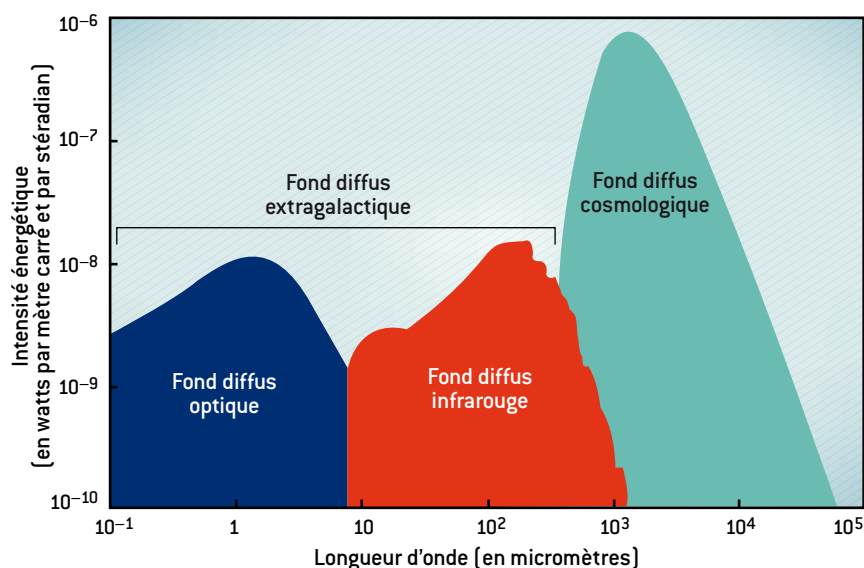




LE RAYONNEMENT QUI EMPLIT L'UNIVERS a diverses origines. Le plus important, le fond diffus cosmologique, a été émis 380 000 ans après le Big Bang. Le fond diffus extragalactique a deux composantes : une partie dans le domaine optique, émise directement par les étoiles, et une partie infrarouge, émise par la poussière interstellaire chauffée par des étoiles.

formation des étoiles dans les galaxies a varié au fil des époques de l'Univers, etc.

Les rayons gamma émis par les blazars traversent différentes épaisseurs de l'EBL, selon leur distance. Ils portent une certaine information sur le fond diffus extragalactique, qui aiderait à répondre à certaines de ces questions fondamentales en ouvrant des fenêtres sur différentes époques de formation stellaire.

Par exemple, nous savons que les galaxies lointaines de l'Univers primordial ont une physionomie bien différente de celle des galaxies proches : au lieu d'être des sphéroides réguliers ou de magnifiques spirales, elles sont compactes et difformes. Leurs formes distordues résultent en partie des collisions entre ces galaxies anciennes, fréquentes parce que l'Univers était plus dense dans sa jeunesse que maintenant. Les galaxies anciennes émettent également beaucoup plus de lumière infrarouge, en proportion, que les galaxies proches. Cela signifie que la lumière de l'EBL due aux galaxies anciennes très éloignées a un spectre différent de celui de la lumière EBL émise par des galaxies récentes et proches.

Les chercheurs examinent donc la répartition en énergie (le spectre) des rayons gamma absorbés par les photons de l'EBL. Le spectre des rayons gamma absorbés très loin dans l'espace (c'est-à-dire aussi très loin dans le temps) devrait être différent du spectre de ceux absorbés par les photons de l'EBL, plus proches. Dès 1994, Donn

MacMinn et Joel Primack ont modélisé la forme théorique de ces spectres. Ils en ont conclu que le facteur le plus important pour définir les caractéristiques de l'EBL est l'époque de formation galactique à laquelle les photons ont été émis. Sur la base de différentes hypothèses cosmologiques, ils ont déduit l'évolution au fil du temps de l'atténuation des rayons gamma par le fond diffus extragalactique. Ainsi, selon les mesures d'absorption des rayons gamma de sources diversement distantes, il sera possible de tester les théories concurrentes qui décrivent l'évolution des galaxies.

Avec les premières mesures du fond diffus extragalactique obtenues à partir de l'atténuation des blazars, les chercheurs ont commencé à brosser un tableau de la formation stellaire et galactique à travers l'histoire cosmique. Par exemple, le spectre de longueurs d'onde des mesures de l'EBL donne un aperçu de ce qui se passait au pic de formation stellaire, il y a 8 à 12 milliards d'années. Ce spectre présente deux bosses : l'une représente la lumière ultraviolette et visible issue d'étoiles, et l'autre correspond à la lumière infrarouge (voir la figure ci-contre).

Des indices de présence de la poussière

Cette seconde bosse semble être produite par de la poussière. Nous savons que les étoiles qui explosent produisent de la poussière (constituée d'éléments lourds tels que carbone, oxygène et fer), qui enveloppe et obscurcit les régions de formation stellaire. Au pic de formation des étoiles, la poussière absorbait une bonne partie de la lumière stellaire et la réémettait dans l'infrarouge. L'EBL fournit un moyen d'étudier la prévalence de ces galaxies obscurcies par la poussière à cette époque : c'est un élément important pour comprendre comment les planètes rocheuses telles que la Terre se sont formées, ces planètes contenant une grande quantité de poussière cosmique.

