

## Proposition de thèse – 2023-2026

**Thématique : Ondes Gravitationnelles**

**Sujet de thèse : Détection de signaux d'ondes gravitationnelles et astronomie multimessager**

**Directeur de thèse :** Stéphane Perries

**Téléphone :** 04 72 43 27 44

**Email :** [s.perries@ip2i.in2p3.fr](mailto:s.perries@ip2i.in2p3.fr)

**Adresse :** IP2I Lyon – Bureau 119  
Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac  
4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

### Description du travail demandé :

Le groupe Ondes Gravitationnelles 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). Après avoir participé aux détections de LIGO et Virgo en 2019-2020, le groupe se prépare à une nouvelle période d'observation dont le début est prévu pour Mars 2023, avec une sensibilité accrue et probablement l'inclusion des données de l'interféromètre japonais KAGRA. Grâce à cette nouvelle prise de données, d'une durée d'un an, LIGO et Virgo devraient détecter plusieurs centaines de nouveaux événements, dont possiblement certains avec suivi électro-magnétique.

L'équipe est principalement engagée dans la détection de ces signaux. Les recherches standard de signaux de coalescence d'objets compacts (CBC) considèrent comme objets compacts des trous noirs ou des étoiles à neutrons, les types d'événements possibles sont donc des coalescences de deux trous noirs (BBH), de deux étoiles à neutrons (BNS) ou d'un trou noir avec une étoile à neutrons (NSBH). La présence de signaux de forme connue - sous l'hypothèse de validité de la théorie de la relativité générale - est recherchée dans les données avec une technique de filtrage adapté. A l'IP2I Lyon nous utilisons pour nos recherches le code d'analyse de Multi-Band Template Analysis (MBTA), et nous avons participé aux publications sur la période d'observation 2019-2020. L'intérêt du groupe porte aussi sur le rôle de ces observations de signaux d'ondes gravitationnelles dans le contexte de l'astronomie multimessagers. Alors que la corrélation entre les sursauts gamma et les signaux d'ondes gravitationnelles a été établie de manière spectaculaire par la fusion des deux étoiles à neutrons GW170817 et son long et riche suivi électromagnétique, la connexion entre signaux d'ondes gravitationnelles et neutrinos de haute énergie doit encore être démontrée expérimentalement. Une détection conjointe d'un signal d'ondes gravitationnelles et d'un neutrino de haute énergie est une étape importante pour mieux comprendre les phénomènes de fusion et d'éjection de matière lors des coalescences observées, et ainsi aider à confirmer l'origine astrophysique des deux signaux et améliorer leur localisation pour un éventuel suivi.

Le.a candidat.e participera à l'analyse des données LIGO-Virgo-KAGRA pour la détection de signaux d'Ondes Gravitationnelles provenant de la coalescence d'objets compacts. En particulier, le travail sera de corrélérer les

observations obtenues avec le pipeline MBTA sur les données de O4 avec les observations de neutrinos de haute énergie par KM3NeT et IceCube.

Pendant la période d'observation (2023-2024), le.a candidat.e participera à l'analyse dite *en ligne*, dont le but principal est de publier le plus rapidement possible des alertes dans le cas d'événements d'origine astrophysique, pour permettre le suivi électromagnétique. Après la fin de la période d'observation, l'activité va se concentrer sur la production des résultats appelé *hors ligne*, des analyses plus poussées et rigoureuses qui ont comme résultat les publications phares de la collaboration LVK.

## PhD thesis proposal – 2023-2026

**Research field:** Gravitational waves

**Thesis title:** Detection of gravitational wave signals and multimessenger astronomy

**Supervisor:** Stéphane Perries

**Phone:** +33 4 72 43 27 44

**Email:** [s.perries@ip2i.in2p3.fr](mailto:s.perries@ip2i.in2p3.fr)

**Address:** IP2I Lyon – Bureau 119  
Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac  
4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

### Work description:

The Gravitational Waves team of IP2I is engaged in the detection of Gravitational Waves signals from the coalescence of compact objects (such as black holes or neutron stars). After participating in the LIGO and Virgo detections in 2019-2020, the group is preparing for a new observing period scheduled to start in March 2023, with increased sensitivity and the probable inclusion of the data from the Japanese interferometer KAGRA. Thanks to this new one-year data collection, LIGO and Virgo should detect several hundred new events, possibly including some with electromagnetic counterpart.

The team is primarily engaged in the detection of these signals. Standard searches for coalescence signals from compact objects (CBC) consider black holes or neutron stars as compact objects, so the possible event types are coalescences of two black holes (BBH), two neutron stars (BNS) or a black hole with a neutron star (NSBH). The presence of signals of known shape - under the assumption of the general relativity theory - is searched in the data with an adapted filtering technique. At IP2I Lyon we use for our research the Multi-Band Template Analysis (MBTA) code, and we have participated in publications on the 2019-2020 observation period. The group's interest is also in the role of these gravitational wave signal observations in the context of multi-messenger astronomy. While the correlation between gamma-ray bursts and gravitational wave signals has been dramatically established by the merger of the two neutron stars GW170817 and its long and rich electromagnetic follow-up, the connection between gravitational wave signals and high-energy neutrinos has yet to be experimentally demonstrated. A joint detection of a gravitational wave signal and a high-energy neutrino is an important step to better understand the phenomena of merging and ejection of matter during the observed coalescences, and thus help to confirm the astrophysical origin of both signals as well as improve their localization for a possible follow-up.

The candidate will participate in the analysis of LIGO-Virgo-KAGRA data for the detection of Gravitational Wave signals from coalescing compact objects. In particular, the work will be to correlate the observations obtained with the MBTA pipeline on the O4 data with the observations of high energy neutrinos by KM3NeT and IceCube.

During the observation period (2023-2024), the candidate will participate in the so-called online analysis, whose main goal is to publish alerts as soon as possible in the case of events of astrophysical origin, to allow electromagnetic monitoring. After the end of the observation period, the activity will focus on the production of the so-called off-line results, more thorough and rigorous analyses that result in the flagship publications of the LVK collaboration.