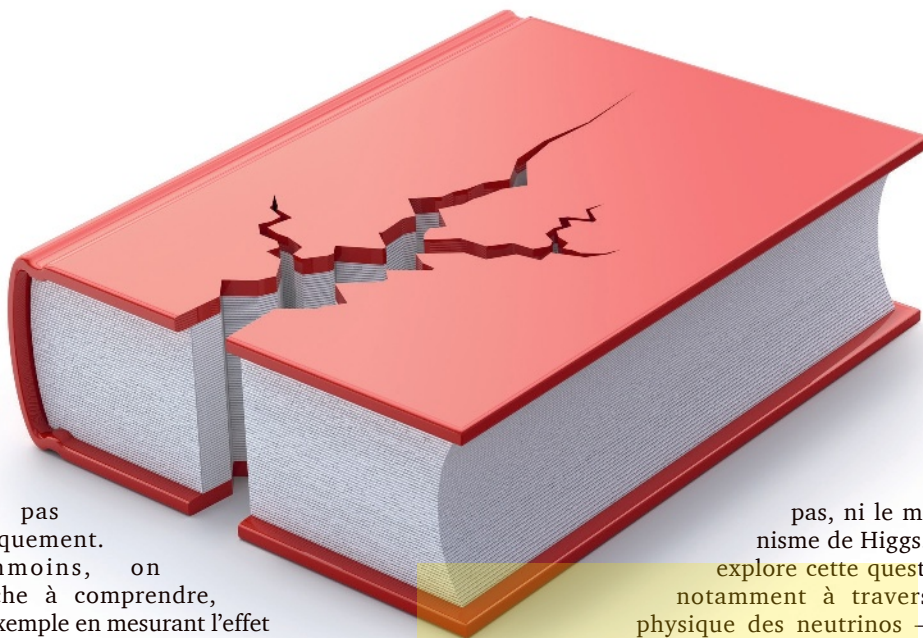




mais pas pratiquement. Néanmoins, on cherche à comprendre, par exemple en mesurant l'effet de la gravitation sur l'antimatière : *a priori*, elle devrait subir la gravitation terrestre comme la matière, mais avec 41 ordres de grandeur en dessous, c'est très délicat à mesurer. Par ailleurs, depuis 2015, on dispose aussi d'un « outil » génial : les ondes gravitationnelles. Ce sont des oscillations de l'espace-temps produites par des masses – énormes – en mouvement. Elles ont été prédites par Einstein en 1916 et permettent d'aller sonder l'espace-temps autour des trous noirs pour tester la physique des particules en champ gravitationnel fort. L'Univers n'a jamais été opaque aux ondes gravitationnelles, contrairement à la lumière, ce qui fait qu'il y a sans doute moyen de capter un fond d'ondes gravitationnelles issu des premiers instants de l'Univers. Cela nous donnerait accès, selon certaines théories, à ce qui s'est passé au moment de la mise en place du mécanisme de Higgs, quand les bosons vecteurs massifs sont apparus.

Les masses des particules sont très disparates. Comprend-on pourquoi ?

La réponse est non. L'échelle des masses est bizarre et il n'y a aucune explication. Pourquoi celle des neutrinos est-elle si faible qu'on ne l'a toujours pas mesurée ? Pourquoi le quark top est-il un monstre, 175 fois plus lourd qu'un proton lui-même constitué de trois quarks légers ? Le modèle standard ne l'explique

pas, ni le mécanisme de Higgs. On explore cette question, notamment à travers la physique des neutrinos – un énorme domaine de recherche.

On se demande par exemple si les neutrinos sont leur propre antiparticule. Ils seraient les seuls fermions, ou particules de matière, à l'être. Ou bien encore quelles sont les valeurs des paramètres qui gouvernent les oscillations de neutrinos ? Les neutrinos sont produits avec ce qu'on appelle une « saveur » donnée : un neutrino produit conjointement avec un électron est un neutrino électronique, avec le muon, un neutrino muonique, et avec le tau, un neutrino tauique. Or, en fonction de l'énergie d'un neutrino et de la distance à laquelle il est détecté, il y a une certaine probabilité pour qu'il le soit avec une autre saveur que celle avec laquelle il a été produit (voir *La possible fécondité du neutrino stérile*, par W. C. Louis et R. Van der Water, page 26). Étudier les oscillations de neutrinos nous donne aussi accès à la différence de comportement entre matière et antimatière dans le secteur des leptons, c'est-à-dire les particules de matière qui ne sont pas des quarks.

Pourquoi n'y a-t-il plus d'antimatière : le modèle standard répond-il à cette question ?

C'est compliqué à expliquer. Il faut trouver des mécanismes qui permettent, dans un Univers symétrique entre matière et