

## Proposition de thèse – 2025-2028

**Thématique : Ondes Gravitationnelles**

**Sujet de thèse : Contraindre les paramètres cosmologiques avec les sirènes sombres et caractérisation des distributions de masses et de spins des objets compacts**

**Directeur de thèse :** Stéphane Perries

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

### **Description du travail demandé :**

Depuis leur première détection en 2015, plusieurs centaines 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 marquent une avancée majeure du programme expérimental de la collaboration LIGO/Virgo/KAGRA (LVK). Elles fournissent des données essentielles pour approfondir notre compréhension de l'Univers et des lois fondamentales qui le régissent, avec des retombées dans divers domaines : la physique nucléaire, l'astrophysique, la cosmologie, ainsi que la physique théorique, en particulier pour l'étude de la gravité.

Le groupe de l'IP2i, membre de la collaboration internationale LVK, se spécialise dans la détection et la caractérisation de ces coalescences d'objets compacts, ainsi que dans la mesure de l'expansion de l'Univers via la constante de Hubble.

Une méthode émergente pour contraindre les paramètres cosmologiques est l'utilisation des sirènes sombres. Contrairement aux "sirènes standard", qui utilisent une contrepartie électromagnétique pour mesurer la distance et le redshift, cette approche s'appuie uniquement sur les ondes gravitationnelles générées lors de la coalescence d'objets compacts. Cette méthode est prometteuse car elle permet d'exploiter la majorité des événements observés, qui n'ont pas de contrepartie électromagnétique identifiable.

Le but principal de cette thèse est d'évaluer en profondeur la robustesse de la méthode des sirènes sombres face aux différentes sources d'incertitudes systématiques, notamment celles d'origine astrophysique (telles que les incertitudes sur les modèles de formation des objets compacts, les effets environnementaux, ou encore les biais liés aux propriétés intrinsèques des systèmes détectés). Cette analyse permettra de mieux comprendre les limites actuelles de la méthode et d'améliorer la fiabilité des contraintes cosmologiques issues des ondes gravitationnelles.

En complément, une deuxième partie de la thèse se concentrera sur l'amélioration des mesures des distributions de masses et de spins des objets compacts (trous noirs et étoiles à neutrons) à l'origine des ondes gravitationnelles observées. Cette partie du travail vise à affiner notre connaissance des populations d'objets compacts dans l'Univers, en particulier pour mieux comprendre les mécanismes de formation de ces systèmes et leurs implications pour la cosmologie et l'astrophysique.

Cette thèse s'inscrit dans un cadre de recherche à fort potentiel, avec des implications importantes pour la cosmologie et l'astrophysique des ondes gravitationnelles, tout en permettant au·à la doctorant·e de participer activement aux travaux de la collaboration LVK et de contribuer à la prochaine génération de résultats dans ce domaine en plein essor.

## PhD thesis proposal – 2025-2028

**Research field: Gravitational Waves**

**Thesis title: Constraining Cosmological Parameters with Dark Sirens and Characterizing the Mass and Spin Distributions of Compact Objects**

**Supervisor:** Stéphane Perries

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

### Work description:

Since their first detection in 2015, several hundred gravitational wave signals from violent events, such as the mergers of black holes and neutron stars, have been observed. These observations represent a major milestone in the experimental program of the LIGO/Virgo/KAGRA (LVK) collaboration. They provide crucial data for deepening our understanding of the Universe and the fundamental laws that govern it, with impacts in various fields of physics: from nuclear physics to astrophysics and cosmology, as well as theoretical physics, particularly in the study of gravity.

The group at IP2I, a member of the international LVK collaboration, specializes in the detection and characterization of these compact object coalescences, as well as in measuring the expansion of the Universe via the Hubble constant.

One emerging method for constraining cosmological parameters through gravitational waves is the use of dark sirens. Unlike "standard sirens," which use an electromagnetic counterpart to measure distance and redshift, this approach relies solely on the gravitational waves produced during the merger of compact objects. This method is particularly promising because it allows the exploitation of the majority of observed events, which do not have an identifiable electromagnetic counterpart.

The main goal of this thesis is to thoroughly assess the robustness of the dark siren method with respect to various sources of systematic uncertainties, particularly those of astrophysical origin (such as uncertainties in models of compact object formation, environmental effects, or biases related to the intrinsic properties of the detected systems). This analysis will help to better understand the current limitations of the method and improve the reliability of cosmological constraints derived from gravitational waves.

In addition, a second part of the thesis will focus on improving the measurement of the mass and spin distributions of compact objects (black holes and neutron stars) responsible for the observed gravitational waves. This work aims to refine our understanding of the populations of compact objects in the Universe, particularly to better comprehend the formation mechanisms of these systems and their implications for cosmology and astrophysics.

This thesis is part of a high-potential research field, with significant implications for both cosmology and gravitational wave astrophysics. It will offer the PhD candidate the opportunity to actively participate in the LVK collaboration's work and contribute to the next generation of results in this rapidly growing field.