

L'ANTIMATIÈRE

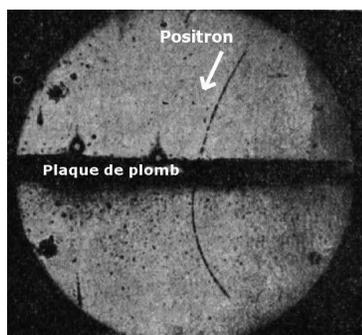
L'antimatière n'est pas une invention de science-fiction mais bien une réalité, étudiée par les physiciens dans les rayons cosmiques ou les accélérateurs de particules. À la fois reflet et antagoniste de la matière ordinaire, l'antimatière est loin d'avoir livré tous ses secrets, en particulier les raisons de sa quasi-absence dans notre Univers.

Découverte
du positron par
Anderson en 1932

Ce cliché historique montre la trace laissée par une particule dans un détecteur « simple » mais extrêmement ingénieux.

Un champ magnétique courbe les trajectoires des particules chargées ; l'allure de la trace obtenue permet de remonter à la nature de la particule, ici un « antiélectron ». La trajectoire est plus rectiligne au-dessus de la plaque de plomb qu'en dessous. Ce changement de courbure est dû à la perte d'énergie qui a lieu pendant la traversée de cet obstacle,

la particule est donc passée de haut en bas (cf. flèche). Pour un électron (négatif), la trace aurait dû être courbée dans l'autre sens. Anderson a donc découvert un « électron positif », c'est-à-dire le positron, la première particule d'antimatière.



Bien loin d'être un concept issu de l'imagination d'artistes, l'antimatière existe. Comme son nom l'indique, c'est « l'opposée » de la matière ordinaire qui est à la base du monde dans lequel nous vivons. De même que la matière est faite de

particules, l'antimatière est composée... d'antiparticules, dotées de propriétés très similaires. Ainsi, à chaque particule élémentaire correspond une antiparticule de charge électrique opposée (l'antiélectron, ou positron, a par exemple une charge positive) mais de mêmes masse et durée de vie.

L'antimatière est apparue dans la science en 1927, au détour d'une équation écrite par le théoricien Paul Dirac. Cette prédiction est confirmée cinq ans plus tard par Carl Anderson qui détecte un positron dans les rayons cosmiques. Les calculs théoriques ne font aucune différence entre matière et antimatière : particules et antiparticules sont d'ailleurs produites simultanément lorsque de l'énergie est transformée en masse selon la formule d'Einstein $E = Mc^2$.

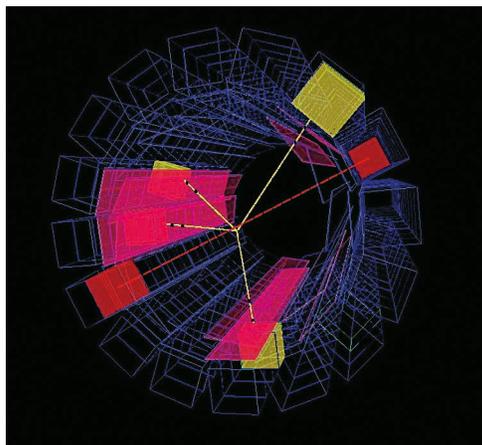
Particules et antiparticules ne peuvent pas coexister. Lorsqu'elles entrent en collision, elles disparaissent et sont converties en photons ou en paires particule – antiparticule. Celles-ci peuvent être différentes des particules initiales : ainsi un électron et un positron peuvent s'annihiler pour créer un muon et un antimuon. Les différences entre les particules

et leurs antiparticules associées sont actuellement étudiées par les physiciens. On a par exemple observé des variations importantes dans le comportement de mésons contenant un (anti)quark b.

L'antimatière est très rare dans l'Univers, totalement dominé par la matière. Cette observation reste encore aujourd'hui une véritable énigme puisque la cosmologie moderne suppose que matière et antimatière ont été créées en quantités égales lors du Big-bang.

On sait produire des antiparticules dans les accélérateurs, lors de collisions à haute énergie. Un autre défi, techniquement encore plus complexe est la fabrication d'antiatomes dont le noyau et le nuage électronique sont formés d'antiparticules. La difficulté consiste à réassembler le puzzle, en mettant en orbite un antiélectron autour d'un antiproton pour créer de l'antihydrogène. C'est actuellement possible au CERN, grâce au « décélérateur d'antiprotons ». L'antihydrogène qui y est produit servira notamment à comparer les effets de la gravité sur la matière et l'antimatière. On s'attend à ce que la gravitation agisse de la même manière sur les particules et les antiparticules, mais ce comportement n'a encore jamais été validé expérimentalement. Des expériences comme AEGIS et GBAR, actuellement en cours d'installation au CERN, permettront à l'avenir de tester cette hypothèse.

Quelles applications pour l'antimatière ? Commençons par décevoir certains : il est actuellement inenvisageable de l'utiliser comme source d'énergie. En effet, sa production demande un milliard de fois plus d'énergie qu'elle n'en fournirait en s'annihilant avec de la matière. Fabriquer un gramme d'antimatière engloutirait le budget de la France sur plusieurs millénaires et ne permettrait d'alimenter l'humanité en énergie que pendant quelques minutes ! Par contre, l'antimatière est utilisée aujourd'hui en imagerie médicale, notamment pour réaliser des tomographies. On utilise un marqueur radioactif qui se fixe sur la zone à étudier (par exemple une tumeur potentielle). Ce marqueur émet des positrons qui s'annihilent avec des électrons des tissus, produisant des paires de photons caractéristiques qui sont détectées en dehors du corps et renseignent sur la taille de la structure.



Annihilation d'un atome d'antihydrogène

Sur cette image obtenue par l'expérience ATHENA du CERN, l'antiatome d'hydrogène s'est désintégré lorsqu'il a atteint le mur du « piège à particules » (non représenté ici), bien évidemment fait de matière ordinaire. L'interaction entre l'antiproton et un proton de la matière produit quatre pions chargés (les traces jaunes) qui sont détectés (zones roses et cubes jaunes). Le positron s'annihile avec un électron pour donner deux photons d'énergie précise, émis dos à dos (traces rouges) et qui sont également observés (cubes rouges).