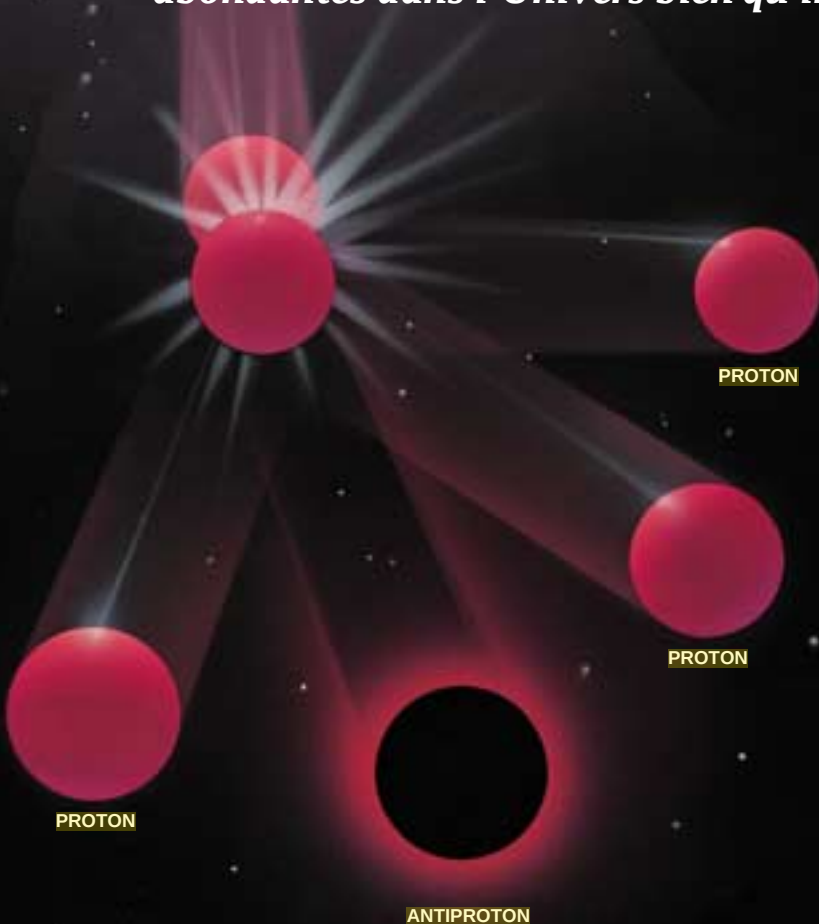


L'antimatière cosmique

GREGORY TARLÉ • SIMON SWORDY

Les astrophysiciens traquent les antiparticules afin de comprendre le mouvement des galaxies. L'existence d'un antimonde semble exclue, mais pas celle de particules «sombres», abondantes dans l'Univers bien qu'invisibles.



En 1928, le physicien britannique Paul Dirac prédit l'existence de l'antimatière : à chaque particule de matière ordinaire correspond une antiparticule de même masse, mais de charge opposée. Ces antiparticules pourraient se lier en antiatomes, et les antiatomes pourraient former les contreparties antimatérielles de tous les objets de l'Univers : antiétoiles, antigalaxies et, même, antihumains. La rencontre d'une particule de matière et d'une particule d'antimatière conduirait à leur annihilation, accompagnée de la libération d'une bouffée de rayons gamma énergiques. De même, un humain et un antihumain qui se serreraient la main s'annihileraient, libérant une énergie égale à celle de 1 000 explosions nucléaires d'une mégatonne chacune.

La proposition de Dirac est osée, mais elle est confirmée quatre ans plus tard, lorsque Carl Anderson, de l'Institut de technologie de Californie, détecte la première antiparticule. En utilisant une chambre à brouillard pour étudier les rayons cosmiques (ces

1. DES COLLISIONS VIOLENTES entre des protons accélérés par l'onde de choc d'une supernova créent l'essentiel de l'antimatière découverte jusqu'ici. Certaines collisions produisent une gerbe de positons, d'électrons et d'autres particules (*en haut*), tandis que les impacts les plus énergétiques engendrent des antiprotons (*en bas*).



particules cosmiques qui bombardent la Terre), Anderson observe une traînée de gouttelettes laissée par une particule de même masse que l'électron, mais de charge électrique opposée (c'est-à-dire positive). Ce partenaire antimatériel de l'électron est le positon. Les antiprotons sont plus difficiles à trouver, mais, en 1955, les physiciens du Laboratoire Lawrence Berkeley en obtiennent dans un accélérateur de particules. Puis, en 1995, des physiciens du Centre européen de recherches nucléaires, près de Genève, synthétisent des atomes d'antihydrogène – de très courte durée de vie – en liant des positons et des antiprotons dans un accélérateur de particules.

