

La prédiction du boson scalaire par Robert Brout, François Englert et Peter Higgs

Une grande excitation règne au CERN à propos de l'annonce d'une possible découverte, ou en tout cas d'une forte avancée, dans le royaume des particules élémentaires : il s'agit de la recherche de la particule qui donne une masse à toutes les autres particules élémentaires, le fameux « boson scalaire », souvent appelé également « boson de Brout-Englert-Higgs », ou tout simplement « boson de Higgs ».

Ce « maillon manquant » parmi les constituants les plus fondamentaux de la nature a été prédit il y a 48 ans par deux physiciens de l'Université libre de Bruxelles (ULB), Robert Brout et François Englert, et par Peter Higgs, de l'Université d'Édimbourg.

Alors que l'heure de vérité approche concernant l'existence de cette particule, il est sans doute utile de mettre en perspective le cheminement de sa prédiction.

Les articles originaux

L'article d'Englert et Brout et les deux articles de Higgs furent publiés en 1964, indépendamment et presque simultanément (voir chronologie ci-dessous). Ils établissaient le mécanisme dit de « brisure de symétrie » en théorie quantique des champs, la théorie qui décrit toutes les interactions fondamentales de la nature (sauf à ce jour la gravitation). Ce mécanisme implique l'existence d'une particule auxiliaire, un boson scalaire.

Les travaux de Brout-Englert et de Higgs ont ainsi fourni un élément décisif dans la construction du « Modèle Standard » des particules élémentaires. Plus tard dans l'année 1964, G.S. Guralnik, C.R. Hagen et T.W.B. Kibble ont à leur tour étudié ces questions, et leur article – qui cite ceux d'Englert-Brout et de Higgs – discute certains aspects plus techniques.

Le Modèle Standard constitue la théorie la plus précise et la plus complète jamais construite pour comprendre les interactions fondamentales de la nature. Le mécanisme de brisure de symétrie, qui forme une partie essentielle du Modèle Standard, montre comment des interactions à très courte distance entre particules élémentaires, comme la force nucléaire faible responsable de la désintégration radioactive, et des interactions à longue distance, comme l'interaction électromagnétique de portée infinie, peuvent avoir une origine commune. Sur base de ces idées, les théoriciens Sheldon Glashow, Abdus Salam et Steven Weinberg construisirent une théorie unifiant les interactions électromagnétique et faible, qui leur valut le prix Nobel en 1979. La découverte au CERN en 1983 des bosons massifs W et Z prédits par cette théorie valut l'année suivante le prix Nobel aux expérimentateurs Carlo Rubbia et Simon van der Meer.

Chronologie

Articles	Date de réception	Date de publication
F. Englert and R. Brout Phys. Rev. Letters 13 (1964) 321	26/06/1964	31/08/1964
P.W. Higgs Phys. Letters 12 (1964) 132	27/07/1964	15/09/1964
P.W. Higgs Phys. Rev. Letters 13 (1964) 508	31/08/1964	19/10/1964
G.S. Guralnik, C.R. Hagen and T.W.B. Kibble Phys. Rev. Letters 13 (1964) 585	12/10/1964	16/11/1964

Reconnaissance internationale

Les mérites exceptionnels pour la physique moderne des travaux de Brout, Englert et Higgs ont été reconnus par l'attribution de nombreux prix, dont les prix scientifiques les plus prestigieux en physique – excepté à ce jour le prix Nobel :

- le prix de la Société Européenne de Physique, division Hautes Énergies et Particules, fut attribué à Brout, Englert et Higgs en 1997, « *pour avoir formulé pour la première fois une théorie auto-consistante de bosons vecteurs chargés massifs, qui est devenue la base de la théorie électrofaible des particules élémentaires* » ;

- le prix de Physique de la Fondation Wolf leur fut attribué en 2004 « *pour leurs travail pionnier qui a élucidé la génération de la masse, lorsqu'une symétrie locale de jauge est réalisée de manière asymétrique dans le monde les particules subatomiques* ».

