

# SURSAUTS GAMMA: UN FUTUR PROMETTEUR

Propos recueillis par Sean Bailly



**SYLVAIN GUIRIEC**

professeur à l'université George-Washington, à Washington, et chercheur au centre Goddard de la Nasa

## Avec quelle fréquence détecte-t-on des sursauts gamma ?

Le télescope spatial *Fermi* détecte un sursaut tous les deux jours en moyenne. On a observé plus de 8 000 sursauts gamma depuis leur découverte dans les années 1960.

## Quelles sont les sources des sursauts gamma ?

L'explosion initiale des sursauts dure typiquement de quelques millisecondes à quelques dizaines de secondes. On les classe en deux familles. Les « sursauts longs » durent plus de deux secondes et sont associés aux effondrements d'étoiles massives. Les « courts » sont déclenchés par la coalescence d'objets compacts (des paires d'étoiles à neutrons, ou un trou noir et une étoile à neutrons).

Mais, début 2021, avec mes collègues, nous avons mis en évidence que des explosions géantes de magnétars – des étoiles à neutrons en rotation rapide et à champ magnétique intense – dans des galaxies proches produisent parfois des sursauts gamma courts.

## Comment les distinguer d'un sursaut de coalescence ?

Leur spectre en fréquence a une signature un peu différente de celui d'une coalescence. Mais nous n'avons pas toujours des données couvrant tout le spectre électromagnétique. Quand un événement est repéré par un satellite, l'alerte est aussitôt transmise à d'autres observatoires pour étudier l'objet dans d'autres fréquences. Mais un sursaut gamma est si bref qu'il est souvent impossible de réorienter les télescopes assez vite pour voir l'explosion initiale. Nous n'avons ainsi que quelques dizaines de sursauts observés dans le visible.

## Quelle est la solution ?

La solution est d'avoir des télescopes à grand champ, qui voient à tout instant une grande portion du ciel. C'est le cas du *Zwicky Transient Factory*. Et ça sera aussi le cas du télescope *Vera-Rubin* en cours de construction. Le défi pour ce futur observatoire sera la quantité d'information collectée.

Avec quelques millions d'événements transitoires par nuit, les capacités de traitement et de stockage sont limitées. Il faut donc mettre au point des algorithmes efficaces pour sélectionner les objets les plus intéressants.

Une autre voie est la complémentarité avec les détecteurs d'ondes gravitationnelles. Par exemple, l'onde gravitationnelle GW170817 captée par les interféromètres *Ligo-Virgo* a été associée à un sursaut, ce qui indique clairement que celui-ci était le résultat d'une coalescence. Les expériences de neutrinos astrophysiques nous apporteront aussi des informations précieuses.

Enfin, de nouveaux projets d'observatoires gamma, X et infrarouge sont en préparation, tels *Gamow Explorer* (dont je suis responsable principal adjoint) du côté de la Nasa ou *Theseus* pour l'ESA. Ils permettront d'étudier les sursauts des premières étoiles de l'Univers. L'observatoire spatial franco-chinois *SVOM* prévu pour 2022 sera aussi un instrument capital pour l'étude des sources transitoires.

automatiquement accolé à tous les événements astronomiques transitoires, «2018» correspond à l'année de la découverte, et «cow» est une suite unique et aléatoire de lettres d'identification qui, ici, formait un mot, «vache» en anglais (il n'en fallait pas plus pour surnommer l'événement). Au début, les observations semblaient indiquer des similitudes entre cet événement et un sursaut gamma, sauf qu'il n'y avait pas eu de détection de rayons gamma. «Enfin! Je tiens une émission rémanente!» ai-je pensé. Mais la situation a rapidement changé. Parce qu'AT2018cow était si brillant (10 à 100 fois plus brillant qu'une supernova ordinaire) et si proche (à 200 millions d'années-lumière), l'objet a suscité un grand intérêt dans le monde entier. Les astronomes l'ont observé dans tout le spectre électromagnétique.

## UNE EXPLOSION ATYPIQUE

AT2018cow a surpris toute la communauté. Le déroulé de l'événement était complètement différent de toutes les explosions cosmiques jamais observées. Et nous étions dans la même situation que les aveugles de la célèbre fable indienne: lorsque ces individus rencontrèrent un éléphant, ils en tâtèrent chacun une partie différente de l'animal, mais ne s'accordèrent pas sur une description commune. Ainsi, le premier en touchant la trompe la comparait à un serpent, le deuxième palpant l'oreille pensait à un éventail, pour un troisième la patte rappelait le tronc d'un arbre. De la même façon, nos diverses observations de la Vache étaient difficiles à combiner en une vision cohérente. L'explosion présentait des caractéristiques de plusieurs types de phénomènes différents. Diverses explications ont été rapidement proposées, mais sans toujours convaincre.

Mes collègues et moi avons travaillé dur pour compiler les données, afin de comprendre comment les interpréter. Certains de ces moments restent parmi mes meilleurs souvenirs de thèse: quand nous avons calculé ensemble au tableau noir les propriétés de l'onde de choc, quand un membre de l'équipe a déboulé dans le couloir en agitant une feuille avec de nouveaux résultats, ou encore quand nous avons échangé des regards ébahis à l'annonce d'une nouvelle mesure extraordinaire.

Finalement, nous avons conclu qu'il y avait deux composantes majeures dans AT2018cow. La première était un moteur central, comme dans un sursaut gamma. Mais sa longévité était bien supérieure, de l'ordre de plusieurs semaines plutôt que quelques jours, car les rayons X émanant du cœur de l'explosion ont brillé bien plus longtemps que prévu. La seconde composante était un cocon de gaz et de poussière d'environ un millième de masse solaire dont, pour une raison inconnue, l'étoile était entourée au moment de son explosion. Nos preuves de