

Proposition de thèse – 2024-2027

Thématique : Ondes gravitationnelles

Sujet de thèse : Recherche de signaux d'ondes gravitationnelles provenant de trous noirs primordiaux et implications pour les modèles de matière noire

Directeur de thèse : Viola Sordini

Téléphone : 04 72 43 10 65

Email : v.sordini@ip2i.in2p3.fr

Adresse : IP2I Lyon – Bureau 424

Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac

4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

Description du travail demandé :

Grâce au réseau mondial d'interféromètres LIGO-Virgo-KAGRA, plusieurs signaux d'ondes gravitationnelles ont été observés, provenant d'événements astrophysiques violents survenus à des milliards d'années-lumière de notre planète. Ces observations ont des implications en astrophysique, cosmologie et physique nucléaire et sont des données précieuses pour la compréhension de notre Univers et des lois qui le régissent.

Le groupe Ondes Gravitationnelles Virgo de l'IP2I est engagé dans la détection de signaux d' Ondes Gravitationnelles provenant de la coalescence d'objets compacts (tels des trous noirs ou des étoiles à neutrons), dans les données récoltées par LIGO-Virgo-KAGRA pendant la quatrième période d'observation, appelée O4 et en cours depuis Mai 2024 pour une durée de 18 mois.

La thèse comporte deux volets, le premier est dédié aux recherches des signaux d'ondes gravitationnelles provenant de coalescences impliquant au moins un objet compact de masse inférieure à la masse du soleil, avec le code Multi-Band-Template-Analysis (MBTA) dans les données de O4. Le groupe de l'IP2I est en première ligne pour ces recherches qui sont poursuivies aussi bien à faible latence - avec le but de générer des alertes pendant la prise des données - et à plus grande latence après la fin de la période d'observation - avec le but de produire des publications qui résument la compréhension globale acquise grâce à la prise de données complète.

L'étudiant.e sera la personne de référence pour ces recherches dans le groupe de Lyon et l'équipe internationale MBTA, avec un engagement fort au sein de LIGO-Virgo-KAGRA. A l'heure actuelle ces recherches n'ont abouti à aucune détection significative, et ont donc permis de poser des limites supérieures sur le taux de coalescences impliquant au moins un objet compact de masse inférieure à la masse du soleil. Avec une sensibilité accrue du réseau de détecteurs et un temps d'observation de 18 mois, la période O4 pourrait bien emmener la première détection d'un signal de tel sorte, ou bien améliorer sensiblement les limites.

Un deuxième volet est dédié à des études phénoménologiques des implication des recherches mentionnées précédemment. En effet, les observations d'objets compacts de masse inférieure à celle du soleil peuvent

contraindre certains modèles qui prédisent par exemple l'existence de trous noirs primordiaux et ont donc des implications dans la recherche de la matière noire.

L'activité principale pendant la thèse sera de traitement et analyse des données, et interprétation des observations dans des modèles phénoménologiques. Les travaux seront menés dans le cadre de la collaboration internationale LIGO-Virgo-KAGRA et, pour la partie phénoménologique, en contact avec la communauté théorique.

PhD thesis proposal – 2024-2027

Research field: Gravitational Waves

Thesis title: Search for gravitational wave signals from primordial black holes and constraints on dark matter models

Supervisor: Viola Sordini

Phone: 04 72 43 10 65

Email: v.sordini@ip2i.in2p3.fr

Address: IP2I Lyon – Bureau 424

Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac

4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

Work description:

Thanks to the worldwide network of LIGO-Virgo-KAGRA interferometers, several gravitational wave signals have been observed, originating from violent astrophysical events happening billions of light-years away from our planet. These observations have implications for astrophysics, cosmology and nuclear physics, and provide valuable data for understanding our Universe and the laws that govern it.

The Virgo Gravitational Waves group at IP2I is engaged in the detection of Gravitational Wave signals from the coalescence of compact objects (such as black holes or neutron stars), in the data collected by LIGO-Virgo-KAGRA during the fourth observing period, called O4 and underway since May 2024 for a duration of 18 months.

The thesis encompasses two different - yet related - projects. The first is dedicated to the search for gravitational wave signals from coalescences involving at least one compact object of mass smaller than the mass of the Sun, using the Multi-Band-Template-Analysis (MBTA) code in the O4 data. The IP2I group is at the forefront of this research, which is pursued both at low latency - with the aim of generating alerts during data taking - and at higher latency after the end of the observing period - with the aim of producing publications that summarize the overall understanding gained from the complete data taking. The student will be the reference person for this research in the Lyon group, within the MBTA international team, with a strong commitment to LIGO-Virgo-KAGRA. To date, these searches have not led to any significant detections, and have therefore enabled us to set upper limits on the rate of coalescences involving at least one compact object with a mass smaller than the mass of the Sun. With a more sensitive detector network and an observation time of 18 months, the O4 period could well bring the first detection of such a signal, or significantly improve the limits.

The second project of the thesis is dedicated to phenomenological studies of the implications of the above-mentioned research, dedicated in particular to models predicting the existence of primordial black holes, with implications for the search for dark matter.

The main activity during the thesis will be data processing and analysis, and interpretation of observations in phenomenological models. The work will be carried out within the LIGO-Virgo-KAGRA international collaboration and, for the phenomenological part, also in contact with the theoretical community.