

données disponibles de *Fermi* quand j'ai remarqué que les mesures initiales des rayons gamma dessinaient un vague contour, au-delà duquel le signal diminuait rapidement.

En astronomie, des limites nettes sont généralement associées à des événements transitoires. Par exemple, quand une étoile explose en supernova, l'onde de choc dessine un bord net en se propageant puis, avec le temps, la structure s'estompe.

Mais dans le scénario de la matière noire, nous n'avons pas affaire à un phénomène transitoire et le rayonnement gamma issu de l'annihilation de ces mystérieuses particules devrait suivre la densité de matière noire et décroître progressivement à mesure que l'on s'éloigne du centre galactique.

Dans le premier lot de données de *Fermi*, les contours étaient mal définis et pouvaient

être interprétés comme du bruit de fond dans le signal. Mais ils étaient toujours présents dans les nouvelles données, et je commençais à me poser des questions. J'ai montré ces contours à mes étudiants en thèse Meng Su et Tracy Slatyer, qui furent aussi d'avis qu'ils étaient bien réels. M. Su s'est alors mis au travail pour déterminer la forme exacte des contours. En quelques jours, nous avions changé d'avis quant à leur interprétation. La matière noire était disqualifiée. Les bulles entraient en scène. En mai 2010, M. Su, T. Slatyer et moi soumettions un nouvel article décrivant ces structures et les nommions « bulles de Fermi ».

Même si personne ne s'attendait à trouver de grosses bulles jaillissant sur des dizaines de milliers d'années-lumière hors du plan de la Voie lactée, ce n'était, en y réfléchissant

après coup, peut-être pas si incroyable que cela. De nombreuses autres galaxies présentent elles aussi des bulles. Nous pouvons les voir en rayons X et en ondes radio, et si nous disposions de meilleurs télescopes à rayons gamma, nous les verrions probablement briller aussi dans cette portion du spectre électromagnétique.

Nous comprenons les processus à l'origine des bulles dans nombre de ces galaxies. Dans certains cas, les bulles ont pour origine un trou noir géant, souvent d'une masse équivalente à plusieurs milliards de soleils, au centre de la galaxie. Quand de la matière tombe vers le trou noir, elle se met à tourbillonner comme l'eau qui s'écoule d'une baignoire. Ce tourbillon de gaz et de poussière brûlants crée des champs magnétiques intenses qui entraînent des jets de rayonnement et de particules cosmiques perpendiculaires au plan galactique.

Nous savons que la Voie lactée abrite elle aussi un trou noir supermassif en son centre, mais nous n'avons jamais observé un quelconque jet puissant de rayonnement intense émis de son centre. Ainsi, nous n'avons pas de preuve directe que c'est ce processus qui gonfle les bulles de Fermi.

Un jet de lumière galactique

Par ailleurs, ce que nous pouvons voir dans la Galaxie est un nuage de gaz, nommé courant magellanique, qui forme une arche très haut au-dessus du centre galactique. Si un rayonnement intense l'atteignait, il arracherait temporairement les électrons des atomes du nuage. Et en se recombinant, les électrons et les ions produiraient ce qu'on nomme un rayonnement de recombinaison.

Or c'est ce que les astronomes ont trouvé. Il est possible qu'un épisode intense d'accrétion autour du trou noir central de la Galaxie se soit produit il y a environ un million d'années; il aurait engendré des jets de haute énergie et du rayonnement ultraviolet, qui auraient perturbé les électrons du courant magellanique. Cet événement aurait pu créer les bulles de Fermi.

Les observations de certaines galaxies, telle M82, ouvrent une seconde piste: ces galaxies présentent des bulles qui résultent d'une intense activité de formation d'étoiles près de leur centre. Dans les pouponnières stellaires, il se forme des étoiles de toutes tailles. Plus une étoile est massive, plus elle consomme vite son combustible nucléaire.

Un œil braqué sur les rayons gamma

L'atmosphère terrestre bloque les rayons gamma, dont l'énergie est des milliards de fois supérieure à celle de la lumière visible. Pour les observer directement, les astrophysiciens utilisent des télescopes spatiaux.

Le télescope spatial *Fermi* est l'observatoire de rayons gamma le plus puissant jamais mis en orbite. Il comporte deux instruments principaux: un moniteur de sursauts qui surveille l'ensemble du ciel à l'affût de traces de bouffées transitoires de rayons gamma, et le LAT (*Large Area Telescope*), qui est le détecteur de rayons gamma doté de la plus grande sensibilité et de la meilleure résolution jamais envoyé dans l'espace.

Le LAT est différent des télescopes optiques: il n'a ni miroirs ni lentilles. Il fonctionne plutôt comme une expérience de physique des particules. Chaque photon gamma incident qui interagit avec un noyau atomique à l'intérieur du télescope est transformé en un positron et un électron. Ces particules sont alors suivies à

travers des détecteurs embarqués et un calorimètre mesure leur énergie. Au sol, les astrophysiciens utilisent ces données pour reconstruire la direction et l'énergie du rayon gamma initial.

La plupart des télescopes ne peuvent couvrir qu'une minuscule fraction du ciel à un instant donné, et les astronomes se donnent beaucoup de mal pour déci-

der quelles parties du ciel observer. La concurrence pour le temps de télescope est rude, et il n'est généralement pas possible d'observer de larges bandes de ciel dans lesquelles on n'attend rien de particulièrement intéressant. En revanche, *Fermi* a un champ de vue qui couvre un cinquième du ciel, ce qui permet d'observer l'intégralité de la voûte céleste toutes les trois heures. Cette couverture complète du ciel donne aux astronomes la chance de trouver d'immenses structures peu lumineuses telles que les bulles de Fermi.

- D. F., M. S. et D. M.

