

Dissipation des marées dans les étoiles et les planètes: le rôle du champ magnétique

Spécialité Astrophysique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil

Candidature avant le 30/04/2017

Durée 3 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [MATHIS Stephane](mailto:stephane.mathis@cea.fr)
+33 1 69 08 49 30
stephane.mathis@cea.fr

Résumé

Dans le contexte de la découverte de systèmes exoplanétaires toujours plus nombreux et présentant une grande diversité d'architecture orbitale, de planètes et d'étoiles hôtes, le but de ce stage est d'évaluer l'impact du champ magnétique sur les flots de marée dans les étoiles et les planètes, leur dissipation et l'évolution orbitale et rotationnelle des corps en résultant.

Sujet détaillé

Depuis la découverte de la première planète extrasolaire en 1995, plus de 2950 planètes ont maintenant été détectées et caractérisées hors de notre système solaire, et ce grâce aux instruments spatiaux (e.g. CoRoT, Kepler) et au sol (e.g. HARPS). Ces systèmes, dont les architectures orbitales sont très différentes de celle de notre système solaire, sont le siège d'intenses interactions étoile-planètes.

Dans le même temps, l'exploration spatiale détaillée de notre système solaire, depuis le système Terre-Lune jusqu'aux systèmes de planètes géantes, révèle de la même façon des interactions toujours plus dynamiques et complexes. Parmi ces interactions, les interactions de marées sont cruciales puisque ce sont elles qui participent, pour une large part, à l'évolution sur le long terme des orbites et de la rotation des corps composant les systèmes planétaires.

Ainsi, comme dans le cas du système Terre-Lune, les interactions de marées génèrent dans les enveloppes fluides des étoiles hôtes et des planètes des ondes de marées qui sont soumises à la friction interne de ces corps. L'énergie ainsi dissipée est alors responsable des échanges de moment cinétique entre les orbites et les spins. Dans ce cadre, il est maintenant démontré que cette dissipation dépend fortement de la structure et de la dynamique des objets, en particulier de la stabilité des couches étudiées vis à vis de la convection, de leur rotation et bien sûr de leurs viscosité et diffusivité thermique. Cependant, la modélisation actuelle souffre de la non prise en compte d'un acteur majeur dans les étoiles et les planètes : le champ magnétique. En effet, ce dernier va modifier tant la nature des ondes de marée excitées que leur propagation et leur dissipation.

L'objectif de ce stage sera donc, grâce à un modèle local développé dans notre équipe, d'inclure les effets d'un

champ magnétique dans la dynamique des ondes de marées stellaires et planétaires et de caractériser de manière détaillée leur dissipation en fonction de l'intensité et de la géométrie du champ. Pour ce faire, des méthodes semi-analytiques avancées et des modèles numériques seront utilisés en synergie. Le stage se fera dans le cadre des collaborations de l'encadrant avec P. Auclair-Desrotour (LAB), C. Baruteau (IRAP) et C. Le Poncin-Lafitte (Observatoire de Paris).

Bibliographie: Auclair-Desrotour, Mathis & Le Poncin-Lafitte 2015 (A&A, 581, 118); Mathis & Remus 2013 (LNP, 857, 111); Ogilvie 2014 (ARAA, 52, 171).

La durée du stage peut aller de 3 à 6 mois. Un sujet de thèse correspondant à ce stage sera proposé pour la rentrée 2017 sur le même thème par S. Mathis dans le cadre de son projet européen SPIRE (Stars: dynamical Processes driving tidal Interactions, Rotation and Evolution).

Mots clés

Etoile - Planète - Interactions - Hydrodynamique - Ondes - Turbulence

Compétences

Physique théorique et mathématiques appliquées Méthodes numériques

Logiciels

Fortran, mathematica, matlab

Tidal dissipation in stars and planets: the role of magnetic field

Summary

More and more exoplanetary systems are discovered with a large diversity of orbital architecture, planets and host stars. The goal of this internship is to study the effect of magnetic field on tidal waves in stars and planets, their dissipation and the resulting orbital and rotational evolution.

Full description

Since the discovery of the first exoplanet in 1995, more than 2950 planets have been detected and characterized thanks to space missions (e.g. CoRoT, Kepler) and ground-based instruments (HARPS). The discovered systems present a large diversity of orbital architectures, planets and host stars and are the seat of potential intense star-planet interactions.

Simultaneously, the detailed exploration of our solar system thanks to space missions from the Earth-Moon system to those of giant planets, reveal dynamical and complex interactions. Among them, tides are crucial since they are one of the main physical mechanisms driving the long-term orbital evolution of planetary systems and the rotation of their components.

As in the case of the Earth-Moon system, tidal interactions in star-planet systems excite fluid waves in stellar interiors and in fluid planetary layers. Those waves are submitted to the bodies' internal friction. Their kinetic energy is converted into heat and leads to exchanges of angular momentum between the spins and the orbits. In this framework, it has been demonstrated that this dissipation in fluid layers strongly depends on their stability with respect to convection, rotation and viscous and thermal diffusivities. However, a key physical mechanism is currently ignored in the modelling of tidal dissipation: the magnetic field. Indeed, this latter modifies tidal waves propagation and dissipation.

In this context, the objective of this internship will be to introduce magnetic field in the physical description of tidal waves in stars and fluid planetary layers and of their dissipation and to study its behaviour as a function of the field geometry and intensity in the framework of a local model we developed in our team. This internship, where semi-analytical methods and numerical modelling will be used in synergies, will benefit from the collaboration of the supervisor with P. Auclair-Desrotour (LAB), C. Baruteau (IRAP) and C. Le Poncin-Lafitte (Observatoire de Paris).

Bibliography: Auclair-Desrotour, Mathis & Le Poncin-Lafitte 2015 (A&A, 581, 118); Mathis & Remus 2013 (LNP, 857, 111); Ogilvie 2014 (ARAA, 52, 171).

The duration of the internship can be from 3 to 6 months. A PhD project will be proposed for October 2017 by S. Mathis in the framework of his European ERC project SPIRE (Stars: dynamical Processes driving tidal Interactions, Rotation and Evolution).

Keywords

Star - Planet - Interactions - Hydrodynamics - Waves - Turbulence

Skills

Theoretical physics and applied mathematics Numerical methods

Softwares

Fortran, mathematica, matlab