

---

# Tests de modèles de matière noire exotique à l'ère de *Gaia*

DIRECTEUR DE THESE : BENOIT FAMAHEY

OBSERVATOIRE ASTRONOMIQUE DE STRASBOURG, 11, RUE DE L'UNIVERSITE,  
6700 STRASBOURG

TEL : 03 68 85 24 13 ; E-MAIL : [BENOIT.FAMAHEY@ASTRO.UNISTRA.FR](mailto:BENOIT.FAMAHEY@ASTRO.UNISTRA.FR)

La mission Gaia de l'Agence Spatiale Européenne, lancée en décembre 2013 va recenser près d'un milliard d'étoiles de la Voie Lactée avec une précision inégalée sur les distances et mouvements propres de celles-ci. Le prochain "Data Release" de la mission est prévu pour ce 25 avril 2018. Le but principal de cette mission spatiale est d'établir des modèles dynamiques de la Galaxie, incluant la matière visible et la mystérieuse matière noire.

Un des problèmes majeurs dans notre compréhension actuelle de la formation des galaxies au sein du modèle cosmologique standard est l'uniformité des profils de matière noire en fonction de la distribution de matière baryonique. Les tentatives pour expliquer cette uniformité en terme de rétroaction ('feedback') due aux effets gravitationnels de la matière baryonique se heurtent à un problème d'ajustement fin ('fine-tuning') peu naturel de ces processus de rétro-action en fonction de la distribution de baryons. Nous proposons dans cette thèse d'étudier des scénarios alternatifs au modèle standard et de les tester avec les données Gaia. Dans ces scénarios, la corrélation observée entre la distribution de matière baryonique et le champ gravitationnel serait la conséquence de propriétés exotiques de la matière noire.

Un premier cadre théorique que nous nous proposons de tester est celui dans lesquels la matière noire passe par une transition de phase aux échelles galactiques, où elle se comporterait comme un superfluide (Bereziani et al. arXiv:1711.05748). Dans ce contexte, certains courants de marée de galaxies satellites devraient afficher des caractéristiques particulières liées à la traversée du rayon de transition entre la phase superfluide et la phase 'normale' de la matière noire, signatures que Gaia nous permettra de rechercher et de tester. Pour ce faire, les distances photométriques obtenues avec le relevé CFIS (Ibata et al., 2017 ApJ 848 128) seront extrêmement utiles pour compléter les parallaxes astrométriques de Gaia qui seront de mauvaise qualité à de telles distances dans le halo stellaire.

Une autre hypothèse consiste à considérer des particules de matière noire 'classique' mais dont les interactions avec les baryons mèneraient à des solutions à l'équilibre respectant naturellement les relations d'échelles observées aux échelles galactiques. Plutôt que de décrire la matière noire comme une composante purement sans collisions, il s'agit d'ajouter dans l'équation de Boltzmann un terme collisionnel prenant en compte des interactions entre matière noire et baryons. Ceci pourrait amener à des configurations d'équilibre différentes des configurations de quasi-équilibre résultant uniquement de la relaxation violente et du mélange de phases en dynamique gravitationnelle pure. Cette nouvelle approche spéculative a été défrichée dans Famaey et al. (arXiv:1712.01316), où nous avons pu montrer qu'une telle situation d'équilibre pouvait être obtenue si le produit de la section efficace et de l'énergie échangée lors d'une collision est inversement proportionnelle à la densité locale de matière noire. Néanmoins, un certain nombre d'approximations ont été effectuées à ce stade, et devront être abandonnées par la suite. Nous avons notamment considéré une distribution des vitesses isotrope pour la matière noire, ainsi qu'une distribution spatiale sphérique. Nous avons également dû ajouter une force supplémentaire agissant à l'échelle du parsec, qui pourrait être abandonnée en ajoutant des effets de 'self-interaction' de la matière noire elle-même. L'étape suivante, que nous proposons dans cette thèse, sera de réaliser des simulations de formation des galaxies prenant en compte ce type d'interactions matière noire-baryons, et de les tester avec les données Gaia.