

## Les mystères de la physique (3)

# «On a perdu la moitié du monde !»

L'antimatière, «miroir» de la matière ordinaire, aurait dû être produite en quantité égale à cette dernière lors du big bang. Mais les scientifiques ne la trouvent pas et se demandent ce qu'est devenue cette moitié de l'univers

**Anton Vos**

Mais où est passée la moitié de l'univers? C'est la question qu'ont dû se poser les physiciens lorsqu'ils se sont rendus compte de l'existence de l'antimatière. Celle-ci, en tout point identique à la matière à l'exception de la charge électrique qui est inversée, a d'abord été découverte par Paul Dirac au détour d'une équation mathématique avant d'être identifiée grâce aux rayons cosmiques dans les années 1930. Seulement, si l'antimatière apparaît de façon éphémère à l'occasion de certaines réactions nucléaires, elle est globalement absente de notre environnement direct. La Terre, le système solaire, notre galaxie et les voisins les plus proches en tout cas sont indéniablement constitués de matière et pas d'antimatière. Cependant, il n'y a aucune raison de penser qu'au moment de la naissance de l'univers, la nature ait fabriqué la première en plus grandes quantités que la seconde. Car pour cela, il aurait fallu que la belle symétrie de l'univers, à laquelle sont si attachés les physiciens, ait été brisée. Il semblerait pourtant que c'est ce qui s'est passé.

L'histoire de l'antimatière commence donc sur du papier griffonné par le physicien anglais Paul Dirac à la fin des années 1920. Il cherche alors à décrire le comportement qu'aurait un électron évoluant à grande vitesse. En d'autres mots, il souhaite utiliser dans un même problème la théorie de la mécanique quantique, qui régit le monde des particules, et celle de la relativité restreinte, mieux adaptée aux célérités proches de celle de la lumière. Il obtient finalement une équation qui porte actuellement son nom et s'aperçoit qu'à chaque solution d'énergie positive est associée une solution d'énergie négative. Paul Dirac vient de mettre la main sur un indice révélant l'existence d'un autre monde, un monde miroir, dans lequel les électrons seraient chargés positivement et les protons négativement.

Sa découverte est reçue avec scepticisme par la communauté scientifique. On le serait à moins. Quelle est cette histoire d'antiparticules, capables de former des anti-atomes, qui pourraient eux-mêmes former des anti-étoiles et donc des anti-galaxies et des anti-planètes? Qui plus est, selon Paul Dirac, la nature intime de ces anti-objets serait, vus de loin, impossible à identifier.

**Une fantastique énergie**  
Mais les doutes ne persistent pas

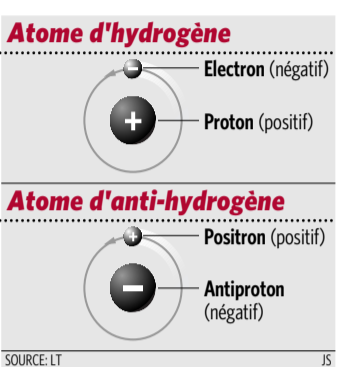
bien longtemps. En 1932, le physicien américain Carl Anderson découvre pour la première fois, en étudiant les rayons cosmiques, une particule ayant exactement la même masse que l'électron, mais dont la charge électrique est opposée. Il l'appelle le positron et remarque que lorsqu'il s'approche de la matière, il se désintègre en deux photons (grains de lumière). Sa trouvaille est confirmée peu après lorsque des chercheurs réussissent à créer des paires d'électron-positron en bombardant des noyaux atomiques avec des rayons gamma.

On sait maintenant que toutes les particules connues des physiciens possèdent leur antiparticule. Il existe donc, en plus des positrons, des antiprotons, des anti-quarks, etc. Le cas du photon est spécial puisqu'il est sa propre antiparticule. Il est donc capable de voyager d'un monde à l'autre sans encombre. Le premier atome d'anti-hydrogène a été fabriqué artificiellement en 1996, et les expériences Athena et Atrap au CERN ont permis en 2002 d'en fabriquer pour la première fois en grandes quantités et d'en mesurer les caractéristiques physiques. A ce stade, elles sont identiques à celles des atomes d'hydrogènes conventionnels.

