

> d'accrétion, des ondes de choc s'y forment et peuvent se propager vers l'extérieur, jusqu'à bonne distance du disque. Ces ondes retardent la chute d'une partie des débris qui constituent un écran temporaire de matière, le voile qui expliquerait les observations. Autre possibilité, le disque d'accrétion du TDE nouveau-né pourrait initialement canaliser tellement de matière vers l'intérieur que cela dépasserait momentanément la capacité du trou noir à s'alimenter, formant des vents ou des écoulements transitoires dirigés vers l'extérieur aux abords du trou noir, qui auraient pour effet de repousser les débris stellaires au-delà du disque d'accrétion, à des distances bien plus grandes.

Tandis que les astronomes tentaient de comprendre PS1-10jh et les TDE qui ont été rapidement découverts par la suite, ils ont pris conscience que les événements de destruction par effet de marée étaient des processus beaucoup plus complexes que tout ce que l'on avait supposé jusque-là. Mais la plus grande surprise était encore à venir.

LES RÉVÉLATIONS CHOC DE SWIFT

Cette surprise est arrivée aux premières heures du 28 mars 2011, avec une alerte automatisée envoyée à tous les téléphones portables d'une équipe d'astronomes un peu partout dans le monde. Le satellite *Swift* venait de détecter une impulsion de lumière de haute énergie venue des profondeurs de l'espace.

Construit par la Nasa, en partenariat avec des instituts de recherche italiens et britanniques, *Swift* est un télescope spatial particulièrement adapté à l'étude d'explosions cosmiques en tous genres. Ses principales cibles sont les sursauts gamma, des explosions stellaires cataclysmiques qui sont les événements astrophysiques les plus lumineux de l'Univers. À chaque fois qu'un torrent de rayons gamma pénètre dans les capteurs de *Swift*, le télescope se réoriente rapidement pour observer la source en rayons X et en lumière visible, et déclenche une chaîne complexe d'avertissements vers la Terre. Dans les instants qui suivent une telle alerte, les astronomes se précipitent pour réquisitionner les télescopes les plus grands et les plus puissants au monde pour traquer toute « braise » d'émission rémanente associée à un sursaut gamma avant qu'il ne s'éteigne pour toujours.

Depuis son lancement en 2004, *Swift* a découvert plus de 1 000 sursauts de rayons gamma, mais cet événement-là, surnommé par la suite Swift J1644+57, allait être unique en son genre parmi toutes les observations du satellite.

Comme le suggère leur nom, les sursauts gamma ont tendance à être brefs, leur durée typique allant d'une fraction de seconde à quelques minutes. Quand nous avons braqué

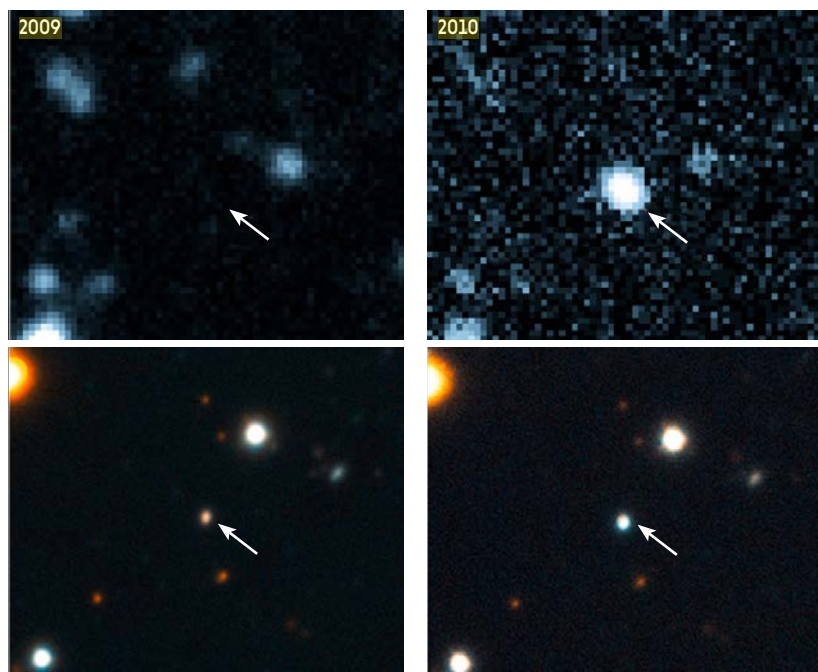
nos télescopes sur Swift J1644+57 en ce matin de mars, nous nous attendions à voir l'émission rémanente classique d'un éphémère sursaut gamma.

Au lieu de cela, nous avons observé un flux intense et variable de rayons gamma qui a duré une journée entière, suivie de plusieurs mois d'émissions de rayons X, intenses mais décroissantes. Nous avons rapidement localisé l'explosion dans une galaxie distante de 3,8 milliards d'années-lumière dans la constellation du Dragon. L'un de nos collègues, Joshua Bloom, de l'université de Californie à Berkeley, a suggéré que nous avions assisté à un TDE. Mais alors que tous les TDE précédents avaient été détectés à de plus grandes longueurs d'onde, donc d'énergie plus faible, correspondant à l'émission thermique du disque d'accrétion d'une étoile déchiquetée, il s'agissait là de tout autre chose.

En moyenne, le trou noir au centre d'une galaxie telle que la Voie lactée avale une étoile tous les 100 000 ans

Comment donc un TDE pouvait-il produire des rayons gamma ? La meilleure réponse que nous pouvions proposer était que les trous noirs mangent salement ! Un trou noir dévore la majeure partie du gaz d'une étoile déchirée, l'emprisonnant pour toujours derrière un horizon des événements (la frontière à l'intérieur de laquelle l'attraction gravitationnelle du trou noir est tellement forte que même la lumière ne peut pas s'en échapper). Mais une petite partie des débris pourrait échapper à la chute.

