

LA BOTANIQUE REDÉCOUVERTE



Un ouvrage d'une conception neuve, qui permet à tous d'accéder à la compréhension du monde végétal.

La Botanique redécouverte montre l'acquisition progressive de la diversité et du succès biologique des végétaux modernes.

De nombreux dessins et documents originaux contribuent à faire de *La Botanique redécouverte* un instrument indispensable pour les botanistes, les biologistes, et tous les esprits curieux.

A. Raynal-Roques est professeur au Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris.

512 pages – 170 F
Code 1610



Bon de commande en p. 98

Spin et particules

L'illustration de l'article *Le spin du proton* (voir *Pour la Science*, octobre 1995) montre, à l'intérieur d'un proton, trois quarks et dix gluons, dont cinq ont un spin orienté comme celui du proton et cinq ont un spin en sens inverse. Combien y a-t-il réellement de gluons dans un proton ? Comment connaît-on le spin d'un quark ou d'un gluon ?

Bernard POUIT, Soues

Réponse de Vincent Breton

Dans un proton, des gluons sont produits, sont absorbés ou se désintègrent en permanence. L'expérience permet seulement de mesurer des densités moyennes de gluons. Par ailleurs, les quarks ont eu une existence théorique avant que des expériences ne vérifient leur existence. Dans le cadre théorique, le spin des quarks avait nécessairement la valeur 0,5 pour constituer les briques élémentaires des protons ou des neutrons. L'interprétation des expériences qui, à la fin des années 1960, ont révélé les quarks, reposait sur cette hypothèse, confirmée par les expériences ultérieures. Le gluon n'a été mis en évidence dans des expériences qu'à la fin des années 1970. Son spin a été déduit indirectement : il vaut 1.

Science et conscience

David Chalmers compare un cerveau humain et un réseau de puces électroniques (voir *Qu'est-ce que la conscience ?*, *Pour la Science*, février 1996). C'est absurde, car, dans un cerveau, de nouvelles connexions s'établissent sans arrêt, ce qui n'est pas le cas dans un réseau de puces artificielles. En outre, un humain n'est pas seulement un cerveau. Il a de nombreux autres organes : il serait réducteur d'affirmer que la conscience vient seulement du cerveau. La conscience est l'organisme tout entier et tous les phénomènes physiologiques et chimiques qui s'y déroulent.

Cédric ROUX, Montreuil

La première erreur de D. Chalmers est de penser que la science peut rendre «pleinement compte» d'un phénomène. L'épistémologie a depuis longtemps dépassé la position positiviste en reconnaissant le caractère approché et temporaire de toute théorie. Les scientifiques ont abandonné l'espoir de dire la réalité telle qu'elle est et se contentent aujourd'hui de penser qu'ils en donnent une description plus ou moins conforme à l'expérience.

On ne peut pas réduire la charge électrique à quoi que ce soit de plus fondamental : cela signifie qu'on ne peut rien dire de sa nature. La charge électrique est simplement un paramètre de la théorie qu'il est indispensable d'introduire pour reproduire les constatations expérimentales. En revanche, lorsque D. Chalmers introduit la conscience comme paramètre d'une théorie psychophysique, il précise qu'elle n'interfère pas avec les lois physiques. C'est donc l'opposé d'une grandeur physique, analogue aux attributs métaphysiques.

La conscience n'est pas un phénomène objectivement mesurable. Elle n'est que perçue subjectivement, et nous inférons la conscience des autres par la similitude de nos comportements. Quelle conscience a un chimpanzé qui répond à son nom ? Il n'y a aucun moyen de le savoir, puisque la notion n'est pas définie par un phénomène extérieur : c'est affaire de conventions. La sensation subjective de la conscience n'apparaît que lorsque le sujet et l'objet coïncident, ce qui est, par essence, hors du propos de la science. En revanche, se demander à quelles conditions un système physique produit des phénomènes objectifs que nous attribuons à la conscience (des paroles qui expriment des sensations ou des créations artistiques) est du plus haut intérêt. Les «problèmes faciles» de D. Chalmers sont de vrais problèmes, mais ils sont difficiles à résoudre. Ce qu'il nomme le «problème difficile» est, en revanche, impossible à résoudre, parce qu'il est posé en termes non scientifiques.

