

DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **12 novembre 2025**

Nom de famille et prénom de l'auteur. e : **Monsieur Quentin BASTO**

Titre de la thèse : Structure des amas de galaxies massifs par effets de lentillage gravitationnel exotique

Résumé



Le lentillage gravitationnel fort constitue aujourd'hui un outil de premier plan pour sonder la structure des amas de galaxies et révéler des sources lointaines autrement inaccessibles, grâce à l'amplification et à la déformation de la lumière qu'il induit. Bien que les configurations classiques (arcs géants, anneaux d'Einstein) soient désormais bien comprises, certaines formes plus rares, dites exotiques, restent encore mal caractérisées. Parmi elles, les configurations ombilics hyperboliques (HU), issues de la théorie des catastrophes, apportent un regard neuf sur les mécanismes du lentillage et sur la structuration interne des amas. Leur apparition repose sur des conditions géométriques très particulières entre la source et la lentille. Cette thèse vise à mieux comprendre ces configurations, à développer une méthode fiable pour les détecter, et à identifier, à travers l'étude d'un échantillon représentatif, les paramètres d'amas qui en favorisent l'émergence. Dans cette optique, un échantillon de 74 amas massifs, issus de grands programmes d'observation (MACS, eMACS, Frontier Fields, RELICS, CLASH, LoCuSS, MUSE ATLAS), a été constitué et analysé. Les modèles utilisés, construits avec Lenstool et contraints par au moins un système multiple spectroscopiquement confirmé, couvrent une grande diversité morphologique et un intervalle en redshift allant de 0.2 à 0.9. Un travail exploratoire a conduit à la formalisation d'une méthodologie rigoureuse permettant, pour chaque amas et à chaque redshift, de cartographier une surface exotique associée aux configurations HU, puis de l'intégrer en un volume comobile exotique. Cette grandeur permet ainsi de quantifier physiquement la capacité d'un amas à produire de telles configurations, selon des critères à la fois théoriques et observationnels. Les incertitudes, qu'elles soient systématiques ou liées à la variabilité MCMC des modèles, restent contenues autour de 10 %, ce qui confirme la robustesse de la méthode. Appliquée aux cas confirmés d'Abell 1703 et

RXJ0437+00, la méthode permet de retrouver fidèlement les zones exotiques observées, avec des volumes respectifs de 26.5 et 46.4 Mpc³ (intégrés jusqu'à un redshift source de 10). Étendue à l'ensemble de l'échantillon, l'analyse révèle une forte variabilité des volumes exotiques d'un amas à l'autre. En moyenne, moins de 0.1 galaxie est attendue par amas dans ces régions, ce qui rend compte de la rareté empirique des systèmes HU. L'analyse statistique met aussi en évidence des facteurs structuraux favorables à la formation de telles configurations : une ellipticité modérée, un profil de masse peu abrupte, et un rayon étendu. Ce travail pose ainsi les bases d'une quantification reproductible et physiquement fondée de l'exotisme des amas, jusqu'ici mal définie. Il ouvre des perspectives concrètes : application à des données plus profondes (JWST/GLIMPSE, Euclid), extension à d'autres types de singularités (swallowtail, elliptique umbilic), et confrontation aux prédictions issues des simulations cosmologiques.

Mots-clés : Lentillage gravitationnel fort, Amas de galaxies, Modèle paramétrique