

Proposition de stage – Année 2022-2023

Niveau du stage : M2

Durée du stage : 4 mois

Ouverture éventuelle vers un sujet de thèse : Oui

Type de financement envisagé : Ecole doctorale (ED PHAST)

Responsable du stage : Stéphane Perries

Téléphone : 04 72 43 27 44

Email : s.perries@ip2i.in2p3.fr

Adresse : IP2I Lyon – Bureau 119bis

Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac

4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

Equipe d'encadrement : Viola Sordini, R Chierici, J.F Coupechoux, G. Pierra.

Thématique : Ondes Gravitationnelles

Intitulé du stage : Sonder l'Univers avec les ondes gravitationnelles

Description du travail demandé :

Depuis leur première détection en 2015, près d'une centaine de signaux d'ondes gravitationnelles provenant d'événements violents tels que la fusion de trous noirs et d'étoiles à neutrons ont été observés. Ces observations sont le couronnement du programme expérimental de la collaboration LIGO/VIRGO/KAGRA (LVK), et sont des données précieuses pour la compréhension de notre Univers et des lois qui le régissent. Elles ont un impact sur différentes branches de la physique : de la physique nucléaire à l'astrophysique et à la cosmologie, ainsi qu'à la physique théorique pour la compréhension de la gravité.

Le groupe de Lyon, membre de la collaboration internationale LVK, est spécialisé dans la détection et la caractérisation de ces coalescences, ainsi que dans la caractérisation de l'expansion de l'Univers via la constante de Hubble.

Pour ce stage, plusieurs thématiques (cosmologie, tests de la relativité générale, astronomie multimessager) sont possibles selon l'intérêt du/de la candidat.e qui sera retenu.e :

- Cosmologie : le taux actuel d'expansion de l'Univers, H_0 , peut-être obtenu à partir de la mesure simultanée de la distance et du redshift d'une source. Les ondes gravitationnelles issues de coalescences permettent naturellement de mesurer la distance de luminosité de l'événement, toutefois l'estimation du redshift repose sur l'existence d'une contrepartie électromagnétique. Ces événements (bright sirens) sont très rares. L'objectif du stage est de mener une étude prospective utilisant les fusions d'objets compacts sombres (dark sirens), dont la déformabilité permettrait de remonter au redshift via l'équation d'état de la matière nucléaire.

- Test de la relativité générale : des violations de l'invariance de Lorentz prédisent des distorsions des formes du signal d'ondes gravitationnelles. L'objectif du stage est de simuler les formes d'ondes dues à des dispersions dépendant de la fréquence, de la position et de la polarisation et d'évaluer le potentiel de découverte de cette physique au-delà de la relativité générale avec les interféromètres de future génération.
- Astronomie multimessenger : les ondes gravitationnelles permettent de recueillir des informations sur l'Univers qui sont complémentaires au messenger historique qu'est le rayonnement électromagnétique (lumière visible, rayons X, ondes radio, micro-ondes, etc...), ou encore aux neutrinos. Toutes ces observations peuvent être combinées dans ce qu'on appelle *l'astronomie multimessenger*. L'objectif du stage sera de réanalyser les données du réseau d'interféromètres LVK en utilisant comme événements déclencheurs les détections de neutrinos de haute énergie des détecteurs tels que IceCube et Antares afin de découvrir d'éventuelles nouvelles coalescences d'objets compacts.

Le la stagiaire doit être motivé.e et capable de travailler en équipe. Le travail de stage demande une connaissance de base de la physique des ondes gravitationnelles, et de l'expérience en programmation sera un avantage.

Internship offer – Year 2022-2023

Internship level: M2

Duration: 4 months

Possible PhD follow up: Yes

Proposed PhD funding type: Doctoral school

Supervisor: Stéphane Perries

Phone: +33 4 72 43 27 44

Email: s.perries@ip2i.in2p3.fr

Address: IP2i Lyon – Bureau 119bis
Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac
4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

Mentoring team: Viola Sordini

Research field: Gravitational waves

Internship title: Probe the Universe with gravitational waves

Work description:

Since their first detection in 2015, nearly 100 gravitational wave signals from violent events such as black hole and neutron star mergers have been observed. These observations are the achievement of the experimental program of the LIGO/VIRGO/KAGRA (LVK) collaboration, and are important data for understanding our Universe and the laws that govern it. They have an impact on different branches of physics: from nuclear physics to astrophysics and cosmology, as well as to theoretical physics for the understanding of gravity.

The Lyon group, member of the international LVK collaboration, is specialized in the detection and characterization of these coalescences, as well as in the characterization of the expansion of the Universe via the Hubble constant. For this internship, several themes (cosmology, tests of general relativity, multimessenger astronomy) are possible depending on the interest of the candidate who will be selected:

- Cosmology: the current expansion rate of the Universe, H_0 , can be obtained from the simultaneous measurement of the distance and the redshift of a source. Gravitational waves from compact binary coalescences naturally allow to measure the luminosity distance of the event, however the estimation of the redshift relies on the existence of an electromagnetic counterpart. These events (bright sirens) are very rare. The objective of the internship is to carry out a prospective study using mergers of compact dark objects (dark sirens), whose deformability would allow to trace the redshift via the equation of state of nuclear matter.

- Test of general relativity: violations of the Lorentz invariance predict distortions of the gravitational wave signal shapes. The objective of the internship is to simulate waveforms distortions due to frequency, position and polarization dispersions and to evaluate the potential for discovery of this physics beyond general relativity with future generation interferometers.

- Multi-messenger astronomy: Gravitational waves provide information about the Universe that is complementary to the historical messenger of electromagnetic radiation (visible light, X-rays, radio waves, microwaves, etc...), or to neutrinos. All these observations can be combined in what is called multimessenger astronomy. The objective of the internship will be to reanalyze data from the LVK interferometer network using high-energy neutrino detections from detectors such as IceCube and Antares as trigger events in order to discover possible new coalescences of compact objects.

The intern must be motivated and able to work in a team. The internship work requires a basic knowledge of gravitational wave physics, and programming experience will be an advantage.