

> trouvé 4 nouveaux sursauts associés à des mesures de dispersion très variées. Dans l'article qui présentait les premiers résultats de ce relevé, dirigé par Dan Thornton, alors à l'université de Manchester, les scientifiques ont nommé sursauts radio rapides (FRB, pour *fast radio bursts*) ces événements brefs. Un point essentiel est que, contrairement aux péritios, ces 4 sursauts ont été détectés dans un seul lobe, ce qui leur confère une origine cosmique plutôt qu'humaine.

Très vite, de plus en plus de chercheurs se sont lancés dans des recherches dédiées au moyen de différents radiotélescopes. Et d'ailleurs, de sursauts radio rapides ont été détectés. Le télescope de Green Bank, en Virginie-Occidentale, aux États-Unis, en a enregistré un dans une partie du spectre radio différente de celle du sursaut Lorimer ; il apportait ainsi une preuve supplémentaire que le sursaut est une réalité et non le produit d'une particularité des récepteurs de l'observatoire de Parkes.

DES SURSAUTS QUI SE RÉPÈTENT

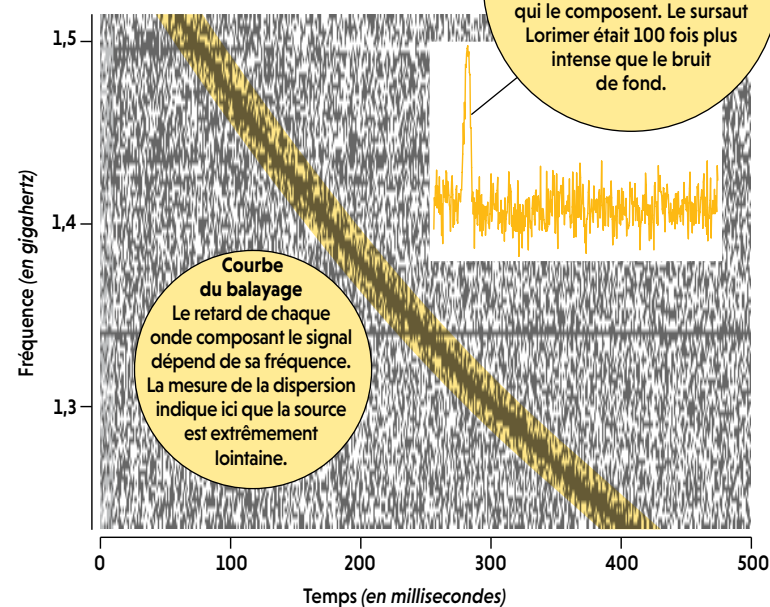
Cependant, en 2016, la quête des sursauts radio rapides s'est corsée. L'équipe de Laura Spitler, de l'institut Max-Planck de radioastronomie à Bonn, en Allemagne, a rapporté l'existence d'une source ayant émis plusieurs sursauts. Jusqu'alors, les astronomes avaient généralement conclu que les sursauts étaient des événements uniques. Mais Laura Spitler et ses collègues ont trouvé un signal répété. Le premier, noté FRB 121102, a été repéré dans les données de 2012 de l'observatoire d'Arecibo, à Porto Rico. Mais dans les 3 années suivantes, les astrophysiciens ont observé 10 sursauts de plus. Ces sursauts ne semblaient pas émis de façon périodique et la durée précise des impulsions radio variait, de même que d'autres caractéristiques.

Motivées par cette découverte, plusieurs équipes de chercheurs ont programmé des campagnes d'observation sur les radiotélescopes du monde entier. L'une d'elles a utilisé le VLA (*Very Large Array*), un réseau de 27 antennes radio, au Nouveau-Mexique, pour rechercher des événements brefs, à l'échelle de la milliseconde, dans la région du ciel où a été vu FRB 121102. Ce relevé a la capacité unique de repérer des sursauts radio sur la voûte céleste avec une précision de plusieurs ordres de grandeur meilleure que celle d'une parabole radio unique. Après environ 6 mois d'observation, l'équipe, dirigée par Shami Chatterjee, de l'université Cornell, a découvert et localisé un nouveau sursaut.

Peu après, l'estimation de la position dans le ciel a encore été améliorée grâce à la technique d'interférométrie à très longue base. Cette approche consiste à combiner les signaux de multiples télescopes du monde entier pour simuler un télescope virtuel beaucoup plus

LE PREMIER SURSAUT RADIO RAPIDE

Ce signal étonnant, le « sursaut Lorimer », a été découvert dans les données d'archives du radiotélescope de Parkes, en Australie. Les astronomes cherchaient initialement des pulsars lointains dont le signal a subi un effet de dispersion : au cours de leur propagation, les ondes électromagnétiques sont ralenties par les interactions avec les électrons libres présents dans l'espace. Cet effet est plus fort pour des ondes de basse fréquence que des ondes de haute fréquence. Les différentes composantes du signal initial nous parviennent donc décalées. Pour mettre en évidence cet effet, les chercheurs tracent l'instant d'arrivée des ondes en fonction de la fréquence ; la courbe régulière surlignée (en jaune) correspond à la décomposition fréquentielle du signal.



grand et doté d'une excellente résolution. Ainsi, Benito Marcote, de l'institut Jive, près de Groningue, aux Pays-Bas, et ses collègues ont localisé les sursauts répétés de FRB 121102 avec une incertitude inférieure à une seconde d'angle (1/3600 degré).

