

Comment le champ de Higgs produit la masse



L'espace «vide» où règne le champ de Higgs est comme une pièce emplies de personnes qui bavardent tranquillement.



Une particule qui traverse cet espace est comme une célébrité qui entre...



... provoquant autour d'elle un attroupement d'admirateurs qui ralentissent sa progression : elle acquiert de la «masse».

actuels du CERN. Puis, quand le LHC fonctionnera, une énergie encore 30 fois supérieure par nucléon donnera une idée plus précise de l'Univers quand il était dans une phase déterminante de son évolution.

Les études des mésons B, au LHC, devraient expliquer pourquoi l'Univers contient apparemment plus de matière que d'antimatière. Un tel déséquilibre ne s'explique que si les quarks et les antiquarks lourds se désintègrent à des vitesses différentes. Le Modèle standard rend compte de ce déséquilibre nommé «violation CP» (pour conjugaison, qui transforme la matière en antimatière, et parité, qui transforme un objet en son image dans un miroir), mais il en sous-estime probablement l'ampleur. Les physiciens ont étudié expérimentalement une violation CP, lors de la désintégration des quarks «étranges», mais ils ignorent si elle se produit aussi avec les quarks lourds de type bottom et avec leurs antiquarks, qui constituent le méson B. L'étude de ces désintégrations sera donc un test important du Modèle standard.

Des études des mésons B ont commencé en 1999, dans deux «usines à B», en Californie et au Japon : ces machines produisent annuellement plusieurs dizaines de millions de ces mésons. Avec sa luminosité importante, le LHC en fournira annuellement un million de milliards, ce qui augmentera notablement la précision des mesures et révélera éventuellement des modes de désintégrations inédits, indécryptables par les autres usines à B.

Le LHC est un accélérateur trop ambitieux – et trop coûteux – pour un seul pays. La collaboration internationale a toujours été active, en physique des particules, car les physiciens ont besoin d'équipements lourds, rarement proches de leur laboratoire ou de

La formation des particules de Higgs



L'énergie issue d'une collision de particules est comme une rumeur propagée dans la même pièce...



... créant encore un attroupement : c'est une particule de Higgs.

leur pays d'origine. Progressivement, la taille et le coût des détecteurs ont augmenté, les frais ont été partagés par un nombre croissant de pays, et les collaborations internationales se sont intensifiées (c'est pour rapprocher ceux qui collaboraient au projet du LEP que Tim Berners-Lee, du CERN, a inventé le Web).

Un laboratoire mondial

Initialement le projet du LHC a été décidé par 19 pays, qui étaient tous membres du CERN ; on envisageait alors une construction en deux tranches, avec un calendrier de travaux largement étalé dans le temps, ce qui était scientifiquement frustrant et financièrement moins avantageux qu'une construction en une seule fois. Grâce à des fonds supplémentaires accordés par d'autres pays, le projet sera amélioré et accéléré. Simultanément, les collaborations scientifiques seront renforcées. Notamment le Canada, les États-Unis, l'Inde, Israël, le Japon et la Russie participeront à la construction des composants de l'accélérateur (et aussi des détecteurs). Le laboratoire japonais KEK, par exemple, fournira 16 aimants de focalisation

spéciaux. Les États-Unis fabriqueront des parties de l'accélérateur (à Brookhaven, au Fermilab et à Berkeley).

Les détecteurs ATLAS et CMS occuperont quatre fois plus d'ingénieurs et de chercheurs que les détecteurs de la génération précédente. Au total, 5 000 chercheurs et ingénieurs, provenant de plus de 300 universités et plus de 50 pays, travailleront au LHC. Les composants seront, autant que possible, élaborés par les pays participants : leurs étudiants y travailleront, acquérant ainsi une expérience irremplaçable, et leurs industries seront sollicitées. Le travail d'analyse des données sera également réparti. Le CERN n'était naguère qu'un institut de recherche européen. Avec le LHC, il deviendra mondial. Déjà plus de la moitié des physiciens des particules y travaillent : 7 000 personnes !

Chris Llewellyn SMITH est doyen de l'Université de Londres. De 1994 à 1998, il a occupé le poste de directeur général du CERN.

The Particle Century, sous la direction de Gordon Fraser, Institute of Physics, 1998.

Gordon KANE, *Supersymmetry*, Perseus Publishing, 2000.

