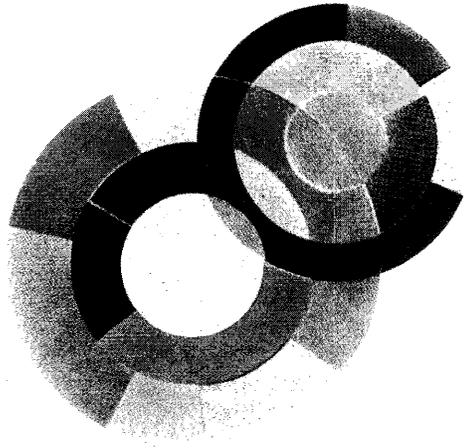
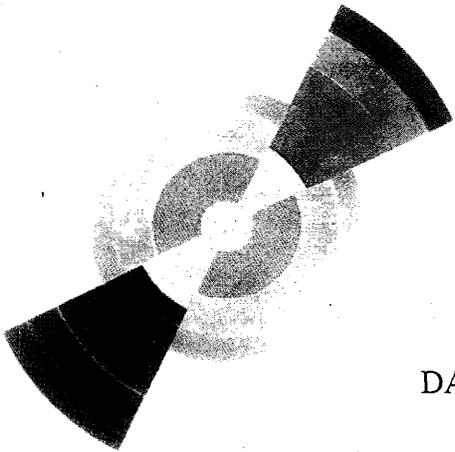
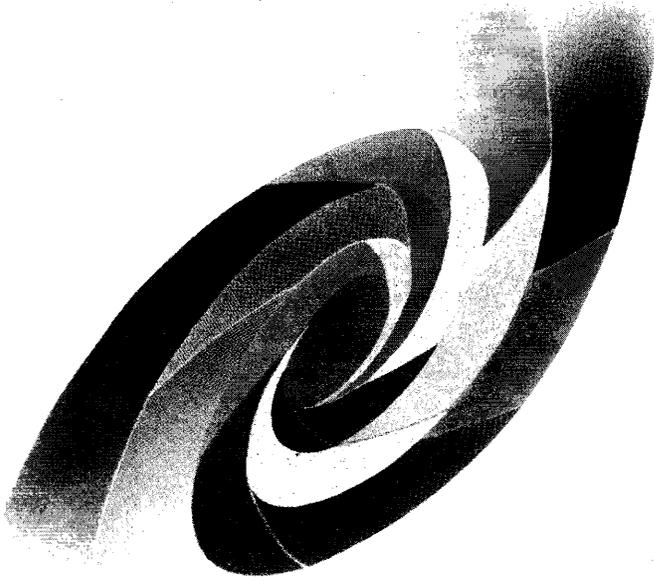


cea

DAPNIA

DAPNIA-04-58



DAPNIA-04-58

03/2004

Flèche du temps microscopique.

G. Chardin

Soumis au Journal « Découverte »

Département d'Astrophysique, de Physique des Particules, de Physique Nucléaire et de l'Instrumentation Associée

DSM/DAPNIA, CEA/Saclay F - 91191 Gif-sur-Yvette Cédex

Tél : (1) 69 08 24 02 Fax : (1) 69 08 99 89

[http : //www-dapnia.cea.fr](http://www-dapnia.cea.fr)

Flèche du temps microscopique
Gabriel Chardin
DSM/DAPNIA, CEA/Saclay

Revue "Découverte" (revue du Palais de la Découverte, numéro spécial sur le temps)

Si l'on passe un film à l'envers, les phénomènes que l'on voit à l'écran sont-ils compatibles avec les lois de la physique ? Pour beaucoup, il peut sembler évident que non, car nous avons tous en tête des exemples de vaisselle qui se brise en se fracassant au sol, mais qui jamais, au grand jamais, sauf justement dans les films passés à l'envers, ne se reconstituent à partir de leurs fragments. De même, si nous filmons un individu tout au long de sa vie, à raison de quelques images par jour, nous le voyons toujours vieillir, mais jamais rajeunir quand le film est passé à l'endroit.

Un physicien affirmerait sans doute que cette flèche du temps est macroscopique, c'est-à-dire qu'elle est liée aux déséquilibres à très grande échelle de notre univers. On pense aujourd'hui que l'origine maîtresse de la flèche du temps est la gravitation, une force dont l'influence croît au fur et à mesure qu'augmente la distance, au point que l'univers est emporté, irrésistiblement, par son expansion qui crée les déséquilibres que nous appelons la flèche du temps macroscopique.

