



Université Claude Bernard



DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **1^{er} décembre 2022**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Madame SAYAH Sihem**

Titre de la thèse : « *Caractérisation des défauts ponctuels entraînant de la lumière diffusée dans les miroirs à haute performance pour les détecteurs d'Ondes Gravitationnelles* »

Résumé



Les miroirs haute réflectivité des détecteurs d'ondes gravitationnelles Advanced LIGO & Advanced Virgo présentent dans le revêtement de nombreux défauts de taille micrométrique qui diffusent la lumière dans l'interféromètre. Cette lumière diffusée induit une perte de puissance du laser de l'ordre de quelques dizaines de parties par million (ppm) et un bruit de phase à cause de la recombinaison avec le faisceau principal après réflexion sur les parois du tube. Ce phénomène limite la sensibilité du détecteur et a un impact sur la capacité à détecter des événements astrophysiques. Une réduction de la lumière diffusée est donc nécessaire afin d'améliorer les performances optiques des revêtements des nouveaux miroirs de l'Advanced LIGO et de la mise à niveau d'Advanced Virgo+. À cette fin, une ligne de recherche dédiée est en cours au LMA depuis 2018.

Nous avons étudié les défauts ponctuels dans les deux matériaux utilisés pour les miroirs des détecteurs d'ondes gravitationnelles : le pentoxyde de tantale et la silice séparément avec des monocouches déposées sur des substrats micropolis de silice fondue. Nous avons analysé l'impact de différents paramètres, comme l'épaisseur, ainsi que l'effet d'un recuit post-dépôt sur le nombre de défauts. Les échantillons ont été mesurés avec un système de détection en champ sombre afin d'étudier la densité et la distribution de taille des défauts. Nous avons constaté que même si un matériau présente une densité de défauts beaucoup plus importante, les deux matériaux présentent des similitudes. De plus, nous avons remarqué une amélioration remarquable de la qualité du revêtement grâce au recuit post-dépôt.

L'étude a été ensuite portée sur le phénomène de la diffusion en mesurant les échantillons à l'aide du diffusomètre afin de connaître l'impact des défauts et des différents paramètres testés sur la lumière diffusée. Il s'avère que le recuit post-dépôt améliore également la quantité de lumière diffusée qui diminue, mais on ne remarque pas d'effet lié à l'épaisseur du dépôt ou à la densité de défauts. Par ailleurs, afin de comprendre l'impact des défauts avec la lumière

diffusée, des simulations optiques d'un cas simple d'un défaut localisé ont été réalisées avec le logiciel COMSOL.