Il faut noter également que les mérites uniques de Brout, Englert et Higgs sont reconnus par le Comité Nobel dans l'article de revue « *Contexte scientifique du prix Nobel de Physique 2008* », publiée par l'Académie royale des Sciences de Suède. Le prix Nobel 2008 étant attribué à Yoichiro Nambu, le Comité écrit: « *Les même idées (que celles de Nambu) furent avancées en 1964 pour la théorie de jauge relativiste par Robert Brout et François Englert, et aussi par Peter Higgs. Ils ont trouvé que la rupture spontanée d'une symétrie de jauge, comme dans la théorie non-relativiste de Nambu, ne produit pas une particule sans masse. Au contraire, ce mécanisme confère au champ vectoriel une masse et un état scalaire, la particule à ce jour toujours hypothétique de Higgs, qui est aussi un trait caractéristique de cette théorie* ». Contrairement à certaines assertions, ce document reconnaît que les articles de Brout-Englert et de Higgs contiennent non seulement la description du mécanisme de rupture de symétrie, mais aussi la prédiction du boson « de Higgs ».

Enfin, le prix JJ. Sakurai pour la Physique théorique de la Société américaine de Physique fut attribué en 2010 conjointement à Brout, Englert, Guralnik, Hagen, Higgs et Kibble « *pour l'élucidation des propriétés de la brisure spontanée de symétrie dans une théorie relativiste de jauge à quatre dimensions et du mécanisme consistant de la génération des masses des bosons vecteurs* ». L'attribution de ce prix américain à une liste élargie d'auteurs, comprenant Guralnik, Hagen, and Kibble, ne jette en aucune manière un doute sur les mérites de premier rang de Brout, Englert et Higgs.

Une mise au point de Steven Weinberg

Dans une contribution publiée en mai 2012 sur le site de la New York Review of books, Steven Weinberg, prix Nobel 1979, revient sur l'histoire : « *Dans son livre récent (...), Frank Close souligne qu'une erreur de ma part est partiellement responsable de l'expression « boson de Higgs ». Dans mon papier de 1967 sur l'unification des forces faible et électromagnétique, j'ai cité le travail de 1964 de Peter Higgs et de deux autres groupes de théoriciens. (...) Quant à ma responsabilité dans le nom de « boson de Higgs », elle est due à une erreur dans ma lecture des dates de ces trois premiers papiers : j'ai cru que le plus ancien était celui de Higgs, de sorte qu'en 1967 j'ai cité Higgs en premier lieu, et j'ai continué à le faire depuis. Apparemment, d'autres physiciens m'ont suivi. Mais comme le signale Close, le premier papier des trois que je citais était en fait celui de Robert Brout et François Englert. Pour atténuer mon erreur, il faut remarquer que Higgs et Brout et Englert ont travaillé indépendamment et à peu près en même temps, ce qui fut aussi le cas du troisième groupe (Gerald Guralnik, C.R. Hagen et Tom Kibble). Mais le nom de « boson de Higgs » semble lui être resté* ». (Rappelons cependant à propos de la dernière phrase que Guralnik, Hagen et Kibble citent dans leur article les travaux de Englert-Brout et Higgs).

En conclusion...

Si le boson scalaire doit être découvert au LHC, cela constituera la vérification du travail visionnaire de Robert Brout, François Englert et Peter Higgs. Cette reconnaissance s'accompagnera cependant de tristesse, car Robert Brout nous a quittés en mai 2011.

Contacts :

Prof. Pierre Marage
Vice-recteur à la politique académique et à la recherche
Université libre de Bruxelles
Tel. +32 2 650 45 00, Email : Pierre.Marage@ulb.ac.be

Prof. Jean-Marie Frère
Directeur, service de Physique théorique
Université libre de Bruxelles
Tel. +32 2 650 55 71, E mail : frere@ulb.ac.be

Presse :

Communication Recherche, Département des relations extérieures

Nancy Dath, +32 (0)2 650 92 03, ndath@ulb.ac.be

Nathalie Gobbe, +32 (0)2 650 92 06, +32 (0)474 84 23 02, ngobbe@ulb.ac.be