

Proposition de thèse : Cavités de filtrage de finesse variable pour le squeezing dépendant de la fréquence des détecteurs d'ondes gravitationnelles.

Début de la thèse: 1er Octobre 2025

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

Contexte:

Depuis la première détection des ondes gravitationnelles (OG) en 2015, 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'OG, le Einstein Telescope (ET), 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, ET devra être dix fois plus sensible que les détecteurs d'OG 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'OG 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. ET 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 ET. 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 ET. 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 accordés pour suivre les changements dans l'implémentation du détecteur d'OG. L'objectif de la thèse sera 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 ET.

Environnement de travail:

Le travail du doctorant 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 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 Virgo et peuvent servir de base à ET, ce qui facilite le partage des technologies entre les systèmes et permet au doctorant d'être formé dans un environnement similaire à celui d'un détecteur d'OG.

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 ET.

La deuxième année sera ensuite consacrée au contrôle de la cavité linéaire à trois miroirs sur l'installation CALVA et à sa caractérisation pour différents jeux de miroirs de cavité donnant différentes caractéristiques de squeezing dépendant de la fréquence.

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.

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

