

Intitulé de stage :

Amélioration de la latence de détection des coalescences de binaires par pré-déclenchement des alertes dans les détecteurs d'ondes gravitationnelles

Coordonnées du Responsable de stage

Responsable de stage	Damir BUSKULIC	Expérience	Virgo
Téléphone	+33 (0)4 50 09 55 22	E-mail	buskulic@lapp.in2p3.fr

Sujet de stage :

Depuis 2016 et l'annonce de la première détection d'une onde gravitationnelle (OG) par les collaborations Virgo et LIGO, de nombreuses autres détections provenant de coalescences d'objets compacts ont eu lieu. La plupart sont produites par des coalescences de trous noirs, deux viennent de coalescences d'étoiles à neutrons. La première, détectée en août 2017, a donné lieu à l'observation conjointe d'un sursaut gamma et de plusieurs observations dans le domaine électromagnétique, ce qui a permis d'identifier la nature du phénomène comme étant une kilonova. La troisième période d'observation des détecteurs LIGO-Virgo (« run » O3) s'est terminée en avril 2020. Cette période a été marquée par des détections hebdomadaires de coalescences de trous noirs et par quelques candidats de coalescences incluant au moins une étoile à neutrons, susceptibles d'émettre un rayonnement électromagnétique. L'astronomie multi-messagers est un aspect clé du programme scientifique des détecteurs avancés, qui devrait maximiser le rendement scientifique des événements ondes gravitationnelles. En particulier, dans le cas de coalescences de binaires compactes (CBC), l'association d'une détection d'onde gravitationnelle avec une contrepartie électromagnétique est un défi qui a déjà conduit à des avantages cruciaux : associer sans ambiguïté une CBC avec un sursaut de rayons gamma, fournir une localisation précise du ciel et un contexte astrophysique, fournir un redshift - ouvrant ainsi la possibilité d'utiliser les CBC comme des sirènes standards pour mesurer la constante Hubble dans l'Univers local, ce qui a été fait avec un seul événement.

Le groupe du LAPP contribue au développement d'un programme qui consiste à rechercher des événements ondes gravitationnelles en temps réel et à envoyer des alertes aux radiotélescopes, télescopes optiques, X et gamma pour les candidats les plus significatifs afin de rechercher d'éventuels homologues électromagnétiques. Dans ce programme, une recherche de signaux CBC a été effectuée avec le pipeline MBTA, développé par le groupe LAPP en collaboration avec les groupes Virgo d'Urbino (Italie), Strasbourg et Lyon.

Dans les détecteurs LIGO et Virgo, le signal d'onde gravitationnelle provenant d'une coalescence d'étoiles à neutrons dure environ une minute. La latence (durée entre la fin de l'événement CBC et l'envoi d'une alerte par MBTA) n'est ensuite que de deux minutes au maximum. Cependant, certains observatoires tireraient avantage d'une latence encore plus faible.

Le but du stage est de déterminer dans quelle mesure une alerte qui serait basée sur une fraction du signal (pré-alerte) précédant la coalescence proprement dite améliorerait cette latence tout en détériorant le moins possible la carte de probabilité des directions de provenance du signal.

Indication éventuelle d'ouverture vers un sujet de thèse :

Le travail proposé au cours du stage pourra être poursuivi au cours d'une thèse. Depuis mai 2020, les détecteurs LIGO et Virgo sont arrêtés pour y apporter des améliorations avant de démarrer une nouvelle période d'observation (« run » O4) avec une meilleure sensibilité début 2022, conjointement avec le détecteur japonais Kagra. Avec une meilleure sensibilité, le nombre de sources détectées va augmenter ainsi que le rapport signal-sur-bruit des signaux. En particulier, l'amélioration de la sensibilité à basse fréquence devrait autoriser l'observation de signaux plus longs, donnant l'espoir de fournir des déclenchements anticipés.

On pourra alors améliorer les perspectives de détection de contreparties électromagnétiques des événements de coalescences de binaires où au moins une étoile à neutrons est présente. Le travail pourra consister en l'implémentation des pré-déclenchements dans MBTA ainsi que l'amélioration du programme dans divers aspects comme l'extension de l'espace des paramètres ou la réjection de certains bruits, toujours en collaboration avec les groupes Virgo partie-prenantes du programme.

Le groupe Virgo du LAPP est un acteur majeur dans la construction, la mise en œuvre et l'étalonnage de Virgo, ainsi que dans l'analyse des données du réseau LIGO-Virgo. Il a coordonné les activités d'étalonnage depuis la construction de Virgo, et, depuis 2010, est fortement impliqué dans le programme de génération d'alertes en temps-réel lors de coalescences de systèmes binaires. Il s'implique également depuis l'année dernière dans l'amélioration des programmes d'analyse stochastique.

Membres de l'équipe d'encadrement

D. Buskulic, R. Flaminio, R. Gouaty, F. Marion, T.Regimbau,
L.Rolland, E. Tournefier, D.Verkindt, M. Was