

Qu'est ce que l'antimatière ?

Selon les théories actuelles de la physique, toutes les particules de la matière (électrons, protons, neutrons, etc.) posséderaient des doubles «symétriquement opposés». La seule différence entre les particules subatomiques et leur «antiversion», c'est que leurs propriétés électriques et magnétiques seraient inversées. (Selon les lois de la physique, sans nous attarder dans les détails, il serait également possible de considérer les antiparticules comme des particules «symétriques dans le temps», c'est-à-dire comme si elles «remontaient dans le temps»...)

Pour l'électron avec sa charge négative, il existerait donc une particule - l'antiélectron (ou positron) - aux propriétés identiques mais possédant une charge positive. Le proton, le neutron, le neutrino et toutes les autres particules possèdent ainsi des doubles : antiproton, antiproton, antineutrino, etc. Toutes ces antiparticules forment l'antimatière.

Particules de matière et d'antimatière ne peuvent cohabiter ensemble. Lorsqu'elles se rencontrent, elles disparaissent dans un éclair de lumière. Leur masse est aussitôt convertie en énergie, comme le décrit la célèbre formule d'Einstein, $E=mc^2$ (l'énergie produite correspond à la masse multipliée par le carré de la vitesse de la lumière).

Dans la nature, l'antimatière est extrêmement rare. Certaines antiparticules, comme le positron, sont parfois produites naturellement lors de la désintégration de certaines substances radioactives. La plupart des antiparticules, comme l'antiproton et l'antineutron, n'existent pas à l'état naturel sur notre planète. Ils peuvent cependant être produits dans des laboratoires de physique nucléaire.

En mariant un antiproton à un positron, on obtient le plus simple de tous les antiatomes : l'antihydrogène. Cependant, toutes ces antiparticules ont une durée de vie extrêmement courte puisque aussitôt qu'elles entrent en contact avec de la matière ; c'est la destruction instantanée !

L'antimatière fait l'objet de nombreux projets de recherche afin d'éclaircir certaines énigmes qui subsistent sur les débuts de notre Univers.

Quelques instants après sa naissance, l'énergie extraordinaire du Big Bang se serait «condensée» en une quantité équivalente de particules et d'antiparticules. À la longue, particules et antiparticules auraient dû finir par complètement s'auto annihiler. Mais comme on le remarque autour de nous, ce n'est pas le cas, puisqu'on observe un surplus de matière...

Certains chercheurs ont fait l'hypothèse que des quantités équivalentes d'antimatière existeraient encore quelque part dans l'Univers. Certaines galaxies lointaines seraient peut-être alors entièrement constituées d'antimatière. Mais les scientifiques en doutent : on ne voit pas comment matière et antimatière auraient pu exister séparément sans jamais s'annihiler.

Une autre explication serait que la matière et l'antimatière ne seraient pas complètement symétriques. Pour des raisons encore inexplicées, la conversion de l'énergie en antimatière et en matière aurait légèrement favorisé cette dernière. La différence aurait été très faible, de l'ordre de un pour un milliard : autrement dit, un milliard plus un protons pour chaque milliard d'antiprotons ! Toute l'antimatière aurait été rayée de la carte et ce ne serait que la matière «résiduelle» que nous observerions autour de nous...

Durant les années 20 et 30, alors que s'effectuaient les découvertes menant à la détermination de la structure de l'atome, le physicien Paul Dirac forgea des équations décrivant le comportement des électrons. Ces formules avaient deux solutions : la première expliquant les comportements normaux de l'électron et la seconde impliquait une énergie négative, ce qui serait impossible car elle remonterait le temps tout en s'effondrant sur elle-même. Une autre interprétation allait sauver la théorie : ce deuxième électron serait de charge positive et descendrait le temps.

Peu après, l'Américain Carl Anderson découvrit une chose surprenante en plaçant des particules dans un champs magnétique (les trajectoires des particules seront déterminées par leur masse et leur charge). Il en trouva une qui se courbait du côté positif tout en ayant la masse de l'électron. L'anti-électron était découvert.

Puis, on en vint à la généralisation : toute matière possède son antimatière, de même masse mais de charge opposée.

Il est maintenant possible de fabriquer de l'anti-hydrogène. Des anti-protons tournent dans un accélérateur de particules (champs magnétique intense) où ils croisent du xénon. Sous l'impact, un phénomène rare se produit : l'énergie se reconvertit en une paire d'électron-positon.

Encore plus rare, un positon s'accroche à un anti-proton, ce qui forme un anti-atome, avec un proton négatif et un électron positif. En trois semaines d'essai, 9 atomes d'anti-hydrogène furent détectés sur la plaque de silicium où ils vinrent se désintégrer en produisant des rayons gamma (faciles à enregistrer).