Il n'en reste pas moins que dès le moment où l'antimatière est devenue une réalité, tout le monde s'est

**«On pourrait raser Paris avec une quantité d'antimatière aussi faible que les quelques grammes d'un stylo»**

demandé où elle a bien pu passer. Car l'hypothèse que des anti-étoiles évoluent au voisinage d'étoiles normales ne tient plus. En effet, l'antimatière et la matière, si semblables pourtant, ne peuvent pas cohabiter. Une rencontre entre les deux se solde par leur annihilation intégrale en un formidable jaillissement de lumière. Pour donner une idée de l'énergie que dégage une telle explosion, le physicien Gabriel Chardin\* a imaginé que la Terre se retrouve subitement constituée pour une moitié de matière et pour l'autre d'antimatière. La rencontre entre les deux parties signifierait l'annihilation presque instantanée de la planète au cours d'une explosion sans commune mesure. La température augmenterait d'un



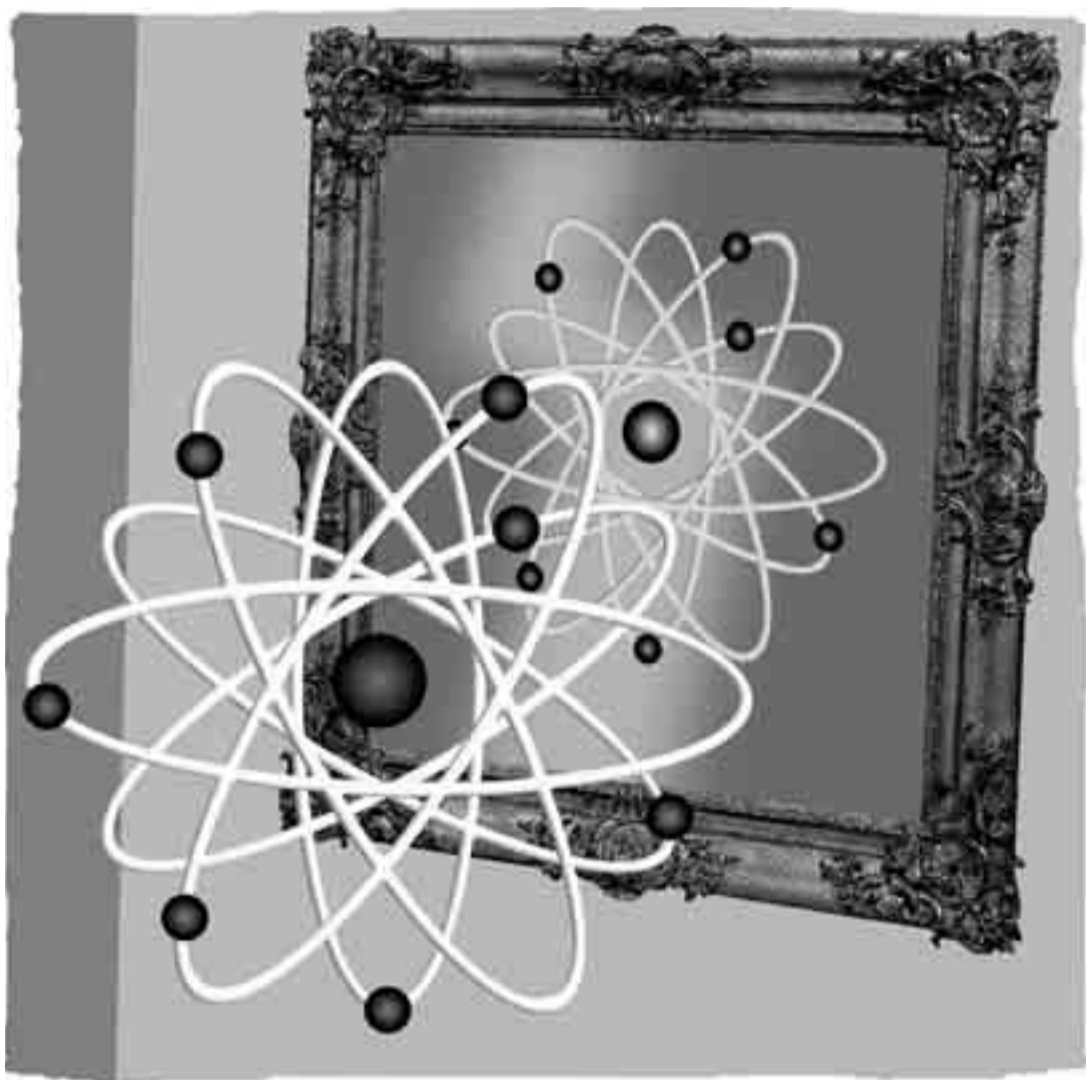
milliard de degrés en une fraction de seconde et la bulle de feu qui en découle s'étendrait à une vitesse proche de celle de la lumière. Lorsqu'elle atteindrait les confins du système solaire, à six milliards de kilomètres d'ici, elle serait encore assez chaude pour brûler la surface de Pluton par sa température d'à peu près 1000 °C. Autrement dit, on pourrait raser la ville de Paris avec une quantité d'antimatière aussi faible que les quelques grammes d'un stylo.

