



Communiqué de Presse – 16 mai 2018

Un nouveau test de la relativité générale

Il existe de nombreuses théories relativistes de la gravitation. La plus solide pour l'heure semble être la théorie de la relativité générale d'Albert Einstein, car elle n'a jamais pu être directement mise en défaut, malgré son ancienneté – elle a été formulée en 1915.

Des chercheurs d'Artemis (CNRS – UNS - Observatoire de la Côte d'Azur), du Centre scientifique de Monaco et du King's Collège de Londres, avec leurs collègues des collaborations Virgo et LIGO, ont proposé une nouvelle méthode pour en tester la validité. Cette méthode repose sur la polarisation des ondes gravitationnelles dites « stochastiques » et ils viennent de l'appliquer au jeu de données disponible.

La polarisation des ondes distingue la relativité d'Einstein

De manière générale, les théories relativistes prédisent jusqu'à 6 types de polarisations différentes pour les ondes gravitationnelles. Parmi ces théories, la théorie de la relativité générale n'autorise, elle, que 2 types de polarisation. Ainsi, toute détection de l'un des 4 modes de polarisation interdits par la relativité générale serait révélatrice d'une nouvelle physique - d'où l'enjeu énorme des mesures de polarisation des ondes gravitationnelles.

Récemment, grâce à la détection conjointe des 2 détecteurs américains Advanced LIGO et du détecteur européen Advanced Virgo, la mesure de la polarisation d'une onde gravitationnelle venant d'un couple de trous noirs en fin de vie, a permis pour la première fois de placer une contrainte que les théories devront respecter : si les polarisations interdites par la relativité générale existent, leur amplitude doit être limitée, puisqu'il n'a pas été possible d'en relever la trace dans ces ondes. Néanmoins la méthode est limitée par le nombre de détecteurs et seule la construction de détecteurs supplémentaires permettra d'améliorer significativement le résultat.

Une nouvelle méthode née à l'Observatoire de la Côte d'Azur

Une nouvelle méthode vient d'être proposée par Olivier Minazzoli (Centre scientifique de Monaco), Nelson Christensen (CNRS) et Tania Regimbau (CNRS), ainsi que Mairi Sakellariadou, professeur au King's Collège de Londres qui a effectué de nombreux séjours à Artemis.

Elle se base sur la mesure du fond stochastique d'ondes gravitationnelles – c'est-à-dire, la somme des toutes petites ondes gravitationnelles qui sont individuellement trop faibles pour être détectées, mais qui, ensemble, forment un tout petit bruit de fond permanent identique pour tous les détecteurs. Il pourrait être détecté à condition d'enregistrer le bruit de fond pendant une longue période. Si cette méthode a l'avantage de ne pas nécessiter la construction de nouveaux détecteurs, elle demande un très long temps de fonctionnement.

Se basant sur cette méthode, et utilisant les données de la première période d'observation « O1 », les chercheurs viennent de faire part des premiers résultats concernant les amplitudes du fond stochastique pour les différents modes de polarisation. Sans surprise, aucun signal stochastique n'a été détecté, mais une première contrainte a pu être mise sur l'amplitude maximale qu'il pourrait avoir, au cas où il posséderait des modes de polarisation non conformes à la relativité générale. Cette contrainte devrait devenir encore plus sévère dans le futur : le fond stochastique d'ondes gravitationnelles devrait être détecté à partir de la quatrième période d'observation « O4 ». Cette étude pourra donc à terme, contribuer à valider ou invalider la théorie de la relativité générale.

L'antenne Advanced Virgo

L'antenne Advanced Virgo est installée près de Pise en Toscane, et fonctionne en réseau avec les deux autres détecteurs nommés tous deux Advanced LIGO et situés aux USA. Initial Virgo, puis Advanced Virgo ont été créés par le CNRS et l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN). Actuellement ce sont environ 300 physiciens, ingénieurs et techniciens qui travaillent au projet et sont regroupés au sein d'une collaboration nommée Virgo. Ils appartiennent à plus de 20 laboratoires, surtout en France et en Italie, et depuis peu aux Pays-Bas, en Hongrie, Pologne, et en Espagne.

Les prochaines périodes d'observation

Après les deux premières périodes d'observation, en 2015 (O1) puis en 2017 (O2), les antennes Advanced Virgo et Advanced LIGO sont pour l'instant à l'arrêt, pour travaux, aux USA comme en Italie, afin d'améliorer leur sensibilité aux signaux de plus faible amplitude qui nous parviennent du Cosmos. Il est prévu de les redémarrer conjointement en novembre 2018 pour une période d'un an (O3).

Qui signe cette découverte ?

Les membres des deux collaborations Virgo et LIGO ont mis au point les procédures et programmes de traitement des données, utilisées pour cette publication - comme pour les précédentes - et les résultats de ces analyses sont publiés conjointement. Ces outils et données sont aussi mis à disposition du public, des étudiants, des chercheurs, qui peuvent mener dessus leurs propres travaux.

Six équipes du CNRS et d'universités associées françaises cosignent cette publication scientifique à laquelle les chercheurs d'Artemis (CNRS-UNS-Observatoire de la Côte d'Azur) ont particulièrement contribué en utilisant les données de LIGO. Olivier Minazzoli (CSN), et Mairi Sakellariadou (King's College) sont spécialistes de théories relativistes, Nelson Christensen (CNRS) et Tania Regimbau (CNRS) spécialistes de bruit de fond stochastique.

Artemis : le laboratoire de la Côte d'Azur qui a fait naître Virgo

Le laboratoire Artemis est un laboratoire pluridisciplinaire de recherche en physique et en astrophysique. Depuis sa création avec Alain Brillet (médaille d'Or du CNRS en 2017), il a toujours eu une contribution essentielle au fonctionnement d'initial Virgo puis Advanced Virgo : il est responsable la source laser de forte intensité indispensable au détecteur. Il joue aussi un rôle important dans la simulation de l'instrument. En astrophysique, les chercheurs d'Artemis sont spécialistes de relativité, de signaux stochastiques et de sursauts gamma.

Bibliographie

- disponible en ligne le 16 mai 2018 : <https://arxiv.org/abs/1802.10194>

pour en savoir plus :

- [Papier décrivant la méthodologie de la recherche](#)
- [Advanced LIGO](#)
- [Advanced Virgo](#)

La collaboration LIGO-Virgo promeut l'ouverture de la science à la société et rend accessible les données associées à cette observation et les méthodes et outils nécessaires sur le site <http://www.gw-openscience.org>

Contacts :

Tania Regimbau : regimbau at oca.eu

Olivier Minazzoli : minazzoli at oca.eu

Nelson Christensen : christensen at oca.eu