

LA MORT D'UNE THÉORIE

UN physicien a fait une fois la remarque suivante :

« Ce qu'il y a de plus remarquable, dans l'univers, c'est qu'on y trouve des choses qui ne changent pas. »

La physique se consacre en grande partie à la recherche de ces constantes. A mesure que s'accumulent les résultats des expériences, on trouve de nouvelles constantes et les symétries correspondantes.

Mais tout récemment, il a fallu faire un pas en arrière, mais il faut considérer cela comme un progrès, car la science semble progresser en se heurtant constamment à des obstacles.

Les chercheurs qui travaillent aux universités de Columbia et de l'Etat de New York de Stony Brook ont mis à jour un aspect remarquable de la désintégration du méson éta, l'une des « particules fondamentales » de la matière. Ils ont ainsi défini leur découverte :

$$\eta^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0$$

Cette équation pourrait être pour vous du grec, mais il faut comprendre que les symboles ne représentent pas autre chose que des particules. Les exposants +, -, 0, représentent leur charge électrique. La flèche indique que cela se « désintègre en ». Cette découverte met à jour la première violation, en dehors d'interactions faibles, de quelque chose qui porte le nom technique de « constante de conjugaison de charge » ou « C ».

Le profane inspiré (ainsi que le physicien confirmé) serait convaincu par intuitio qu'une symétrie doit exister entre les deux pions chargés, le π^+ et le π^- , qui se dégagent de la désintégration. Autrement dit, ce qui arrive à l'un peut aussi bien arriver à l'autre. Ou encore, en changeant les signes des charges (en transformant chaque pion en propre antiparticule) on ne changerait rien à l'aspect général des choses.

Or, on s'est aperçu que cette symétrie, autrement dit C, est ébranlée. Dans la désintégration de l'éta, le pion positif reçoit statistiquement plus d'énergie que le pion négatif. La différence est petite, à peu près 5 %.

On a déjà parlé de la violation de C, mais cette expérience a donné des résultats décisifs. On estime qu'il y a une chance sur 80 000 pour que dans les expériences combi-



LE Dr PAOLO FRANZINI de l'université de Columbia et sa femme, le Dr Juliet Lee-Franzini, de Stony Brook, ont dirigé l'expérience qui a réfuté une théorie de physique longtemps entretenue.

nées, la violation observée de C soit due uniquement à la variation statistique.

Comme cette violation se produit apparemment dans l'interaction électromagnétique (la force la plus ancienne, la plus fermement établie que l'homme connaisse), il est nécessaire de savoir de quelles forces il s'agit. A l'heure actuelle, nous en connaissons quatre : les interactions puissantes qui lient ensemble les particules du noyau, l'électromagnétisme qui lie les atomes et les molécules, les interactions faibles qui donnent naissance à la radioactivité, et la gravité qui nous retient à la terre. Ces forces sont citées dans l'ordre décroissant de puissance. On constate sans pouvoir l'expliquer que plus la force est faible, moins elle est symétrique.

Il y a dix ans, on a découvert la violation de C dans les interactions faibles. On la constate dans les interactions électromagnétiques. Il faut dire que les forces faibles ne jouent pas un grand rôle dans notre monde macroscopique. On ne peut pas en dire autant de l'électromagnétisme qui est à la base de tous les phénomènes chimiques.

En dehors des forces, il y a les lois de conservation, comme on l'a dit dans le premier paragraphe. Chacun sait que l'énergie ne se perd pas. Ce qu'on ne sait pas toujours, c'est que cette loi de conservation est liée d'une façon subtile à un principe d'invariance qui dit que les lois naturelles ne changent pas du jour au lendemain.

