

➤ ainsi dire privilégiée, au sein de la Voie lactée. La partie centrale de la galaxie est très densément peuplée d'étoiles, ce qui implique que les explosions stellaires potentiellement dangereuses pour la vie s'y produisent plus souvent. Mais le Soleil, par chance, se trouve assez loin du centre galactique, dans une région où la densité stellaire est beaucoup plus faible. Il y a donc moins de sursauts gamma catastrophiques.

On en revient ainsi au paradoxe de Fermi. Bien que la Voie lactée contienne plus de 100 milliards d'étoiles, ces astres se trouvent pour une bonne part dans les régions centrales, précisément là où la probabilité de survie d'organismes complexes – et *a fortiori* intelligents – est très réduite. À cause de l'effet dévastateur des sursauts gamma, seules les régions extérieures de la galaxie, beaucoup moins peuplées d'étoiles, sont potentiellement habitées.

En rapportant nos résultats à l'Univers dans son ensemble, nous sommes parvenus à la conclusion que seules 10% des galaxies (les plus massives et celles dont la métallicité est la plus élevée) étaient en mesure d'abriter une vie complexe. De surcroît, comme ces grandes galaxies mettent longtemps à se former, il se pourrait que la vie complexe telle que nous la connaissons ne soit apparue dans le cosmos qu'il y a au mieux 5 milliards d'années (soit durant le dernier tiers de l'histoire de l'Univers).

UN MULTIVERS HOSTILE

Ma collègue Licia Verde, à l'université de Barcelone, nous a alors suggéré que ce résultat avait un lien avec l'énergie sombre. Depuis 1998, année de la découverte selon laquelle l'Univers est en expansion accélérée, nous savons que le cosmos contient une composante dont l'effet équivaut à celui d'une «gravité répulsive». Sa nature est inconnue, mais la possibilité la plus simple est celle d'une «constante cosmologique» non nulle (dans les équations d'Einstein décrivant le lien entre matière et géométrie de l'espace-temps). Son action tend à disperser la matière et à accélérer la vitesse à laquelle les galaxies s'éloignent les unes des autres. Pourquoi la constante cosmologique a précisément la valeur que nous observons est l'un des grands enjeux de la cosmologie moderne.

Le lien entre la valeur de la constante cosmologique et la formation des galaxies est facile à comprendre. Puisque cette constante agit comme une gravité répulsive, plus elle est élevée, plus elle aurait empêché la formation des grandes structures de l'Univers, les galaxies et les amas de galaxies. L'inverse est bien sûr vrai : des valeurs plus faibles, voire négatives de la constante cosmologique auraient pour effet d'engendrer bien plus de galaxies que l'on en observe en réalité.

Dès les années 1980, avant que ce paramètre ne soit mesuré expérimentalement,



Steven Weinberg, de l'université du Texas à Austin, s'est servi d'un argument désormais célèbre pour estimer sa valeur. Il a démontré que si la constante cosmologique avait une valeur positive et élevée, ses effets répulsifs auraient complètement empêché la formation des galaxies. Dans ce cas, l'Univers ne contiendrait pas non plus de planètes ni, bien sûr, de vie. Steven Weinberg en a déduit que la constante cosmologique ne pouvait pas dépasser une certaine limite. Depuis, grâce à diverses observations astrophysiques et cosmologiques, les chercheurs ont mesuré la valeur de la constante cosmologique, qui se révèle très proche de la limite établie par Steven Weinberg.

L'approche de Steven Weinberg ne permet cependant pas de déterminer une limite inférieure pour la constante cosmologique. On peut juste dire que si elle était inférieure à ce que nous observons – voire négative –, la formation de galaxies aurait été encore plus favorisée. L'Univers contiendrait davantage de galaxies et donc, en principe, de planètes habitables.

C'est ici qu'interviennent les sursauts gamma. Un univers qui contiendrait plus de grandes structures serait aussi peuplé d'un

L'observatoire spatial *Fermi*, de la Nasa, est spécialisé dans l'étude des rayons gamma. Il a été mis en orbite le 11 juin 2008. Il est équipé de deux télescopes, le LAT et le GBM. Le second est dédié à la détection des sursauts gamma. Le 17 août 2017, *Fermi* a contribué à une observation historique : il a détecté le sursaut gamma accompagnant la fusion de deux étoiles à neutrons dont l'émission en ondes gravitationnelles a été enregistrée par les interféromètres géants *Ligo* et *Virgo*. C'était la première détection d'une émission électromagnétique coïncidant avec une détection d'ondes gravitationnelles.