

## DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **11 juin 2024**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Madame CHRYSOSTOMOU Anna**

Titre de la thèse : « *Trous noirs et leurs perturbations dans la recherche d'une nouvelle physique* »

### Résumé



Les modes quasi-normaux (QNM) des trous noirs (TNs) constituent un outil indispensable dans l'étude des théories (semi-)classiques et alternatives de la gravité, capables de décrire la dynamique complexe des systèmes de TNs. Les QNM et les fréquences quasi-normales complexes (QNF) qui leur sont associées permettent de mieux comprendre la nature des singularités, l'(in)stabilité des TNs et des principes tels que la censure cosmique et la « théorème de calvitie ». À l'ère de l'astronomie des ondes gravitationnelles (OGs), l'exploitation des QNM permet des analyses phénoménologiques des OGs issues des fusions de TNs, ce qui enrichit notre compréhension de la physique fondamentale et facilite la recherche d'une nouvelle physique.

Nous étudions les QNMs des TNs à travers des champs scalaires se propageant sur fond fixe de TNs sphériquement symétriques, en examinant comment les paramètres de champ et d'espace-temps influencent le spectre. Trois espaces-temps distincts sont étudiés : le TN de Schwarzschild, choisi pour sa simplicité ; le TN chargé de Reissner-Nordström dans un espace-temps asymptotiquement de Sitter (RNdS), représentant le scénario le plus compliqué de la relativité générale (RG) ; et un espace-temps extradimensionnel de courbure mixte dans lequel un TN de Schwarzschild quadridimensionnel est intégré.

Dans l'espace-temps de Schwarzschild, nous étudions l'influence de la masse d'un champ sur le spectre scalaire des QNF, où une limite supérieure peut être. En revanche, les QNFs de faible masse présentent un comportement anormal, s'échelonnant inversement au moment angulaire. Nous étendons ensuite notre étude des QNM de Schwarzschild au développement d'une technique de calcul d'ordre supérieur pour la fonction d'onde des QNM et le facteur d'excitation, ce dernier offrant

une mesure spécifique de l'excitation relative, cruciale pour l'identification de modes spécifiques dans le spectre des OGs.

Nous élargissons ensuite notre examen de l'effet des paramètres du champ et du TN sur les QNF en examinant les champs massifs chargés dans l'espace-temps de Reissner-Nordström de Sitter. En utilisant un diagramme de l'espace des phases, nous montrons comment la constante cosmologique impose des limites supérieures à la masse et à la charge du TN. Grâce à cette analyse, nous examinons la limite de Festina-Lente dérivée des processus de désintégration des TNs qui contraint la masse et la charge, ainsi que la conjecture de censure cosmique qui préserve le déterminisme dans la RG.

Grâce à une méthode de calcul semi-classique adaptée, nous montrons comment les QNFs évoluent dans l'espace des phases ; nous démontrons des comportements réguliers et anormaux des QNFs et leur dépendance aux paramètres du TN et du champ. Nous trouvons des régions dans l'espace des phases prédisposées à l'instabilité et à la superradiance, ainsi que des QNFs en violation de la censure cosmique.

Notre dernière étude porte sur la recherche de signatures d'une nouvelle physique à l'aide d'OGs provenant de collisions de TNs binaires. Nous étudions les QNF d'un TN Schwarzschild 4D intégré dans un modèle extradimensionnel dont la partie compacte est un espace de courbure négative: un nilmanifold (tore torsadé). Nous montrons comment modéliser les perturbations du TN comme un champ test scalaire, avec la géométrie extradimensionnelle décrite dans le potentiel effectif comme un terme de masse au carré représentant une tour d'états de Kaluza-Klein. Cela nous permet d'appliquer notre compréhension des QNM massifs à la recherche de nouvelle physique.

Enfin, nous examinons comment les données des OGs peuvent être incorporées dans les études des dimensions supplémentaires, en utilisant les tests pour les déviations paramétriques de la GR. En tirant parti des tests hiérarchiques de la RG effectués par la collaboration LIGO-Virgo-KAGRA, nous sommes en mesure de déterminer une éventuelle "limite de détectabilité" pour les dimensions supplémentaires.