

UNE NOUVELLE POPULATION DE TROUS NOIRS RÉVÉLÉE PAR LES ONDES GRAVITATIONNELLES

Publié le 7 septembre 2020



par Laetitia Theunis

Les ondes gravitationnelles font encore parler d'elles. GW190521, signal gravitationnel détecté par les interféromètres [LIGO](#) (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory), basé aux Etats-Unis, et [VIRGO](#), situé à Cascina en Italie, le 21 mai 2019, [est un record à plus d'un titre. Non seulement le trou noir formé est doté de la plus grosse masse jamais détectée, mais il s'agit aussi de la plus lointaine source mise en évidence.](#) Le cataclysme cosmique générant l'onde gravitationnelle se trouvait, en effet, à sept milliards d'années-lumière de la Voie lactée. Autrement dit, il a eu lieu il y a 7 milliards d'années, soit plus de 2 milliards d'années avant la naissance du Soleil.

Dr Maxime Fays, chercheur post-doctorant [FNRS](#) au sein de l'[unité de recherche STAR](#) de l'ULiège, est membre de la collaboration LIGO depuis son doctorat à Cardiff, au Pays de Galles, en 2013. Il co-préside plusieurs groupes de recherche dans le cadre de la collaboration LIGO-VIRGO-KAGRA (interféromètre japonais), notamment sur l'intelligence artificielle et sur les signaux non-modélisés de type long (de l'ordre de quelques minutes).



Dr Maxime Fays © Maxime Fays

Daily Science (DS) : Depuis la première détection d'ondes gravitationnelles en 2015, en a-t-on détectés beaucoup d'autres ?

Maxime Fays (MF) : « [En 2015, la première détection d'un signal gravitationnel \(dénommé GW150914\) a ouvert la porte à une forme d'astronomie.](#) Depuis, une cinquantaine d'événements ont été détectés au travers des ondes gravitationnelles. Cette augmentation exponentielle du nombre de détections est principalement due aux améliorations faites aux détecteurs : ils sont désormais 10 fois plus précis qu'ils ne l'étaient en 2010. A cela s'ajoutent des méthodes d'analyse et de réduction de bruit toujours plus poussées. »

« Nous arrivons actuellement dans une nouvelle phase d'amélioration des détecteurs (au sol) déjà existants, ce qui promet encore plus de détections dans les années à venir. »

« En parallèle, une nouvelle génération de détecteurs et en train d'être développée. C'est le cas de [eLISA](#) – un détecteur placé dans l'espace - ou le [Einstein Telescope](#) - qui sera installé dans le sous-sol. D'ailleurs, un des endroits encore en lice pour accueillir ce dernier est pratiquement dans notre jardin, dans l'Eurégio Meuse-Rhin (entre la Belgique, les Pays-bas et l'Allemagne). On pourra s'attendre à quelques dizaines d'observations par jour! »

« Jusqu'à présent, nous n'avons détecté que des ondes gravitationnelles générées par des systèmes binaires de trous noirs et/ou d'étoiles à neutrons. On croise les doigts pour détecter un signal plus exotique à l'avenir. »

DS : En quoi les ondes gravitationnelles détectées le 21 mai 2019 sortent-elles du lot ? Par quoi ont-elles vraisemblablement été générées ?

MF : « Avec une masse totale d'environ 142 fois la masse du soleil, GW190521 est le trou noir le plus lourd jamais observé par LIGO-VIRGO-KAGRA. Ce géant a très probablement été formé par un système binaire de trous noirs, tout comme les autres observations réalisées depuis 2015. La fusion des deux trous noirs, respectivement de 65 et 85 masses solaires, générant GW190521 a émis, sous forme d'ondes gravitationnelles, de l'énergie égale à 8 masses solaire ! »

DS : Pourquoi cette découverte intrigue-t-elle ?

