons W et Z et de leur désintégration en deux photons ou en particules de masses non nulles.

Les premiers programmes de recherche du boson de Higgs ont démarré au LEP, l'accélérateur d'électrons et positrons (antiparticules de l'électron) du CERN, entre 1989 et 2000. Le boson de Higgs n'a pas été découvert dans ces expériences, mais ces dernières ont permis de conclure que sa masse devait être supérieure à 114 GeV. Les travaux au collisionneur *Tevatron*, au Fermilab, près de Chicago, ont, eux, exclu un intervalle de masses autour de 160 GeV. Parallèlement, des mesures précises de l'interaction électrofaible – une description unifiée de l'électromagnétisme et de l'interaction faible – au LEP, au *Tevatron* et dans d'autres expériences ont indiqué que la masse du boson de Higgs se trouvait avec une bonne probabilité entre les deux zones exclues.

La recherche du boson de Higgs est l'une des priorités du programme expérimental du LHC (*Large Hadron Collider*), le grand collisionneur proton-proton et successeur du LEP au CERN. Les physiciens ont optimisé la conception des détecteurs ATLAS (*A Toroidal LHC ApparatuS*) et CMS (*Compact Muon Solenoid*) pour mettre en évidence cette particule. Après le démarrage du LHC en 2009, les premiers signes d'une particule de type boson de Higgs ont été détectés à la fin de l'année 2011. L'accumulation de données expérimentales supplémentaires a permis d'annoncer le

4 juillet 2012 la découverte d'une particule d'une masse d'environ 125 GeV, qui pourrait être le boson de Higgs.

Sa durée de vie étant trop courte, le boson de Higgs ne peut pas être décelé directement par les détecteurs. Il se désintègre rapidement en d'autres particules qui, elles, peuvent être détectées par les appareils de mesure : en particulier, la désintégration en deux photons, en paires de bosons Z ou W, ou encore en paires quark-antiquark *b*. Les expériences ATLAS et CMS ont recueilli des signaux forts de désintégrations d'une nouvelle particule en photons et en bosons Z. Par ailleurs, les détecteurs DØ et CDF du *Tevatron* ont obtenu quelques signaux venant de la désintégration en paires quark-antiquark *b*.

Ces données suffisent pour affirmer aujourd'hui qu'une particule différente de celles connues a été découverte. L'étude de son spin indique qu'elle prend une valeur entière ; il s'agit donc d'un boson. Cependant, nous savons déjà que le spin de cette particule diffère de celui du photon et du boson W ou Z, qui ont un spin égal à un. Son spin vaut soit zéro, comme le prédit la théorie de Englert-Brout-Higgs, soit deux. Vérifier que le spin est bien nul fait partie des priorités. Pour ce faire, il faut par exemple mesurer la distribution angulaire des photons et des autres particules produites par la désintégration de la nouvelle particule. Ce type d'études nécessite plus de données, mais devrait être possible dès la fin de l'année 2012.

Sonder les propriétés du boson de Higgs

Une autre propriété du boson de Higgs qu'il faudra étudier est son couplage aux autres particules, c'est-à-dire l'intensité de l'interaction directe du boson de Higgs avec chacune d'elles. La théorie indique que, parce qu'il confère leur masse aux particules, son couplage avec une particule dotée d'une masse doit être proportionnel à cette dernière. Certaines informations sur les couplages peuvent être obtenues directement par l'étude des canaux de désintégration en Z, en W, en paires de quarks *b* ou en paires de taus. D'autres sont obtenues indirectement à partir de la désintégration en photons : ce processus fait apparaître des quarks *t* intermédiaires couplés au boson de Higgs, d'une part, et aux photons, d'autre part. Dans un article récent, j'ai montré avec