Ces résultats concrétisent plus de vingt années de recherche. Partis de l'idée qu'il était possible de « voir » la lumière émise par toutes les étoiles, actuelles ou passées, de l'Univers, nous avons aujourd'hui un outil pour étudier l'évolution de l'Univers au travers des caractéristiques du fond diffus extragalactique.

Jusqu'où pourrions-nous remonter dans le temps grâce aux recherches sur l'EBL ?

■ BIBLIOGRAPHIE

A. Domínguez et al., *Detection of the cosmic gamma-ray horizon from multiwavelength observations of blazars*, *Astrophysical Journal*, vol. 770(1), 77, 2013.

Collaboration Fermi, *The imprint of the extragalactic background light in the gamma-ray spectra of blazars*, *Science*, vol. 338, pp. 1190-1192, 2012.

H. Dole et al., *Le fond infrarouge de galaxies livre ses secrets*, 2008.
http://www.CNRS.fr/publications/imagesdelaphysique/Auteurs2008/05_DLP.htm

G. Hasinger et R. Gilli, *Le grand inventaire cosmique*, *Pour la Science*, n° 297, juillet 2002.

De futurs travaux pourraient nous apporter des informations sur des périodes encore plus anciennes de l'histoire de l'Univers. Si nous parvenons à étendre nos observations de l'EBL jusqu'à inclure quelques sources de rayons gamma à plus grand décalage vers le rouge, les astronomes pourraient étudier comment l'Univers a été réionisé au cours du premier milliard d'années après le Big Bang, la lumière ultraviolette des premières étoiles ayant ionisé les atomes neutres de la matière qui composait l'Univers en leur arrachant des électrons. Cet objectif est l'une des principales motivations du prochain télescope international CTA (*Cherenkov telescope array*, « réseau de télescopes Tcherenkov ») en cours de conception, avec des installations dans les hémisphères Nord et Sud, qui seront constitués de différents instruments conçus pour être sensibles aux rayons gamma, des plus basses énergies aux plus hautes.

Par ailleurs, une fois que nous comprendrons et quantifierons mieux l'EBL, nous pourrions soustraire son atténuation des observations de blazars et de sursauts gamma afin de décrire plus

complètement la nature de ces objets exotiques eux-mêmes.

En attendant, l'intensité de l'EBL mesurée indirectement par notre technique d'atténuation des rayons gamma est globalement compatible avec l'intensité de l'EBL estimée indépendamment à partir d'observations de galaxies d'époques plus anciennes. Cet accord signifie que la lumière émise par les galaxies aux longueurs d'onde des domaines optique et proche infrarouge semble expliquer les observations de l'EBL par l'intermédiaire de l'atténuation des rayons gamma. Un tel résultat nous conforte dans notre compréhension du fond diffus extragalactique et sur les conclusions que nous en tirons sur l'évolution des galaxies.

Regarder vers l'avenir

À mesure que nous affinerons nos mesures, l'accord entre les observations directes des galaxies et indirectes à partir des blazars pourrait être renforcé ou, au contraire, montrer des anomalies. Dans un cas, nous pourrions alors fixer des limites sur la présence dans l'Univers de sources de

lumière, telle la désintégration d'hypothétiques particules qui se seraient formées dans l'Univers primordial, et dans l'autre cas mettre en évidence de nouveaux phénomènes astrophysiques tels que la désintégration de particules exotiques se convertissant en rayons gamma. Les observations des rayons gamma seront grandement améliorées par la mise en service de CTA, mais c'est toute une nouvelle génération de télescopes spatiaux (le télescope *James Webb*), de télescopes au sol de plus de 30 mètres de diamètre, ainsi que le programme LSST (*Large synoptic survey telescope*) qui permettront de mieux comprendre la formation des galaxies.

Nous connaissons maintenant la réponse au paradoxe d'Olbers : le ciel nocturne n'est pas sombre ; il est rempli de la lueur de toutes les galaxies qui ont existé depuis le commencement de l'Univers, même si cette lueur est difficile à détecter. Et en permanence, des supernovæ explosent, des nuages de gaz luisent et de nouvelles étoiles naissent, ajoutant leur lumière à ce fond omniprésent qui emplit chaque centimètre cube du cosmos. ■

En Janvier Cerveau & Psycho devient mensuel

11 numéros
par an
au lieu de 6

Toujours au cœur de la révolution cognitive
le nouveau Cerveau & Psycho

+ complet + attractif + rythmé

Et vous retrouverez toujours vos chroniqueurs préférés
Christophe André, Serge Tisseron, Sébastien Dieguez

www.cerveauetpsycho.fr