### Balance déséquilibrée

Les physiciens s'accordent sur le fait qu'au moment du big bang, matière et antimatière ont forcément dû être créées en quantités strictement égales. Il s'est ensuite passé quelque chose qui a déséquilibré cette balance. L'antimatière et la matière se sont alors systématiquement annihilées ne laissant derrière elles qu'un surplus de matière qui a permis de fabriquer les étoiles et les planètes.

«Nous savons actuellement avec certitude qu'au moins toutes les galaxies du superamas dont fait partie la Voie lactée sont constituées de matière, précise Martin Pohl, professeur de physique nucléaire à l'Université de Genève. C'est le physicien russe Andreï Sakharov, père de la bombe H soviétique et Prix Nobel de la paix, qui a réussi à montrer, en 1964, qu'il existe trois conditions nécessaires et suffisantes permettant d'expliquer le déséquilibre que l'on observe entre matière et antimatière dans l'univers. Elles ne sont cependant de loin pas toutes vérifiées pour l'instant.»

La première stipule qu'il doit exister une manière objective de distinguer la matière de l'antimatière. En gros, il doit exister une expérience qui permette au chercheur qui la réalise de savoir s'il est fait de l'une ou de l'autre. Cela implique qu'il existe une brisure, même minime, de la symétrie de la nature, et que la matière ne se comporte pas exactement comme l'antimatière. A la surprise de la communauté scien-



PHOTOMONTAGE: SAMUEL ROUGE

tifique, des expériences ont démontré l'existence de cette fêlure. Une première fois de façon indirecte en 1964 aux Etats-Unis, puis directe au CERN en 2001. L'effet mesuré est toutefois extrêmement ténu et ne concerne actuellement que deux types de particules, les kaons neutres et les mésons lourds.

La deuxième condition d'Andreï Sakharov affirme que l'univers a dû connaître dans son histoire un moment au cours duquel il s'est retrouvé hors équilibre thermique, empêchant ainsi momentanément la production d'antimatière. Cette situation a pu correspondre à la période d'inflation qu'a connue l'univers au tout début de son existence. Durant cette courte période, l'espace a en effet vu sa taille croître à une vitesse supra-lumineuse, créant ainsi l'environnement adéquat demandé par Sakharov.

### Un proton trop stable

La troisième, finalement, exige que le proton ne soit pas indéfiniment stable et qu'il se désintègre de manière spontanée au bout d'un certain temps. Malheureusement, pour l'instant, cela n'a jamais été observé. La durée de vie de cette particule est même estimée à au moins 10<sup>31</sup> ans - l'âge de l'univers, en comparaison, est de l'ordre de 15 milliards d'années.

«Manifestement, on n'a pas encore résolu le mystère de la disparition de l'antimatière», concède

Martin Pohl. En attendant que les théoriciens et les expérimentateurs des hautes énergies résolvent ces énigmes, une partie des physiciens ont retourné leur regard vers le ciel afin de s'assurer qu'il ne contient pas quelque part un petit coin d'antimatière. «Il pourrait malgré tout exister soit de vastes zones d'antimatière très éloignées, soit des petites poches plus proches, imagine le professeur. La frontière entre elles et nous serait invisible en raison du vide très poussé de l'espace. Certes, on ne connaît pas de mécanisme qui permettrait l'apparition de telles régions alternativement de matière et d'antimatière, mais avant de rejeter cette hypothèse, il faut démontrer autant que possible qu'elle est fausse.»

C'est justement la raison d'être de l'expérience AMS (Alpha Magnetic Spectrometer), imaginée par Samuel C. C. Ting, Prix Nobel de physique, et réalisée par le CERN en collaboration notamment avec l'Université de Genève et l'EPFL. L'instrument est configuré pour fonctionner dans l'espace et mesurer les rayons cosmiques. En effet, s'il existe des régions d'antimatière, elles doivent forcément émettre des signaux vers l'extérieur, comme des particules et des atomes, dont une partie, aussi infime soit-elle, doit nous parvenir. L'AMS traque particulièrement l'anti-hélium. «Un seul représenterait déjà une grande découverte, précise Martin Pohl. Je ne

parle même pas de la détection d'un anti-carbone.»