Gilles HENRI, Crolles

Pour l'allaitement

Comme Jack Newman l'évoque dans son article *L'allaitement maternel protège le nourrisson* (voir *Pour la Science*, février 1996), l'Organisation des Nations unies pour l'enfance et l'Organisation mondiale de la santé se mobilisent depuis plus de 20 ans pour redonner à l'allaitement maternel la place perdue au profit du lait artificiel. En France, à l'heure où les réductions des dépenses de santé semblent prioritaires, une action en ce sens serait salubre (48 pour cent seulement des enfants de huit jours sont allaités par leur mère, au moins partiellement). De nombreux textes, tels le Code international de commercialisation des substituts du lait maternel et une directive européenne, demandent aux états signataires (dont la France) d'encadrer rigoureusement les pratiques commerciales des industries d'aliments infantiles et de s'assurer de l'information des familles des avantages et de la supériorité de l'allaitement maternel.

Nathalie ROQUES, Lyon

Les impossibles en physique des particules

MICHEL SPIRO

À mesure que se poursuit la quête de particules toujours plus élémentaires, la preuve de l'existence de ces particules devient de plus en plus abstraite.

Démocrite, au IV^e siècle avant notre ère, pensa, pour des raisons diffuses, qu'il existait des constituants insécables de la matière. L'idée de Démocrite était bonne, mais il ne savait pas que les particules ultimes sont élusives. Toujours est-il que, dans le langage de la chimie moderne, on a baptisé atomes les éléments chimiques de la classification périodique des éléments.

Revenons un peu en arrière pour mieux définir ce qu'est cette élémentarité. Boyle, au XVII^e siècle précise que les "éléments" (il parle en chimiste) sont des corps d'une telle simplicité que les efforts de l'art sont insuffisants pour les décomposer. Hélas pour la simplicité, l'art du physicien progresse. À mesure que l'on explore la matière, on s'aperçoit que les atomes sont formés d'électrons et de noyaux ; que ces noyaux sont formés d'autres particules, les neutrons et les protons. Que les protons et les neutrons sont constitués de quarks de types différents. Peu de physiciens pensent sérieusement aujourd'hui que les quarks sont les constituants définitivement insécables de la matière.

De plus, Einstein a démontré l'équivalence de la matière et de l'énergie et, en conséquence, toute énergie est potentiellement riche de particules matérielles. À de très hautes énergies, on sait créer des particules fugaces qui ne vivent que quelques milliardièmes de seconde en laboratoire.

Pour identifier une particule, on a longtemps cru qu'il fallait l'isoler de ce à quoi elle était liée. Or, il semble que les quarks soient à jamais emprisonnés dans la cage qu'ils constituent eux-mêmes : aussi les indices de leur présence sont-ils indirects. Au contraire, les neutrinos ne se lient à rien, ou presque, et leur étude est très difficile. Imaginez une particule qui n'interagit avec aucune substance connue : comment pourrait-on l'identifier ? Peut-on même penser qu'elle existe ?

Ainsi la recherche des particules élémentaires se heurte-t-elle à deux difficultés : les particules qui se lient trop et celles qui ne se lient pas assez.

QU'EST DEVENUE L'ANTIMATIÈRE ?

