Doctorat de l'Université PSL
préparé à l'Observatoire de Paris

AVIS DE SOUTENANCE

Alexandre BOUGAKOV

Astronomie et astrophysique

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Contribution à l'étude de la dynamique du Système solaire au-delà de Neptune dans son environnement galactique après Gaia

Soutenance prévue le **2 octobre 2026** à **10h00**

Lieu : Salle de conférence du château
Observatoire de Meudon Salle de conférence du château - Bât. Château 92195 Meudon

Composition du jury proposé

M. Marc FOUCHARD	Maître de conférences	Université de Lille, Observatoire de Paris	Directeur de these
Mme Mercè ROMERO-GóMEZ	Associate professor	Institut de Ciències del Cosmos, Institut d'Estudis Espacials de Catalunya, Universitat de Barcelona	Rapporteur du jury
M. Sławomir BREITER	Professor	Instytut Obserwatorium Astronomiczne, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu	Rapporteur du jury
Mme Anne-Sophie LIBERT	Full professor	Université de Namur	Membre du jury
M. Valsecchi GIOVANNI	Directeur de recherche émérite	Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Istituto Nazionale di AstroFisica	Membre du jury
M. Alain DORESSOUNDIRAM	Astronome	Observatoire de Paris	Membre du jury

Mots-clés : Mécanique céleste,Gaia,Transneptuniens,Dynamique,Étoiles,Galaxie

Keywords : Celestial mechanics,Gaia,Transneptunians,Dynamics,Stars,Galaxy

Résumé :
Au cours de son mouvement orbital dans la Voie lactée, le Système solaire est soumis à des effets d'origine galactique qui influencent la dynamique de ses objets les plus éloignés. Ces effets, en particulier les marées galactiques, contribuent à perturber les orbites de ces corps et à injecter des comètes à longue période vers le Système solaire interne. Les données observationnelles de la mission Gaia permettent de contraindre les modèles galactiques et, par conséquent, de reconstituer une trajectoire plausible du Soleil au cours du dernier milliard d'années. L'objectif de cette thèse est d'exploiter la modélisation galactique rendue possible par Gaia afin d'étudier les variations temporelles des marées galactiques et de comprendre leur évolution. Pour cela, une approche statistique a été adoptée, consistant à intégrer un grand nombre de trajectoires possibles du Soleil afin d'analyser les propriétés statistiques des marées galactiques le long de son orbite. Cette approche a été rendue

possible grâce à la généralisation du modèle de marées galactiques vers un modèle non axisymétrique de la Galaxie, valable pour un mouvement arbitraire de l'étoile, ainsi qu'au développement d'un intégrateur symplectique dédié au mouvement des étoiles dans un potentiel gravitationnel lisse. Le modèle de marée ainsi obtenu est applicable à tout système planétaire de la Galaxie ; de plus, l'intégrateur développé dans cette thèse est particulièrement adapté à l'étude de la dynamique stellaire non collisionnelle. Les résultats statistiques mettent en évidence d'importantes variations de la densité galactique locale au cours du temps : celle-ci peut varier entre un dixième et le double de sa valeur de référence (habituellement utilisée), entraînant des fluctuations des paramètres des marées galactiques pouvant atteindre près d'un ordre de grandeur. Ces variations pourraient naturellement avoir des conséquences sur la dynamique des objets les plus éloignés du Système solaire, notamment sur le flux des comètes à longue période.

Summary :
During its orbital motion through the Milky Way, the Solar System is subject to effects of Galactic origin that influence the dynamics of its most distant objects. These effects, particularly the Galactic tides, perturb the orbits of these bodies and contribute to injecting long-period comets into the inner Solar System. Observational data from the Gaia mission make it possible to constrain Galactic models and, consequently, to reconstruct a plausible trajectory of the Sun over the past billion years. The aim of this thesis is to exploit the galactic modelling enabled by Gaia to study the temporal variations of the Galactic tides and to understand their evolution. To this end, a statistical approach was adopted, consisting of integrating a large number of possible solar trajectories in order to analyse the statistical properties of the Galactic tides along the Sun's orbit. This approach was made possible by generalising the Galactic tide model to a non-axisymmetric model of the Galaxy, valid for arbitrary stellar motion, as well as by developing a dedicated symplectic integrator for stellar motion in a smooth gravitational potential. The resulting model for Galactic tides is applicable to any planetary system in the Galaxy; furthermore, the integrator developed in this thesis is particularly well suited to the study of collisionless stellar dynamics. The statistical results reveal significant variations in the local Galactic density over time: it can range from one tenth to twice its reference value (the value commonly used), leading to fluctuations in the parameters characterising the Galactic tides of up to nearly an order of magnitude. These variations could naturally have consequences for the dynamics of the most distant objects in the Solar System, particularly for the flux of long-period comets.