

Résumé de thèse Roman Le Montagner

"L'Univers transitoire de haute énergie à l'ère des grands relevés optiques du ciel"

L'astronomie multi-messagers combine des données de sources variées comme les photons, les ondes gravitationnelles (OG), les neutrinos et les rayons cosmiques. Des avancées significatives ont été réalisées en 1987 avec la détection de neutrinos d'une supernova proche et en 2017 avec la détection conjointe d'OG, d'un sursaut gamma court et d'une kilonova provenant d'une fusion de deux étoiles à neutrons. Ce domaine devrait croître avec le lancement de nouveaux observatoires tels que SVOM, le télescope Einstein, Icecube, KM3Net et l'observatoire Vera C. Rubin.

Le Legacy Survey of Space and Time (LSST) commencera ses observations en 2025 pour dix ans, explorant divers domaines comme la science du système solaire, la matière noire et l'énergie noire. LSST enverra jusqu'à 10 millions de notifications chaque nuit. Des courtiers d'alertes astronomiques comme Fink, basés sur de grands systèmes informatiques, ont été établis pour gérer ces données. Ils traitent, catégorisent et stockent automatiquement plusieurs flux d'alertes en temps réel, offrant divers services à la communauté scientifique. Dans ce contexte, l'ensemble des développements scientifiques et techniques de Fink a été initialement porté sur le Zwicky Transient Facility (ZTF), afin de préparer l'arrivée du relevé LSST.

Ma thèse est centrée autour de Fink, avec pour objectif de faire progresser l'astronomie multi-messagers. J'ai développé un système automatique, Fink-MM, pour corrélérer les alertes optiques de LSST avec les alertes à haute énergie provenant des observatoires OG, de neutrinos ou de sursauts gamma (GRB) en temps réel. Pour minimiser le nombre de fausses associations résultant de la mauvaise localisation des événements individuels à haute énergie, j'ai mis au point une méthode pour sélectionner un nombre limité de contreparties candidates prometteuses. Tout d'abord, je m'appuie sur les résultats scientifiques de Fink générés par des algorithmes d'apprentissage automatique et croisés avec des catalogues externes pour réduire considérablement le nombre de candidats. Toutefois, les capacités de classification de Fink étant limitées, il reste un trop grand nombre d'associations possibles. En me concentrant sur les contreparties optiques des sursauts gamma, j'affine davantage l'analyse en fournissant une probabilité d'occurrence. Cette méthode a été testée sur des GRB connus dans la base de données de Fink pour établir le seuil optimal permettant d'obtenir un nombre minimal de candidats d'alertes aptes aux observations de suivi. Pendant la phase de test, j'ai réussi à identifier une contrepartie optique, qui a été indépendamment détectée et confirmée par une autre équipe.

Malgré les moyens mis en œuvre, la recherche de transitoires extragalactiques rapides reste fortement influencée par la présence d'objets non identifiés, la majorité n'ayant que quelques détections la même nuit, trahissant la présence d'objets en mouvement tels que les astéroïdes du système solaire. Bien qu'un nombre substantiel soit déjà catalogué, LSST en détectera des millions de nouveaux. Dans ce contexte, j'ai étendu les capacités de Fink en développant le Fink Asteroid Tracker, qui identifie les trajectoires des objets non catalogués du système solaire et offre des estimations préliminaires des orbites et des éphémérides pour les observations de suivi. J'ai aussi contribué à un nouveau modèle expliquant plus précisément l'évolution de la luminosité des astéroïdes, permettant d'extraire leur spin et leur forme. Enfin, pour pallier à la cadence espacée des relevés optiques, je décris GVOM, un réseau de télescopes en construction spécialement conçu pour apporter rapidement des données scientifiques supplémentaires aux candidats préliminaires issus de Fink.