

CEA réalise plusieurs équipements (caméras, miroirs, chaîne d'analyse des données...), qui devrait participer pleinement à cette recherche. Il sera constitué de plusieurs dizaines de télescopes avec des miroirs de 4 à 23 m de diamètre, répartis sur les deux hémisphères de la planète et capables, comme Hess II, de se positionner très rapidement sur la source des ondes. « Une nouvelle fenêtre sur l'univers le plus violent vient de s'ouvrir », conclut Fabian Schüssler. Nous pouvons déjà tirer des informations très précieuses des ondes gravitationnelles elles-mêmes. Imaginez tout ce que nous pourrions apprendre lorsque nous verrons aussi leur contrepartie lumineuse ! » ♦

Le neutrino, l'autre messager

Les ondes gravitationnelles sont des rides qui se propagent dans l'espace-temps. Produites par des événements cataclysmiques, elles peuvent aussi s'accompagner d'ondes électromagnétiques, des photons gamma, X ou visibles. Une autre particule pourrait aussi leur être associée : le neutrino.

À condition, là encore, que de la matière soit impliquée (le neutrino est produit lorsque des photons frappent des particules de matière, les hadrons). Prédit en 1930, découvert en 1956, le neutrino a la particularité d'interagir très faiblement avec la matière. Autant dire que son étude n'est pas une mince affaire. L'observatoire Antarès, installé à 2500 mètres de profondeur dans la Méditerranée, au large de Toulon, est dédié à la détection de cette particule insaisissable. « Lorsque l'onde gravitationnelle a été captée, nous nous sommes aussitôt plongés dans les données enregistrées par Antarès », raconte Fabian Schüssler, qui participe également à l'expérience. Comme prévu dans le cas de la coalescence de deux trous noirs, nous n'avons pas observé de flux de neutrinos plus intense. » Il n'empêche, les observatoires de neutrinos Antarès et IceCube (pôle Sud) – et plus tard Km3Net (Méditerranée) – sont désormais aussi en alerte.

Le graviton, graal ultime

La physique quantique repose sur le principe de dualité qui associe à chaque type d'onde une particule élémentaire. La confirmation de l'existence des ondes gravitationnelles relance ainsi la quête de la particule qui leur est associée : l'insaisissable graviton.

La Terre tourne autour du Soleil, la Lune autour de la Terre et... les pommes tombent des arbres. Tous ces phénomènes ont un point commun : la loi qui les gouverne, à savoir la gravitation décrite en 1686 par Isaac Newton¹. Plus de deux siècles plus tard, Albert Einstein développa une théorie plus large de la gravitation avec la relativité générale et les modifications de l'espace-temps par les masses ; théorie qui trouve aujourd'hui une formidable confirmation avec la détection des ondes gravitationnelles.

Seulement voilà, cela ne suffit pas. Les physiciens sont toujours incapables d'accorder cette théorie de la gravitation avec les **interactions fondamentales** testées avec précision, par exemple dans les collisionneurs de particules². Aussi, afin de tenter d'unifier la gravitation avec ces autres interactions, une nouvelle particule a été inventée : le graviton. « Il est à la gravité ce que le photon est à la force électromagnétique : un vecteur de la force d'attraction », explique Pierre Vanhove de l'Ipht/CEA.

Maintenant que les ondes gravitationnelles sont devenues réalité, et selon le principe quantique de dualité « onde-corpuscule », le graviton peut-il être observé ? « C'est une nécessité : nous pouvons faire l'hypothèse mathématique de son existence et décrire les phénomènes classiques ou quantiques avec lui, mais il faut aller plus loin et lui donner un sens réel », estime Pierre Vanhove. Ça ne sera pas facile car nous pensons que sa nature quantique n'interagit pas avec la matière de la même façon que le photon peut le faire. » Mais comme le remarque le physicien, au début du XX^e siècle, personne n'imaginait pouvoir piéger et manipuler des photons uniques, ce que font maintenant les physiciens. Aujourd'hui, la détection des ondes gravitationnelles fournit déjà une limite supérieure de la masse du graviton et on espère obtenir d'autres contraintes dans le futur. Le détecteur de graviton pourrait donc voir le jour et ainsi confirmer la gravité quantique, réconciliant les théories classiques et modernes de la physique pour dessiner un tableau cohérent et complet des forces qui régissent l'Univers. ♦

Notes :

1. Dans son célèbre *Principia* dans lequel il établit les équations mathématiques de la mécanique classique.

2. Voir *L'élégante traque du boson de Higgs*, hors-série décembre 2013 *Les Défis du CEA*.

Interactions fondamentales

Interaction électromagnétique, interaction nucléaire faible et interaction nucléaire forte régissant les phénomènes physiques de l'Univers.