Ces dernières années, les astrophysiciens ont construit des détecteurs de plus en plus complexes pour rechercher les antiparticules dans les rayons cosmiques. Comme ces dernières s'annihilent lors de collisions avec les noyaux des molécules d'air, les astrophysiciens ont placé leurs détecteurs dans les couches les moins denses de l'atmosphère. Ainsi le Télescope détec-

teur d'antimatière de haute énergie (HEAT, en anglais), embarqué dans un ballon de haute altitude, cherche les positons des rayons cosmiques. D'autres détecteurs aéroportés étudient les antiprotons, et certains détecteurs ont même été embarqués sur des satellites. Ces expériences devraient révéler les origines de l'antimatière cosmique et indiquer si des antiétoiles ou des antigalaxies existent réellement.

Les astrophysiciens pensent que la plupart des antiparticules présentes dans la haute atmosphère ont été créées lors de collisions violentes de particules subatomiques, dans l'espace interstellaire. Le processus commence lorsque les champs magnétiques d'une étoile sont propagés dans une onde de choc, au cours de l'explosion de l'étoile. Ces champs magnétiques accélèrent les protons interstellaires ou les noyaux atomiques à des vitesses considérables. Quand ces noyaux, devenus ainsi des rayons cosmiques de haute énergie, heurtent une particule interstellaire, une partie de l'énergie incidente est parfois transformée en une paire particule-antiparticule.

Un réservoir de rayons cosmiques

Certaines collisions produisent des paires de pions, particules instables qui se désintègrent rapidement en positons, électrons, neutrinos et antineutrinos. Les collisions les plus énergiques, entre des particules qui se déplacent presque à la vitesse de la lumière, engendrent des paires proton-antiproton. Ce processus est l'inverse de l'annihilation matière-antimatière : l'énergie se matérialise en particules.

Toutefois peu d'antiparticules sont ainsi produites par les collisions interstellaires. Dans les rayons cosmiques observés par le détecteur HEAT, les particules sont bien plus nombreuses que les antiparticules. Pour comprendre pourquoi on observe difficilement l'antimatière, imaginons un récipient rempli de vis. Une centaine de vis ont un filet droit normal (symbolisant les électrons du rayonnement cosmique), et dix vis ont un filet inversé (représentant les positons). Les rayons cosmiques contiennent aussi des protons, de charge positive comme les positons, mais beaucoup plus massifs. Représentons ces protons par 10 000 vis à filet gauche, plus lourdes que les vis correspondant aux positons. Im-

aginons maintenant que nous pesions chaque vis à filet gauche pour savoir si elle correspond à un proton ou à un positon ; la mesure exige une grande précision, car si une seule vis « protonique » sur 1 000 est confondue avec une vis « positonique », le nombre apparent de vis « positoniques » doublera.

L'instrument HEAT se caractérise par un taux d'erreur inférieur à 1/100 000. Le dispositif utilise un aimant supraconducteur et un ensemble de détecteurs pour identifier les positons. Les rayons cosmiques qui traversent l'ouverture du collecteur passent ensuite dans l'aimant supraconducteur, qui dévie les électrons dans une direction, et les protons et les positons dans la direction opposée. Les détecteurs mesurent la charge électrique et la direction de chaque particule incidente, ainsi que l'amplitude de la déviation subie dans le champ magnétique. Cette dernière information permet de séparer les protons des positons ; un proton, plus massif, suivra une trajectoire moins incurvée qu'un positon de même vitesse.

Le détecteur HEAT a été lancé pour la première fois en 1994, à partir du Centre des ballons scientifiques de la NASA, au Nouveau-Mexique. Un ballon géant, gonflé à l'hélium, a emporté ses 2,3 tonnes à une altitude de 37 000 mètres (au-dessus de 99,5 pour cent de l'atmosphère). Le détecteur a mesuré le rayonnement cosmique pendant 32 heures, puis s'est posé en douceur dans le Nord du Texas. La NASA l'a relancé en 1995, à partir du Manitoba : ce deuxième vol a permis l'observation de positons de faible énergie, qui ne traversent le champ magnétique terrestre que près des pôles magnétiques terrestres.

Ces deux vols ont livré des résultats troublants. Notamment, si le nombre de positons de faible énergie mesuré par le détecteur était proche du nombre prévu d'après l'analyse des collisions interstellaires, le détecteur trouvait plus de positons que prévu à haute énergie. L'excès observé pourrait résulter d'erreurs de mesures, mais, si le surplus est réel, il suggère l'existence d'une source inconnue de positons de haute énergie, dans le cosmos. Les particules massives qui interagissent peu, surnommées WIMP (d'après l'anglais *weakly interactive massive particles*), sont peut-être de telles sources.