Un premier vol d'essai de dix jours à bord de la navette spatiale Discovery en 1998 n'a pas réussi à détecter un seul antiatome sur plus de 3 millions de particules. Mais les chercheurs veulent faire mieux. L'AMS devrait maintenant être installé sur la Station spatiale internationale dès le printemps 2008, si le programme de lancement de navettes reprend bientôt et n'est pas trop perturbé. La collecte de particules devrait durer trois ans cette fois-ci, de quoi exclure - si le résultat négatif se répète - l'existence d'antimatière dans tout l'univers observable.

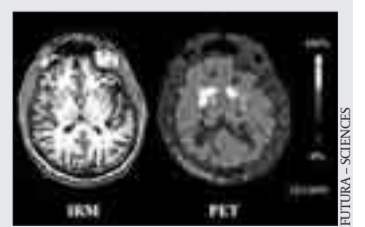
Un petit doute, tout de même. «Peut-être qu'il existe des champs magnétiques intergalactiques très importants qui empêchent aux atomes d'antimatière de pénétrer dans la Voie lactée et de nous parvenir, note Martin Pohl. A vrai dire, on n'en sait rien. Et on n'est pas près d'en savoir plus prochainement, puisqu'on ne peut pas sortir de notre galaxie pour vérifier.»

\*L'antimatière, par G. Chardin, Ed. Flammarion, Coll Dominos, 1996.

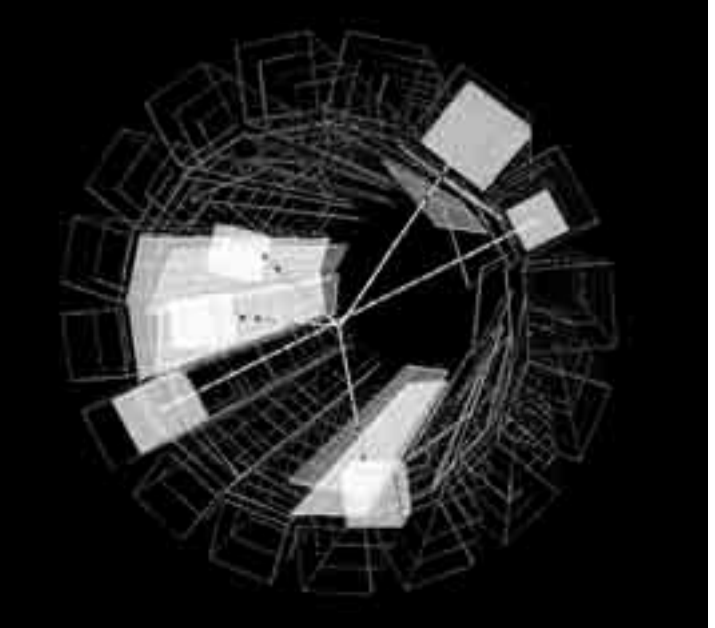
**Demain: Sus à la matière sombre !**

### Des antiparticules en médecine

Encore sujette à de très nombreuses questions, l'antimatière - ou plutôt une antiparticule - est déjà utilisée en imagerie médicale. La méthode de la tomographie par émission de positrons (PET-Scan), imaginée dans les années 1970, permet d'étudier le fonctionnement des organes, comme le cerveau (image). Un élément radioactif, aussi appelé traceur, est injecté dans le corps du patient. Durant les heures qui suivent, cet isotope se désintègre en émettant des positrons, les antiparticules des électrons. Ces positrons entrent en collision avec des électrons de la matière du corps humain. Les masses des deux particules s'annihilent, induisant l'émission de deux photons (gamma), dans des directions opposées. Ce sont ces rayons



qui sont détectés dans le scanner tubulaire dans lequel se trouve le patient. Le PET-Scan permet donc de reconstituer et suivre le trajet des traceurs dans le corps, et d'obtenir une série d'images «vivantes» renseignant sur le métabolisme de l'organe analysé. Par ailleurs, les scientifiques souhaitent utiliser les antiprotons dans des thérapies, pour traiter par exemple les tumeurs cancéreuses. **Olivier Dessibourg**



L'expérience Athena, au CERN. En 2002, les physiciens ont créé des atomes d'anti-hydrogène. Ceux-ci s'annihilent en rencontrant des atomes de matières, générant des particules attestant de l'événement (à g.). ARCHIVES