Quand l'énergie se matérialise, il se crée des quantités égales de matière et d'antimatière. Près de l'instant zéro du Big Bang, la température était extrême-

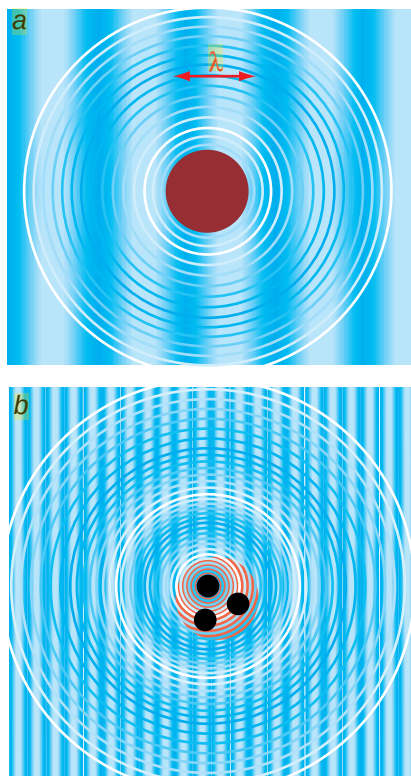
ment élevée et tout était énergie. Lorsque celle-ci s'est condensée matériellement, des masses égales de matière et d'antimatière se sont formées. Le problème est : où est l'antimatière ? Si elle n'est nulle part, pourquoi et comment a-t-elle disparu ?

Neuf atomes d'anti-hydrogène, grand miracle, viennent d'être fabriqués et observés au CERN. Cette réussite est le dernier épisode, en date, d'une longue histoire. Notre vision de l'antimatière est issue des équations : Paul Dirac, à la fin des années 1920, élabore une équation qui unifie, dans une certaine mesure, la théorie de la relativité et la mécanique quantique. Les solutions de cette équation font apparaître la matière ordinaire, mais pour chaque particule de matière, il existe une solution symétrique, une antiparticule, c'est-à-dire une image dans le monde de l'antimatière. Ces antiparticules ont des caractéristiques «miroirs» des particules : elles ont la même masse, mais toutes les charges, les charges électriques ou les charges quantiques plus abstraites, sont opposées ; lorsqu'une particule et une antiparticule se rencontrent, elles s'annihilent et leur matière se transforme en énergie. Aussi la matière, dont semble fait l'Univers, ne peut coexister avec l'antimatière sous peine d'annihilation.

Les physiciens ont alors cherché si ces antiparticules existaient dans l'Univers. La recherche porte d'abord sur les rayons cosmiques, ces particules d'origine extragalactique : dans les années 1930, on y trouve des anti-électrons, baptisés positons, et leurs propriétés correspondent à ce que prévoit la théorie. En effet, placés dans un champ magnétique, les électrons des rayons cosmiques tournent dans un sens par rapport au champ magnétique ; les positons ont exactement les mêmes caractéristiques, sauf leur charge, et ils tournent dans l'autre sens.

Dans les années 1950, on détecte l'antiproton. Comme les physiciens ne le voient pas dans les rayonnements cosmiques, il faut le créer. Pour ce faire, ils envoient un proton de très grande vitesse sur un autre proton ; l'énergie de la collision se transforme en énergie, puis cette énergie se retransforme en matière à travers la relation d'Einstein $E = mc^2$, produisant un antiproton et un proton.

La course aux antiparticules se poursuit ensuite, et les physiciens repèrent l'antineutron, dans les années 1960, puis l'antidéutérium formé d'un antiproton et d'un antineutron, et bien d'autres antinoyaux. Les mesures indiquent que les forces nucléaires entre les constituants de l'antimatière sont les mêmes qu'entre les constituants de la matière.



À chaque particule on associe une onde, de longueur d'onde inversement proportionnelle à son énergie. On voit qu'une particule cible est «ponctuelle» par rapport à la longueur d'onde avec laquelle on l'éclaire si elle diffuse les ondes incidentes. Les quarks à l'intérieur du proton diffusent les ondes pénétrant dans le proton (b). Encore faut-il pour cela que les ondes soient suffisamment pénétrantes, sinon le proton fait écran (a).