Les lois de conservation sont donc basées sur les principes d'invariance. La conjugaison de charge est liée à une loi appelée théorème

CPT, le P représentant la parité, le T l'inversion de temps, P et T sont des opérations qui ressemblent beaucoup à C. CP est une opération combinée ; on établit d'abord C, puis P. CPT est « encore plus combiné ». Mais CPT n'est pas conservé exactement de la même manière que l'énergie. Un système peut contenir n'importe quelle quantité d'énergie, mais sa « quantité » de CPT est soit +1 soit -1. Les bases du théorème sont d'un caractère si général et si élémentaire

qu'un physicien a dit :

« L'homme manque tellement d'imagination qu'il est incapable de concevoir une théorie qui viole le CPT. »

Que peut-on dire de CPT ? Nous avons déjà parlé de C. On explique souvent la parité par l'analogie des miroirs. Dans un miroir, la main droite apparaît comme main gauche. Les physiciens ont cru à un moment donné que la nature n'avait pas de préférence pour la main droite ou la main gauche. (Le fait que l'homme préfère sa main droite est un accident biologique).

L'inversion de temps est liée à la conjugaison de charge — une antiparticule peut être considérée comme une particule qui fait marche arrière dans le temps. L'analogie canonique de l'inversion de temps, c'est qu'un film qui représente des boules de billard en mouvement et qu'on tourne à l'envers a l'air de montrer des mouvements réels. Mais T ne peut se maintenir qu'à l'échelle microscopique. Un œuf cassé qui se reconstitue en sens inverse est improbable sur le plan macroscopique.

Nous avons cru à un moment donné que chacune de ces opérations C, P et T, était séparément conservée, que le monde a le même aspect avant et après chaque opération.

Mais presque en même temps, on a constaté des violations de parité et de conjugaison de charge dans les interactions faibles. Ces anomalies étaient « maximales », c'est-à-dire aussi grandes que possible, mais de telle manière que l'opération combinée était encore considérée comme valable. Nous savons maintenant que la seule opération de ce genre qui est conservée pour toutes les interactions est le CPT.

Cela a débuté avec l'énigme tau-thêta. En 1956, il semblait qu'il y avait deux particules de parités différentes, appelées le tau et le thêta, qui étaient par ailleurs absolument identiques. T.-D. Lee et C.-N. Yang, qui ont obtenu le prix Nobel pour cette idée, ont supposé que les deux particules étaient une

seule (qu'on appelle maintenant kaon) et que la parité disparaissait dans les interactions faibles.

Cette théorie de la disparition de symétrie dans les interactions faibles aurait pu être fort laide. Mais les physiciens ne tardèrent pas à découvrir une autre théorie plus rationnelle : la violation maximale de la parité était compensée par une violation maximale de la conjugaison de charge, et la symétrie CP était maintenue.

La « solution » a donné toute satisfaction jusqu'en 1964. On découvrit alors que le kaon neutre, dont la durée est fort longue, se désintègre en deux pions, contrairement à la théorie de l'invariance de CP (il faut dire que le kaon a manifesté une violation à la fois de P et de CP). Les interactions faibles risquaient de redevenir laides.

Mais on ne pouvait toutefois attribuer catégoriquement cette violation de CP à des interactions faibles. Lee ne pouvait pas se résigner à voir s'écrouler la belle ordonnance de la théorie savante dont il était l'un des auteurs principaux. Il souligna que l'invariance de la conjugaison de charge n'a jamais été établie pour les interactions électromagnétiques. C'est de là qu'ont découlé les expériences de Columbia et Stony Brook et la découverte qui en est résultée.

Il semble maintenant que les interactions faibles conservent toujours CP, donc T (suivant le théorème CPT). D'autre part, les interactions électromagnétiques s'écartent de C et sans doute aussi de T, puisqu'il est admis que la parité se maintient en électromagnétisme. On espère donc que les interactions électromagnétiques ont des violations maximales de T et de C, mais ces violations sont telles que CT est maintenu (une reminiscence de la théorie faible). La désintégration du kaon à longue durée, qui rompt CP, est alors interprétée comme une correction électromagnétique du phénomène faible élémentaire. Les chercheurs doivent ensuite essayer de découvrir une confirmation directe de la violation de l'inversion de temps en électromagnétisme et vérifier également la violation de C dans d'autres cas. Il y a donc encore beaucoup de lacunes que les théoriciens doivent combler.

Quels que soient les autres cas où des violations seraient encore constatées, la découverte actuelle pourrait avoir quelques suites pratiques. Car on a maintenant un moyen absolu de distinguer la droite de la gauche, la matière de l'antimatière.