En se rapprochant par contre des dimensions microscopiques, la plupart des physiciens estimerait sans doute, si l'on effectuait un sondage parmi eux, que les effets de la flèche du temps deviennent de plus en plus faibles au fur et à mesure que diminue la dimension de la zone où l'on effectue l'expérience. En d'autres termes, pas de flèche du temps microscopique, dans les interactions entre les particules notamment.

C'est en tout cas ce que pensaient dur comme fer les physiciens jusqu'en 1964, date à laquelle Val Fitch, Jim Cronin, René Turlay et Jim Christenson découvrirent que, dans un petit coin caché de la physique des particules, une réaction violait la flèche du temps microscopique. En fait, ce que ces quatre physiciens avaient démontré, et qui valut aux deux premiers le prix Nobel en 1980, c'était que matière et antimatière n'avaient pas tout à fait le même comportement dans leurs réactions respectives.

Pourquoi alors cette réaction est-elle une indication qu'il existe sans doute une flèche du temps microscopique ? Parce qu'existe en physique un théorème que l'on pense extrêmement général, que l'on appelle le théorème CPT. Ce théorème, démontré par les physiciens Wolfgang Pauli, Gerhart Lüders, Julian Schwinger et John Bell, très abstrait et difficile d'accès, stipule que la physique que nous voyons dans notre monde de matière est la même que celle que l'on pourrait observer dans un monde d'antimatière à travers un miroir, à condition de renverser en même temps le sens d'écoulement du temps.

De ce fait, la découverte, encore largement incomprise, de Fitch et ses collaborateurs montre que, soit le sacro-saint théorème CPT est violé, ce qui semble aujourd'hui improbable, soit il existe une flèche du temps microscopique. Ce n'est en fait qu'en 1998 que l'expérience CP-LEAR, au CERN démontra de façon directe qu'effectivement une petite différence existait bien entre une réaction de désintégration et la réaction renversée dans le temps.

On pourrait se demander pour quelle raison les physiciens perdent temps et d'argent à étudier une chose aussi absurde que le taux d'une toute petite réaction sans aucun intérêt pour

l'homme de la rue. Pourtant cette petite réaction est sans doute liée à notre existence même. En effet, si la physique avait le malheur d'être strictement la même qu'on l'observe ou pas à travers un miroir temporel, on peut montrer que nous n'aurions tout simplement aucune chance d'exister lorsque l'univers atteint l'âge qu'il a aujourd'hui, soit environ 13,7 milliards d'années. Car l'univers serait presque vide de matière et ni les planètes ni les étoiles n'existeraient.

Mais cette flèche microscopique du temps, permet-elle au moins d'expliquer la quantité de matière ayant survécu à l'extermination fratricide entre matière et antimatière qui a suivi le Big-Bang? Nous pouvons en effet compter aujourd'hui les photons présents dans l'univers, qui sont les témoins directs de l'annihilation de la presque totalité, à un petit milliardième près, des particules de matière et d'antimatière primordiales. La réponse est que nous ne comprenons pas encore aujourd'hui comment une fraction aussi importante de matière, le petit milliardième apparemment ridicule mais essentiel à notre existence, a pu survivre avec une "fléchette" microscopique du temps aussi faible.

Très récemment, les physiciens des expériences BaBar, aux Etats-Unis, et Belle, au Japon, ont étudié un deuxième système de particules où l'on observe également une différence de comportement entre matière et antimatière. Cependant, malgré l'observation de ce deuxième exemple d'asymétrie, l'énigme reste encore presque entière sur l'origine de la flèche du temps microscopique.

En fait, une large part de la solution pourrait provenir de la force de gravitation. Car là aussi, les physiciens ont découvert une autre flèche du temps, qu'ils considèrent en général comme étant d'une nature différente de la première, car correspondant à une usure et à une dégradation progressive de l'univers. Ainsi, contrairement à ce que l'on pensait avant le début des années 70, date des travaux des physiciens Jacob Bekenstein et Stephen Hawking, un trou noir rayonne et brûle la matière, même si c'est sans doute de façon extrêmement lente. Au lieu de la symétrie lorsque l'on renverse le sens d'écoulement du temps, que les physiciens appellent discrète, cette lente et progressive combustion de l'univers est appelée une flèche continue, par opposition à la première. De ce fait, rassembler les deux flèches du temps peut sembler une gageure, mais constituerait évidemment une grande simplification.

Bénéficiant de plusieurs avancées importantes dans l'étude des flèches du temps microscopique et macroscopique, les prochaines années devraient permettre de progresser dans l'étude de cette énigme qui résiste depuis maintenant quarante ans aux efforts des physiciens.