L'influence de Darwin sur la pensée moderne

ERNST MAYR

Les grands esprits façonnent la pensée des périodes successives de l'histoire. Luther et Calvin ont inspiré la Réforme ; Locke, Leibniz, Voltaire et Rousseau, l'époque des Lumières. C'est à l'influence de Charles Darwin que la pensée moderne est le plus attachée.

A l'aube du XXI^e siècle, notre conception du monde et de la place que nous y tenons est radicalement différente de ce qu'elle était au début du XIX^e siècle. À qui doit-on cette transformation révolutionnaire ? On cite souvent Karl Marx et Sigmund Freud. Le biographe d'Albert Einstein, Abraham Pais, alla jusqu'à déclarer que «les théories de la relativité ont profondément modifié la manière dont les hommes et les femmes modernes abordent les phénomènes de la nature inanimée». Pais n'eut pas plus tôt prononcé ces paroles qu'il reconnut son exagération. «Il eût été sans doute mieux de dire «scientifiques modernes» que «les hommes et les femmes modernes»», écrit-il, car pour apprécier pleinement les travaux d'Einstein, on doit avoir étudié le style de pensée des physiciens et les techniques mathématiques. Cette restriction vaut d'ailleurs pour toutes les théories originales de la physique moderne, qui ont peu modifié la manière dont le grand public appréhende le monde. Il en va tout autrement des concepts biologiques. Depuis 150 ans, beaucoup d'idées biologiques sont entrées en conflit avec ce que chacun admettait comme vrai. L'acceptation de ces idées exigeait une révolution idéologique. De tous les biologistes, Charles Darwin a été celui à qui l'on doit les changements les plus nombreux et les plus radicaux dans notre vision du monde.

L'œuvre de Darwin est si vaste et si variée que l'on gagne à distinguer trois domaines où sa contribution fut

majeure : la biologie de l'évolution, la philosophie de la science et le *Zeitgeist*, ou «esprit du temps». Nous nous intéresserons principalement à ce dernier, mais nous examinerons d'abord rapidement les deux premiers, car ils apportent un éclairage utile sur ses idées ultérieures.

Une vision laïque de la vie

Darwin a créé une nouvelle branche des sciences de la vie : la biologie de l'évolution. Quatre de ses apports à cette discipline ont une importance spéciale, car leur emprise, considérable, s'exerce bien au-delà de ses limites. Le premier est la non-constance des espèces, c'est-à-dire la conception moderne de l'évolution. Le deuxième est la notion d'évolution ramifiée, qui admet une origine commune à toutes les espèces vivantes. Jusqu'en 1859, les évolutionnistes, tel le naturaliste Jean-Baptiste Lamarck, défendaient l'idée d'une évolution linéaire, d'une avancée téléologique vers une plus grande perfection (par «téléologie», on entend l'idée que l'évolution a un but, une finalité). Cette idée régnait depuis Aristote et sa conception de l'«échelle de la nature», la grande chaîne des êtres. Darwin remarqua ensuite que l'évolution était progressive et qu'elle ne présentait ni interruptions ni discontinuités importantes. Enfin, il a expliqué que le mécanisme de l'évolution est la sélection naturelle.

Avec ces quatre clés, Darwin a fondé une nouvelle branche de la philosophie

de la science : la philosophie de la biologie. Un siècle plus tard, elle repose encore sur ces mêmes concepts darwiniens. Notamment, Darwin a introduit la dimension historique dans les sciences. Contrairement à la physique et à la chimie, la biologie de l'évolution est une science historique : les évolutionnistes essayent d'expliquer des événements et des processus passés. Ce n'est pas avec des lois et des expériences que l'on explique ces événements ou que l'on reconstitue les processus qui ont conduit aux événements étudiés.

Par exemple, la brusque disparition des dinosaures, à la fin du Crétacé, a été expliquée par trois scénarios : une épidémie dévastatrice, une modification catastrophique du climat et l'impact d'un astéroïde (la théorie de Luis et Walter Alvarez). Des observations ont contredit les deux premiers, qui ont été rejetés. En revanche, les études et observations restent compatibles avec la troisième, qui est désormais largement admise. La procédure de test appliquée aux récits historiques fait que le large fossé entre la science et les humanités, qui troublait tant le physicien britannique Charles Percy Snow, n'est plus une réalité : la biologie de l'évolution, avec sa méthodologie originale qui prend en compte le temps, est un pont.

La philosophie progressa considérablement avec la découverte de la sélection naturelle par Charles Darwin et Alfred Russel Wallace. Pendant les 2 000 ans qui séparent les philosophes

1. CHARLES DARWIN, vers 1855.