

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'avaloir 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.

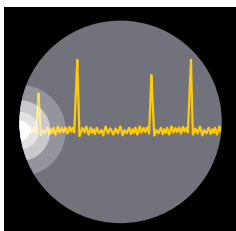
Selon une idée voisine, les sursauts radio rapides proviendraient de ce qu'on appelle des magnétars : des étoiles à neutrons ayant un

LES SOURCES POSSIBLES DES SURSAUTS RADIO RAPIDES



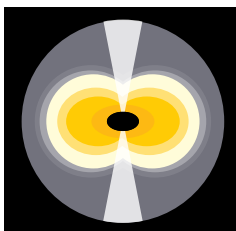
Pulsation d'une étoile à neutrons très massive

Les étoiles à neutrons, vestiges denses d'étoiles mortes, émettent un rayonnement sous forme de faisceaux qui balaient l'espace : elles donnent l'impression de pulser en tournant à la manière d'un phare. Une étoile à neutrons particulièrement puissante pourrait être à l'origine d'un sursaut radio rapide.



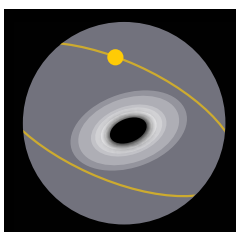
Collision d'étoiles à neutrons

Si deux étoiles à neutrons entrent en collision, l'impact produit un trou noir (ou une étoile à neutrons particulièrement massive) et libère de grandes quantités d'ondes électromagnétiques.



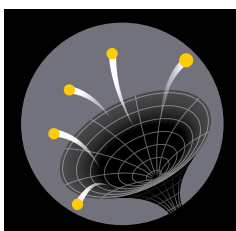
Supernova énergétique

Quand une étoile massive est en fin de vie, elle s'effondre, ce qui conduit à une explosion appelée supernova. Les sursauts radio rapides pourraient correspondre à des supernovæ particulièrement énergétiques.



Interaction avec un magnétar

Des étoiles à neutrons fortement magnétisées, appelées magnétars, émettent un rayonnement engendré par leur énergie magnétique plutôt que par leur rotation. Si l'un de ces astres se trouvait en rotation autour d'un trou noir qui avale de la matière (comme dans un noyau actif de galaxie), l'interaction des deux corps se traduit peut-être par un sursaut radio rapide.



Évaporation d'un trou noir primordial

Certains théoriciens spéculent que le Big Bang aurait créé des trous noirs primordiaux éparpillés dans l'espace. Si l'un de ces trous noirs s'évaporerait spontanément, un éclair radio pourrait s'ensuivre.



Cordes cosmiques

Ces défauts de l'espace-temps sont un autre résultat exotique possible du Big Bang. À supposer qu'ils existent, ils ont pu faire jaillir des éclairs en interagissant avec le plasma qui emplissait l'Univers primordial.

> certain nombre de sources potentielles sont alors à envisager.

Tout en haut de la liste figure la collision de deux étoiles à neutrons. Un tel fracas libérerait probablement un puissant souffle pendant que les deux astres compacts fusionnent en formant un unique trou noir. Une deuxième possibilité pour un événement unique serait l'explosion d'une supernova particulièrement énergétique.

Les théoriciens ont aussi imaginé des scénarios plus exotiques. L'un d'entre eux est l'hypothèse des cordes cosmiques. De tels objets auraient pu se former dans l'Univers primordial lorsque ce dernier a subi des transitions de phase – des changements d'état. Il aurait résulté de ces transitions des défauts, dits topologiques, de l'espace et du temps : les cordes cosmiques. Ces dernières se seraient propagées à la vitesse de la lumière dans le cosmos qui était alors rempli de plasma brûlant, et auraient produit des bouffées de rayonnement en interagissant avec le plasma. Les observations dont nous disposons ne permettent pas d'exclure que les sursauts radio rapides correspondent à ce scénario, qui est cependant hautement spéculatif.

Les scientifiques ont aussi proposé comme source de sursauts radio les trous noirs primordiaux, de petits trous noirs qui se seraient formés à la naissance de l'Univers et qui n'ont pour l'instant pas été détectés. Si l'un de ces trous noirs primordiaux s'évaporerait spontanément, il émettrait un rayonnement qui pourrait correspondre à un signal de sursaut radio rapide.

Si l'une ou l'autre de ces idées devait trouver confirmation, le sursaut Lorimer serait la première preuve observationnelle de ces phénomènes exotiques.

CARTOGRAPHIER LE CIEL

Dix ans après la découverte du sursaut Lorimer, la quête de ces signaux est en passe d'entrer dans une phase inédite grâce à des télescopes de nouvelle génération.

En 2012, le réseau Askap (*Australian square kilometer array pathfinder*) à grand champ de vue est entré en service et a très vite permis de détecter des sursauts radio rapides. Au moment où nous écrivons cet article, on connaît près d'une trentaine de ces sursauts. Certaines installations existantes telles que le VLA et le radiotélescope de Molonglo, près de Canberra, en Australie, ont subi des travaux de rénovation qui ont permis d'améliorer leur sensibilité et leur couverture du ciel. Ces radiotélescopes modernisés sont maintenant opérationnels, rejoints par d'autres entièrement nouveaux comme Chime (Expérience canadienne de cartographie de l'intensité de l'hydrogène) et Fast (un radiotélescope sphérique de 500 mètres d'ouverture, en Chine).