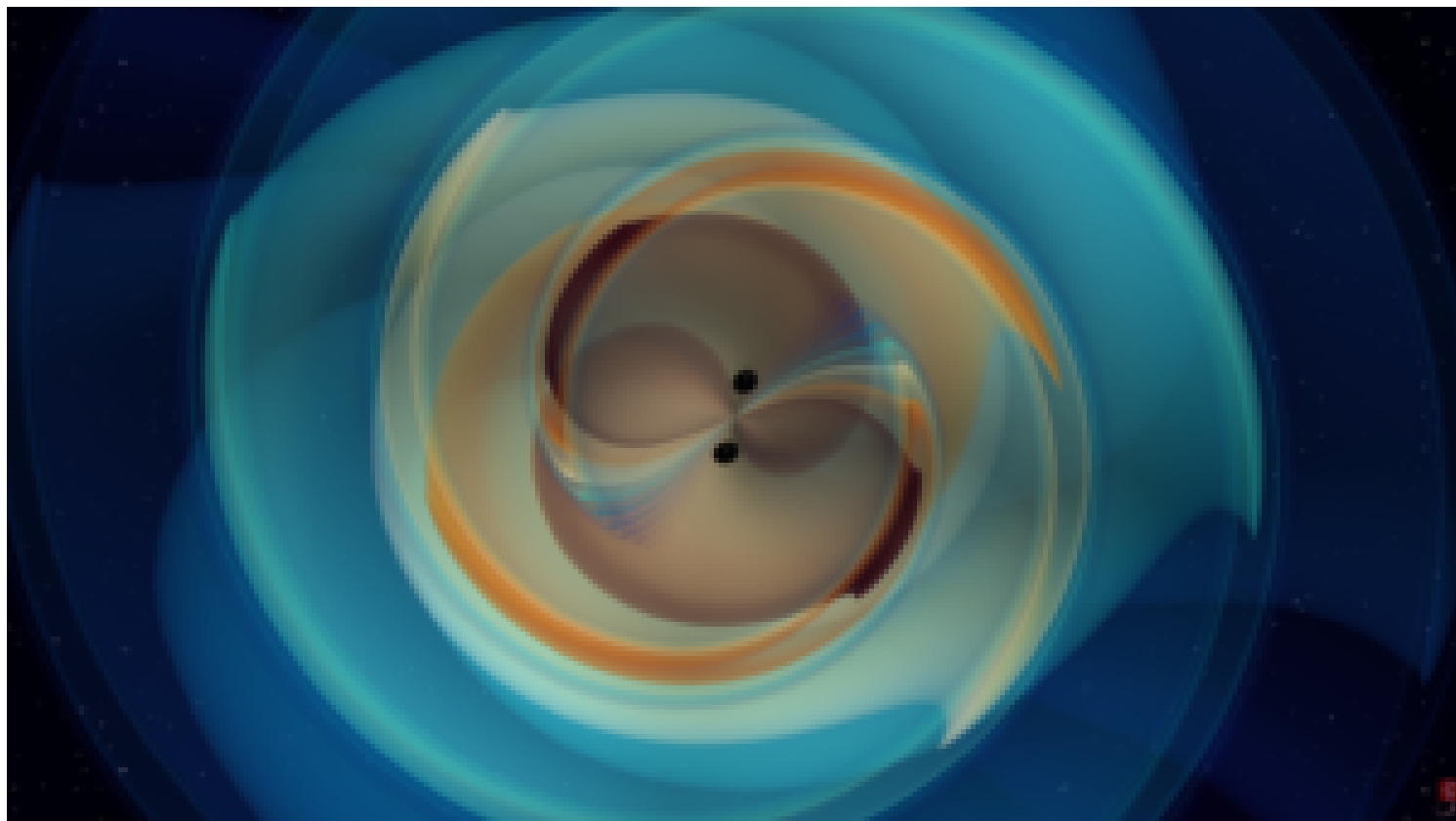
MF : « Cet événement est peu conventionnel, car selon les modèles théoriques actuels d'évolution stellaire, l'un des trous noirs du système binaire initial - celui de 85 masses solaires - ne devrait pas exister. »

« Un trou noir peut se créer au départ d'une étoile très dense, comme une étoile à neutrons, qui explose en supernova. Le cœur de cette étoile à neutrons devient alors un trou noir. Ce procédé convient pour les trous noirs jusqu'à 65 fois la masse du Soleil. »

« Par contre, concernant les trous noirs de plus de 135 masses solaires, l'étoile à neutrons n'explose pas : elle s'effondre sur elle-même à cause de sa masse et crée alors un trou noir. »

« Pour les trous noirs de masse intermédiaire, c'est-à-dire comprise entre 65 et 135 masses solaires, l'explosion initiale serait si forte que l'étoile enverrait toute sa matière dans l'Univers en ne laissant rien derrière elle. Les trous noirs de masse intermédiaire ne devraient donc pas exister. »

« La détection de GW190521 remet cela en question, car nous avons vu un trou noir de 85 masses solaires fusionner avec un autre trou noir plus petit. De tels trous noirs nous donnent une piste possible pour expliquer l'existence de trous noirs supermassifs (100.000 fois la masse du Soleil) existants au centre des galaxies, comme dans la Voie Lactée. En effet, ils pourraient s'être formés au départ de plusieurs trous noirs intermédiaires. »



Simulation numérique de deux trous noirs qui fusionnent, émettant des ondes gravitationnelles. Le signal d'onde gravitationnelle simulée est cohérent avec l'observation de GW190521 faite par le LIGO et le VIRGO © N.Fischer, H.Pfeiffer, A. Buonanno (Max Planck Institute for Gravitational Physics)

DS : Outre une collision de trous noirs ou d'étoiles à neutrons, d'autres sources de l'Univers auraient-elles pu produire le signal détecté ? Lesquelles ?

MF : « Plusieurs mécanismes de génération ont été initialement avancés, mais tous ont été exclus en faveur d'un système binaire de trous noirs en orbite quasi-circulaire. »

« Par exemple, la vibration des cordes cosmiques pourraient produire un signal similaire à GW190521 ... à condition du moins que les cordes cosmiques existent ! Cependant, les modèles de génération d'ondes gravitationnelles par les cordes cosmiques donnent des résultats très largement en faveur d'un système binaire de trous noirs en orbite quasi-circulaire. »

« Plus généralement, les ondes gravitationnelles peuvent être générées par d'autres événements plus exotiques. Un amas de matière pourrait se former dans le disque d'accrétion autour d'un trou noir, ce qui donnerait naissance à un long signal, de l'ordre de quelques minutes. L'explosion d'une étoile à neutrons en supernova pourrait produire un signal éparpillé sur une bande de fréquences bien plus large. Les sursauts gamma pourraient aussi être des progéniteurs d'ondes gravitationnelles et généreraient des signaux avec une évolution en fréquence caractéristique. A noter également, une autre hypothèse de formation des ondes gravitationnelles est celle des trous noirs primordiaux, créés quelques instants après le Big Bang, et de très faibles masses (quelques grammes).»

« Concernant GW190521, il est clairement le fruit d'un système binaire de trous noirs. »