

GW190425 : la fusion d'un système formé de deux astres compacts de masse totale environ 3,4 fois celle du Soleil

Aujourd'hui lundi 6 janvier 2020, la Collaboration Scientifique LIGO et la Collaboration Virgo annoncent la découverte du signal GW190425, la première détection d'ondes gravitationnelles rendue publique pour la troisième période de prise de données commune, O3.

Le 25 avril 2019, le réseau de détecteurs d'ondes gravitationnelles comprenant l'instrument européen Advanced Virgo situé en Italie et les deux détecteurs Advanced LIGO construits aux Etats-Unis ont détecté un signal baptisé GW190425. Après [GW170817](#), c'est le second événement dont la source pourrait être une fusion de deux étoiles à neutrons. GW190425 a été enregistré à 10 heures 18 minutes et 5 secondes, heure de Paris ; environ 40 minutes plus tard, la Collaboration Scientifique LIGO et la Collaboration Virgo ont envoyé une alerte pour déclencher les observations de suivi par des télescopes.

« Nous avons observé un second signal compatible avec la fusion d'un système binaire d'étoiles à neutrons : c'est une confirmation importante de GW170817, l'événement qui a lancé l'astronomie multi-messagers il y a deux ans. La masse totale mesurée pour GW190425 est plus élevée que celle de toutes les binaires de ce type connues dans la Galaxie : cette observation a des conséquences astrophysiques intéressantes pour la formation de ce système », explique Jo van den Brand, porte-parole de la Collaboration Virgo et professeur à l'Université de Maastricht, au laboratoire Nikhef et à l'Université VU d'Amsterdam aux Pays-Bas. « La surprise, c'est que ce système est bien plus massif que ce à quoi nous nous attendions » renchérit Ben Farr, de l'Université d'Orégon aux Etats-Unis et membre de la Collaboration LIGO.

La source du système GW190425 se trouve à environ 500 millions d'années-lumière de la Terre. Elle est localisée dans une région du ciel environ 300 fois plus grande que celle obtenue pour le célèbre signal GW170817, dont la découverte a marqué le début de l'astrophysique multi-messagers avec ondes gravitationnelles. Cette différence est due au fait que le signal GW190425 n'a été observé avec un fort rapport signal sur bruit que dans un seul instrument : LIGO Livingston. Au moment de la détection, le détecteur LIGO Hanford ne prenait pas de données. Et le signal reconstruit dans les données de Virgo était faible – d'une part à cause de la sensibilité de ce détecteur, moins bonne que celle de LIGO Livingston, et d'autre part parce que les ondes gravitationnelles provenaient probablement d'une région du ciel à laquelle Virgo était peu sensible au moment de l'arrivée du signal sur Terre. Cette localisation moins précise rend très difficile la recherche de contreparties (signaux électromagnétiques, neutrinos ou particules chargées). Et d'ailleurs, contrairement

à GW170817, aucune contrepartie n'a été identifiée à ce jour. Néanmoins, les données de Virgo ont été utilisées dans la suite de l'analyse pour améliorer notre compréhension du phénomène astrophysique.

« Malgré l'écart entre les rapports signal sur bruit enregistrés par les différents instruments – dû à des différences connues de sensibilité et de couverture angulaire du ciel – cette nouvelle détection conjointe démontre encore une fois l'importance du réseau international d'interféromètres », ajoute Stavros Katsanevas, le directeur de l'European Gravitational Observatory (EGO), le laboratoire d'accueil du détecteur Advanced Virgo, situé près de Pise en Italie.

Il y a plusieurs hypothèses pour la source du signal GW190425. La plus probable est la collision de deux étoiles à neutrons mais le système qui a fusionné aurait pu également inclure un, voire deux, trous noirs – bien que des trous noirs assez légers pour correspondre aux masses mesurées pour GW190425 n'aient encore jamais été observés. Néanmoins, sur la seule base des données fournies par les ondes gravitationnelles, ces scénarios « exotiques » ne peuvent pas être écartés. La masse totale du système binaire a été estimée à 3,4 fois celle du Soleil. En supposant que la source de GW190425 soit une fusion de deux étoiles à neutrons, ce système aurait été très différent de ceux que l'on connaît dans notre Galaxie et dont la masse totale varie entre 2,5 et 2,9 fois celle du Soleil. Le système initial d'étoiles à neutrons dont GW190425 serait issu pourrait donc s'être formé différemment.

« Après la surprise des premiers résultats, nous avons analysé avec soin les données en utilisant des modèles analytiques robustes, basés sur la théorie de la relativité générale d'Einstein, pour l'émission d'ondes gravitationnelles par le système de deux étoiles à neutrons », explique Alessandro Nagar de la section INFN (« Istituto Nazionale di Fisica Nucleare ») de Turin en Italie. « Au bout de plusieurs mois de travail, nous avons finalement obtenu un bon niveau de compréhension pour cet événement. Bien qu'ils aient été prédits par des travaux théoriques, des systèmes binaires lourds comme celui dont la fusion aurait pu produire le signal GW190425 peuvent être invisibles aux observations électromagnétiques. »

« Bien que nous n'ayons pas observé l'astre formé par cette fusion, nos simulations numériques, basées sur la théorie de la relativité générale, prédisent que la probabilité qu'un trou noir se soit formé immédiatement après la collision est très élevée, de l'ordre de 96% », complète Sebastiano Bernuzzi, chercheur à l'université d'Iéna en Allemagne.

GW190425 a été considéré comme un candidat intéressant [peu après sa détection](#). Il a donné lieu à une alerte publique, comme tous les candidats ondes gravitationnelles recensés au



cours de la [troisième période de prise de données LIGO-Virgo, O3](#), encore en cours. L'ensemble des alertes publiques est accessible librement via la [Gravitational-Wave Candidate Event Database \(GraceDB\)](#).

« Les détecteurs LIGO et Virgo sont engagés dans la prise de données O3 depuis avril 2019 ; celle-ci se poursuivra jusqu'à avril 2020. Le nombre de fusions potentielles de systèmes doubles d'astres compacts enregistrées jusqu'à maintenant est conforme aux prédictions », conclut Marie-Anne Bizouard du laboratoire ARTEMIS de l'Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS, à Nice (France).

La Collaboration Virgo compte actuellement environ 520 chercheurs, ingénieurs et techniciens provenant de 100 laboratoires dans 11 pays, dont la Belgique, la France, l'Allemagne, la Hongrie, l'Italie, les Pays-Bas, la Pologne et l'Espagne. Le consortium EGO (« European Gravitational Observatory »), situé près de Pise en Italie, est le laboratoire d'accueil du détecteur Virgo. EGO est financé par le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) en France, l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) en Italie et le laboratoire Nikhef aux Pays-Bas. La liste des groupes de la Collaboration Virgo est disponible [ici](#). Pour plus d'informations sur Virgo, voir le site internet de la collaboration <http://www.virgo-gw.eu>.

LIGO est financé par la National Science Foundation (NSF) américaine et géré par les laboratoires Caltech et MIT qui ont conçu les instruments et pilotent le projet. Le financement du projet Advanced LIGO provient principalement de la NSF ; l'Allemagne (Max Planck Society), le Royaume-Uni (Science and Technology Facilities Council) et l'Australie (Australian Research Council, OzGrav) y ont contribué de manière importante. Environ 1 300 scientifiques de très nombreux pays participent à ce projet via la Collaboration Scientifique LIGO qui inclut la Collaboration GEO. La liste de l'ensemble des partenaires de LIGO est disponible à l'adresse <https://my.ligo.org/census.php>.