Des sources naturelles

On a découvert deux importants nuages d'antimatière dans notre Voie Lactée. Ils furent détectés par leur forte émission de rayons gamma (due à leur désintégration). Plusieurs hypothèses furent formulées, aucune n'est prouvée. La dernière en liste serait la présence d'un trou noir où la quantité de matière à avaler serait trop grande et qu'elle serait éjectée. La température augmentant énormément à cause de toutes ces collisions survenant entre ce qui entre et ce qui sort, il y aura désintégration des particules et formation d'antimatière. Lors de la rencontre entre matière et antimatière, il y aura émission de rayons gamma.

Des applications en imagerie médicale

Une nouvelle technologie, la tomographie par émission de positrons, permet de visualiser certaines parties du corps sans y entrer. Après une injection d'isotopes radioactifs, on observe les désintégrations de l'antimatière lorsqu'elle rencontre la matière (rayons gamma) et on obtient une image du corps en 3D. On utilise principalement des isotopes ayant une carence en neutrons. Ceux-ci étant très instables, ils perdent une charge positive sur une très petite particule (donc un positon). Les frères chimiques de ces isotopes sont retrouvés dans notre corps naturellement: carbone, azote, oxygène. Les demi-vie des carbone-11, azote-13 et oxygène 15 sont très courtes (2 minutes à 1 heure trente), ce qui limite la durée d'exposition, les rayons gamma étant très néfaste pour les cellules.

De nombreuses études devront être faites pour percer complètement les mystères de l'antimatière: les sources dans l'univers et les méthodes de fabrications et de stockage ont à être améliorées. Bref, on est encore très loin de l'Enterprise qui, dans Star Trek, carbure à l'antimatière!

Mais alors, d'où vient l'anti-matière que l'on retrouve au centre galactique ?

Puisque les anti-particules ont quasiment toutes été détruites lors du refroidissement de l'Univers, ces particules ont donc été produites récemment. Or, pour produire des anti-particules il faut une source de très énergétique. Certains types de radioactivité, l'explosion d'étoiles et des trous noirs peuvent produire de l'anti-matière. Or, on peut prédire relativement facilement où la distribution spatiale de l'antimatière car l'on sait où se trouvent ses sources de production. Ici, ce qui est intéressant, c'est que la source se trouve au-delà du plan de notre Galaxie, donc loin des étoiles et des principales sources d'énergies ? Pour l'instant, on ne sait pas encore qu'est qui peut être la source de cette anti-matière. On pense qu'il peut s'agit d'un jet provenant du centre de la Galaxie, ou encore d'une explosion d'étoile. Mais, jusqu'ici rien n'est sûr.

Est-ce que l'on retrouve de l'antimatière sur Terre?

Oui, mais pas en grande quantité. Hormis, la faible quantité d'antimatière qui est produite par les désintégrations radioactives, la majorité de l'antimatière est fabriquée dans des centres de recherches spécialisés dans l'étude des particules élémentaires. On pense au Cern, en Suisse, au Fermilab, à Chicago et à l'accélérateur de Stanford en Californie.

La technique de fabrication de l'antimatière est assez simple. Il suffit d'envoyer des protons avec une très grande énergie sur une cible métallique. Il se forme alors spontanément des paires proton-antiproton que l'on peut séparer à l'aide de champs magnétiques puissants. On garde ensuite les anti-particules dans un anneau de stockage avant de les utiliser dans une expérience.

Peut-on imaginer des applications pratiques de l'antimatière ?

En s'annihilant avec la matière, l'anti-matière libère une quantité considérable d'énergie. Un kilogramme d'antimatière contient à peu près autant d'énergie qu'une centaine de million de tonnes de charbon. Cette propriété en ferait un carburant idéal. Par exemple, on pourrait propulser des vaisseaux spatiaux avec de l'antimatière. On estime qu'il faudrait environ un microgramme d'antimatière pour propulser un vaisseau spatial de 1500 tonnes vers Mars !!!

Plus modestement on peut penser à certaines applications médicales où il est nécessaire d'employer des isotopes radioactifs. En général, il faut utiliser un accélérateur de particules pour produire ces isotopes ce qui n'est pas à la portée de tous les hôpitaux. Une petite dose d'antimatière pourrait permettre de fabriquer les isotopes nécessaires sans accélérateur, à condition toutefois que l'on puisse la transporter en toute sécurité.

Pour transporter l'antimatière, il faut utiliser une bouteille spéciale car il faut à tout pris éviter que cette dernière entre en contact avec la matière, car elle s'annihilerait instantanément. Certains chercheurs imaginent la construction de récipients où de puissants champs électriques et magnétiques, ainsi qu'un vide très poussé, empêchent l'anti-matière de s'annihiler. On pourrait alors garder de l'antimatière en bouteille pendant quelques jours ou même quelques mois.

En fait, c'est le coût de fabrication de l'antimatière qui est considéré comme le principal obstacle à son utilisation. En effet, il en coûterait aujourd'hui environ 25 milliards de dollars et il faudrait plus de 1000 ans pour produire le micro-gramme d'antimatière nécessaire pour lancer une mission spatiale vers Mars !!! Bien que des progrès substantiels sont attendus au niveau de l'efficacité des systèmes de production, la fabrication d'antimatière restera probablement toujours extrêmement coûteuse.