

Détecter la lumière de toutes les étoiles disparues

Plusieurs générations d'étoiles, aujourd'hui éteintes, ont empli l'Univers d'un rayonnement ambiant que les astronomes commencent tout juste à détecter.

Alberto Domínguez, Joel Primack et Trudy Bell



Pourquoi le ciel nocturne est-il si obscur ? Après tout, si l'Univers est rempli de milliards de galaxies, constituées chacune de milliards d'étoiles qui émettent des photons depuis des milliards d'années, comment expliquer que l'Univers ne soit pas inondé de lumière ? L'astronome allemand Wilhelm Olbers se posait la question dans les années 1820, et cette énigme porte désormais le nom de « paradoxe d'Olbers ». En fait, cela faisait des siècles que les astronomes et les philosophes se demandaient pourquoi le ciel était si sombre, et ce que cette obscurité signifiait concernant la nature de l'Univers. Ces savants avaient mis le doigt sur une question bien plus profonde qu'ils ne l'imaginaient.

Le cosmos renferme bien plus de lumière que ce que nous pouvons voir. Même dans les profondeurs de l'espace, loin des lumières de la Terre et des étoiles de la Voie lactée, le milieu intergalactique n'est pas complètement noir. Il brille faiblement d'une lueur nommée fond diffus extragalactique (EBL pour *extragalactic background light*). Ce rayonnement comprend toute la lumière, depuis l'ultraviolet jusqu'à l'infrarouge, émise par l'ensemble des étoiles et des galaxies ayant jamais existé pendant l'histoire cosmique, de son commencement jusqu'à nos jours.

Ce fond diffus extragalactique est faible, car l'espace extragalactique est vaste comparé au nombre de galaxies qui y brillent (ou y ont brillé un jour). Et parce que l'Univers est en expansion, les photons émis par les galaxies se sont répartis dans un volume toujours plus immense et s'y sont dilués. En outre, cette expansion entraîne un décalage vers le rouge de la lumière des galaxies lointaines : la longueur d'onde de cette lumière a augmenté, c'est-à-dire que la lumière visible de ces galaxies est devenue de plus en plus rouge, puis a versé dans l'infrarouge, en dehors de la plage visible.

Les astronomes ont compris, depuis 1967, que ce fond de lumière extragalactique devait exister, et a été découvert par une équipe française en 1996 dans les données du satellite COBE, dans l'infrarouge lointain. La même équipe, à Orsay, a mesuré ce fond en 2006 avec le satellite *Spitzer* avec précision. Ces mesures montraient que l'EBL est principalement composé de lumière provenant de galaxies formant beaucoup d'étoiles masquées par de la poussière qui rayonne dans l'infrarouge lointain.

En revanche, l'EBL dans le domaine visible et proche infrarouge, émis directement

par les étoiles, était beaucoup plus difficile à mesurer. Des premières mesures utilisant des blazars provenant des télescopes HESS datent de 2005 et 2007. Entre 2012 et 2013, des chercheurs (dont deux d'entre nous, Alberto Domínguez et Joel Primack) sont parvenus à quantifier sans ambiguïté le fond extragalactique en utilisant des données portant sur les rayons gamma, enregistrées par le télescope spatial *Fermi* et par des détecteurs au sol – des télescopes à imagerie Tcherenkov atmosphérique.

En plus du défi technique, ce rayonnement intéresse beaucoup les astrophysiciens parce qu'il préserve d'une certaine façon la « mémoire » de la formation stellaire aux différentes époques de l'histoire de l'Univers. En effet, les étoiles contribuent à l'essentiel du fond extragalactique, soit en émettant directement de la lumière, soit en chauffant la poussière du milieu interstellaire, qui rayonne alors à des longueurs d'onde plus grandes. Et de fait, les mesures du fond diffus extragalactique permettent d'explorer l'évolution des galaxies depuis les temps les plus reculés jusqu'à nos jours. À terme, nous espérons étudier la toute première génération de galaxies, formée il y a plus de 13 milliards d'années, dont la lumière est trop faible pour être vue directement avec les télescopes actuels.

Fond cosmologique et fond extragalactique

Le paradoxe d'Olbers a été surtout une question philosophique jusque dans les années 1960. Grâce aux progrès techniques et à l'accumulation des découvertes astronomiques, la cosmologie a évolué du statut d'idées spéculatives à celui de science observationnelle rigoureuse. La vision de l'Univers s'est précisée et, en particulier, l'idée que l'espace était rempli d'un « gaz » dilué de photons filant à toute vitesse et en tous sens a germé. Ces photons devaient avoir des longueurs d'onde très variées, des informations intéressantes pour comprendre le cosmos. Il fallait concevoir des instruments pour mesurer des photons de différentes énergies. L'énergie d'un photon est liée à sa longueur d'onde : une longueur d'onde courte correspond à une onde de haute fréquence et donc de grande énergie ; inversement, une grande longueur d'onde est associée à une fréquence basse et une énergie faible.

Ce gaz de photons inclut le fond diffus extragalactique ainsi que d'autres types de

L'ESSENTIEL

■ Le ciel nocturne est sombre. Pourtant, il est rempli de la lumière accumulée de toutes les étoiles qui ont brillé au cours de l'histoire de l'Univers.

■ Ce fond diffus extragalactique est peu lumineux comparé aux objets proches et au fond diffus cosmologique.

■ Les astronomes ont mis au point une méthode pour détecter cette lumière en étudiant le rayonnement de galaxies lointaines nommées « blazars ».

■ Les chercheurs en extraient des indices sur l'évolution des galaxies, des plus anciennes aux plus récentes.