En effet, tous les trous noirs sont probablement en rotation et ce mouvement pousserait une fraction du gaz vers les pôles du trou noir, où il serait accéléré et éjecté sous la forme d'étroits jets de particules animées de vitesses proches de celle de la lumière. Ces jets relativistes émettent des rayons gamma et X qui fendent le cosmos. *Swift* s'était apparemment trouvé pile sur la trajectoire du jet de Swift J1644+57. C'était un coup de chance : tous les TDE ne déclenchent pas de telles



L'événement PS1-10jh correspondrait à la dislocation d'une étoile par le trou noir supermassif au centre d'une galaxie. Il a été observé par les programmes d'observation *Gaia* (en haut, en ultraviolet) et *Pan-STARRS* (en bas, dans les domaines visible et infrarouge). Les images à gauche sont prises en 2009 avant l'événement, celles de droite en 2010, tandis que le trou noir avalait l'étoile.

rafales relativistes, et la plupart de ceux qui le font passent hors de notre ligne de visée.

Avec la détection de Swift J1644+57, l'équipe de *Swift* a entamé une recherche concertée d'autres événements du même type. Début 2017, deux nouveaux TDE émetteurs de jets de rayons gamma ont été trouvés. La découverte de ces aspects si rares et intenses du trépas d'une étoile offre aux chercheurs l'occasion unique d'étudier un sujet important de l'astrophysique des hautes énergies : la formation de jets de particules relativistes et leurs propriétés.

MORTS PLANÉTAIRES

Que ce soit par les émissions thermiques des disques d'accrétion de débris stellaires ou bien à travers les rayons gamma qui se déversent des jets relativistes d'un trou noir en train d'avalir une étoile, les TDE ouvrent une nouvelle fenêtre pour comprendre le comportement et l'évolution des trous noirs supermassifs.

Un aspect essentiel des TDE est sa durée. Les quasars présentent aussi des jets et des disques d'accrétion, mais ils sont plus larges et durables, car produits par d'immenses nuages de gaz tombant sur un trou noir supermassif, et il n'est pas possible d'en étudier le cycle complet. À l'inverse, les astronomes ont déjà trouvé et étudié du début à la fin une vingtaine de TDE. Cela leur permet de scruter les plus petits détails de ces catastrophes stellaires et de révéler certaines surprises qu'il reste à comprendre ou des choses que l'on pensait impossible à observer. Par exemple, en mesurant avec précision l'éclat fluctuant des TDE, les astronomes obtiennent non

seulement des renseignements précieux sur les trous noirs, mais également des détails sur la composition et la structure interne des étoiles qui sont déchiquetées à plusieurs milliards d'années-lumière de nous.

Les chercheurs espèrent même un jour parvenir à obtenir des informations sur les compagnons d'une étoile – ses planètes, elles aussi englouties par le trou noir. Chaque scintillement en provenance d'une galaxie lointaine pourrait marquer la mort d'une planète entière. Les relevés des étoiles de la Voie lactée ont montré qu'elles hébergent presque toutes des planètes ; des planètes accompagnent donc probablement la plupart, sinon toutes, les étoiles victimes de TDE.

Et si les planètes n'étaient pas directement consommées, elles pourraient se retrouver sur la trajectoire des jets relativistes transitoires produits par certains TDE, qui s'étendent sur plusieurs années-lumière au-delà du trou noir. L'éventuelle vie sur une telle planète, frappée par un faisceau de particules énergétiques, serait rapidement anéantie. Un jour peut-être, les astronomes verront un TDE dans notre propre jardin cosmique, si jamais une étoile perdue vient à être consommée par le trou noir de 4 millions de masses solaires qui se tapit au centre de la Voie lactée, où il sommeille en raison de la raréfaction du gaz. L'événement serait très brillant, mais sans risque puisque nous sommes trop loin du centre galactique pour que les effets les plus dangereux du TDE nous atteignent sur Terre.

L'avènement de relevés du ciel encore plus performants annonce une nouvelle ère de découvertes pour les TDE. Le *LSST* (*Large Synoptic Survey Telescope*, grand télescope d'étude synoptique), en cours de construction au Chili, couvrira 10 degrés carrés du ciel et mettra au jour à lui seul des milliers de ces explosions dans la décennie qui suivra sa mise en service. À certains égards, le plus grand défi sera de passer au crible la multitude de découvertes de sources transitoires. Des projets d'observatoires radio, tels que le SKA (*Square Kilometer Array*, réseau de un kilomètre carré), en cours de construction en Australie et en Afrique du Sud, sont particulièrement adaptés à l'identification de jets relativistes, même si ces derniers ne pointent pas directement le long de notre ligne de visée.

Dans un avenir assez proche, les astronomes auront assemblé un catalogue de TDE répertoriant des milliers d'événements, plus qu'un seul homme pourrait étudier en une vie entière. Il en résultera un éclairage nouveau sur la masse et le comportement de ces monstres affamés que sont les trous noirs supermassifs, tapis au cœur des galaxies partout dans l'Univers. ■

BIBLIOGRAPHIE

S. Gezari et al., **PS1-10jh continues to follow the fallback accretion rate of a tidally disrupted star**, *Astrophysical Journal Letters*, vol. 815(1), L5, 2015.

S. Gezari et al., **An ultraviolet-optical flare from the tidal disruption of a helium-rich stellar core**, *Nature*, vol. 485, pp. 217-220, 2012.

J. S. Bloom et al., **A possible relativistic jetted outburst from a massive black hole fed by a tidally disrupted star**, *Science*, vol. 333, pp. 203-206, 2011.

