

Proposition de thèse : Squeezing dépendant de la fréquence pour le futur détecteur d'ondes gravitationnelles Einstein Telescope

Début de la thèse: 1er Octobre 2026

Lieu: IJCLab, Astroparticles, pôle Astrophysique et Cosmologie, groupe Ondes Gravitationnelles

Contexte:

Depuis la première détection des ondes gravitationnelles il y a dix ans, des centaines de coalescences de système binaires d'objets compacts ont été observées. Mieux encore, l'observation de la fusion de deux étoiles à neutrons en 2017 et l'observation optique associée ont ouvert la voie à un nouveau domaine de l'astronomie.

La prochaine génération de détecteurs d'ondes gravitationnelles, tel Einstein Telescope, aura pour objectif d'atteindre la majeure partie de l'Univers observable pour les coalescences de systèmes binaires d'objets compacts. Pour atteindre cet objectif, Einstein Telescope devra être dix fois plus sensible que les détecteurs d'ondes gravitationnelles de la génération actuelle et encore plus performant pour les fréquences inférieures à quelques dizaines de Hz. La partie basse fréquence est cruciale, car c'est là que la majeure partie du rapport signal/bruit est captée pour de nombreuses sources d'ondes gravitationnelles ciblées, en particulier à mesure que l'on observe loin dans l'Univers en raison du décalage vers le rouge des signaux. En outre, l'extension de la sensibilité aux basses fréquences permet d'alerter rapidement et de localiser les étoiles à neutrons qui fusionnent. Einstein Telescope commencera à observer à la fin des années 2030, avec des phases de mise à niveau au cours des décennies suivantes.

Objectifs:

Le bruit quantique sera l'un des principaux bruits limitant Einstein Telescope. Par conséquent, le contrôle et la réduction de ce bruit à l'aide d'états comprimés de la lumière (squeezing) dépendant de la fréquence constitueront un défi majeur pour Einstein Telescope. De tels états de la lumière nécessitent l'utilisation de cavités optiques suspendues de longueur kilométrique, appelées cavités de filtrage. De plus, les paramètres de ces cavités doivent pouvoir être ajustés pour suivre les changements dans l'implémentation du détecteur d'ondes gravitationnelles. L'objectif de la thèse sera en particulier de développer, caractériser et contrôler une cavité à finesse variable pour faire face au réglage in situ nécessaire et/ou réduire la longueur nécessaire des cavités en utilisant une cavité linéaire à trois miroirs au lieu d'une cavité à deux miroirs.

Les résultats de la thèse de doctorat auront un impact sur la conception des cavités de filtrage de squeezing pour Einstein Telescope et le doctorant/la doctorante sera membre du groupe de travail Squeezing de la collaboration Einstein Telescope.

Environnement de travail:

Le travail du doctorant/de la doctorante sera basé à IJCLab à Orsay avec des aspects de simulation et d'expérimentation. IJCLab héberge la plateforme CALVA qui est conçue pour

étudier le contrôle d'une cavité suspendue pour le détecteur actuel d'ondes gravitationnelles Advanced Virgo avec une cavité Fabry-Perot de 50m de long et qui est en cours de modification pour héberger une cavité linéaire à trois miroirs. En outre, la plateforme CALVA accueille actuellement le développement d'une source de squeezing sous vide. De par leur conception, les outils utilisés sur la plate-forme CALVA sont les mêmes que pour Advanced Virgo et peuvent servir de base à Einstein Telescope, ce qui facilite le partage des technologies entre les systèmes et permet au doctorant/à la doctorante d'être formé(e) dans un environnement similaire à celui d'un détecteur d'ondes gravitationnelles.

Calendrier prévisionnel:

La première année du doctorat sera consacrée à la mise en œuvre expérimentale de la cavité linéaire à trois miroirs suspendue sur l'installation CALVA, ainsi qu'à la simulation de l'impact de ces cavités sur la réduction du bruit quantique par rapport aux cavités à deux miroirs, en tenant compte des sources de perte à la fois sur l'installation CALVA (qui sera comparée à la fin du doctorat avec des mesures expérimentales) et pour Einstein Telescope.

La deuxième année sera ensuite consacrée au contrôle de la cavité linéaire à trois miroirs sur l'installation CALVA et à sa caractérisation.

Enfin, au cours de la troisième année, du squeezing sera injecté dans la cavité linéaire à trois miroirs afin de mesurer le squeezing dépendant de la fréquence pour la première fois en utilisant des cavités linéaires à trois miroirs suspendues.

Date limite de candidature : 15 janvier 2026 (stage de M2 à faire avant la thèse)

Contact: Angélique Lartaux (angélique.lartaux@ijclab.in2p3.fr)