Ce résultat, unique par sa précision, a permis aux astronomes d'identifier la galaxie où les sursauts se sont produits. L'équipe de Shriharsh Tendulkar, de l'université McGill, à Montréal, a ainsi relié FRB 121102 à une galaxie naine environ 20000 fois moins massive que la Voie lactée et se trouvant environ 20000 fois plus loin que le plus distant des pulsars connus. Ces découvertes ont fermement établi que les sursauts radio rapides sont des phénomènes extrêmement lointains, et donc très puissants (sinon, nous ne les détecterions pas).

À ce stade, nous avons établi que les sursauts radio rapides sont des événements cosmiques bien réels, mais il restait beaucoup de chemin à faire pour comprendre leur nature. L'une des questions majeures était de savoir si ces sursauts ont leur origine dans des phénomènes éphémères (comme les supernovæ) ou

s'ils proviennent d'objets à longue durée de vie, comme les pulsars qui émettent périodiquement de puissants signaux. Le cas du sursaut radio répétitif, FRB 121102, penche en faveur de la seconde possibilité, même s'il est unique en son genre. Il est possible que tous les sursauts radio rapides se répètent et que chaque sursaut unique détecté corresponde au plus puissant d'une séquence de sursauts émis par une source. Dans ce cas, il nous faudrait chercher une explication du côté de sources cosmiques durables.

Dans cette catégorie, de nombreux astrophysiciens privilégient des explications impliquant des étoiles compactes telles que des pulsars. Ces objets se forment lors d'une supernova dite à effondrement de cœur. Lorsqu'une étoile très massive meurt, l'essentiel de sa structure s'effondre sur elle-même tandis que ses couches externes sont soufflées vers l'extérieur en une explosion très énergétique. La densité de l'objet résultant est si élevée que les atomes se transforment : leurs protons et leurs électrons s'unissent pour former des neutrons. Le produit final est une «étoile à neutrons», pas plus grosse que le quartier new-yorkais de Manhattan et constituée presque exclusivement de neutrons.

Ces astres tournent sur eux-mêmes extrêmement vite et émettent un rayonnement électromagnétique au niveau de leurs deux pôles magnétiques. Les pulsars correspondent à de

champ magnétique intense, en rotation lente, et dont les émissions résultent de leur énergie magnétique plutôt que de leur rotation. L'un des aspects intéressants et curieux des observations de FRB 121102 par le réseau VLA est la présence d'une forte émission radio persistante, distincte des sursauts radio rapides, dans la galaxie hôte. Les astronomes ont suggéré que cette émission radio est due à un noyau actif de galaxie (un trou noir supermassif au centre d'une galaxie en train d'avaler de grandes quantités de gaz et d'étoiles) et que le sursaut radio rapide est produit par l'interaction du magnétar avec le noyau actif.

UN ENVIRONNEMENT TRÈS MAGNÉTISÉ

Une variante de cette idée est que les sursauts répétitifs proviendraient d'un magnétar enfoui dans le vestige dense d'une hypernova, une supernova particulièrement lumineuse (10, voire 100 fois plus énergétique qu'une supernova ordinaire), qui se serait produite il y a quelques décennies. Une équipe de chercheurs a noté que la galaxie hôte de FRB 121102 est semblable à celles qui sont le théâtre d'un autre phénomène très énergétique, les sursauts gamma, dont on pense qu'ils sont liés à de très jeunes magnétars formés par des hypernovæ.

Très récemment, cette même équipe, menée par Daniele Michilli, de l'université d'Amsterdam, a mesuré le champ magnétique le long de la ligne de visée de FRB 121102. Ils ont étudié la polarisation du rayonnement de 16 sursauts provenant de cette source. Lorsqu'elles traversent un milieu où règne un fort champ magnétique, les ondes électromagnétiques deviennent partiellement polarisées (en l'occurrence, elles acquièrent une polarisation linéaire, c'est-à-dire que le champ électrique de ces ondes oscille dans une direction fixe). Or les ondes radio de FRB 121102 sont polarisées à 100%! Cela indique que la source de FRB 121102 doit se trouver dans une région où le champ magnétique est intense, comme c'est le cas dans un vestige de supernova dense ou autour d'un trou noir supermassif situé au centre d'une galaxie. Mais d'autres scénarios sont également possibles.

Par ailleurs, on ne peut pas encore exclure la possibilité d'événements vraiment uniques. Peut-être certains sursauts se répètent-ils et d'autres pas : il y aurait dans ce cas différents types de sursauts radio rapides, associés à des sources différentes. Et de fait, Divya Palaniswamy, à l'université du Nevada à Las Vegas, et ses collègues ont récemment montré que si tous les sursauts radio rapides se répètent au rythme observé pour FRB 121102, alors nous aurions dû voir d'autres événements multiples. Il est donc raisonnable de supposer que certains sursauts radio rapides ont leur origine dans des événements cataclysmiques uniques. Un ➤

L'énergie rayonnée lors du sursaut Lorimer était supérieure à celle que le Soleil émet en un mois

tels astres dont les faisceaux pointent vers la Terre périodiquement, en raison de leur rotation. Comme les sursauts répétés de FRB 121102 ont des propriétés compatibles avec celles des impulsions extrêmement énergétiques émises par une jeune étoile à neutrons, les sursauts radio rapides pourraient en définitive n'être que des pulsars – mais des pulsars d'un type rare et particulièrement puissant.

Selon une idée voisine, les sursauts radio rapides proviendraient de ce qu'on appelle des magnétars : des étoiles à neutrons ayant un