

Soutenance de thèse

Sophal POU soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA PSI et intitulée « *Contraintes sur la structure interne de Mars et mesures de la marée de Phobos pour la mission INSIGHT* »

Le 18 janvier 2019 à 09h00, Amphithéâtre 4, ISAE-SUPAERO

devant le jury composé de

M. Jean-Pierre BARRIOT	Professeur Université de la Polynésie Française	Rapporteur
M. Raphaël GARCIA	Ingénieur de recherche ISAE-SUPAERO	Directeur de thèse
M. David MIMOUN	Ingénieur de recherche ISAE-SUPAERO	Co-Directeur de thèse
M. Antoine MOCQUET	Professeur Université de Nantes	
M. Michel SALAUN	Professeur ISAE-SUPAERO	
M. Jérôme VERDUN	Maître de conférences ESGT Le Mans	Rapporteur

Résumé :

La mission InSight de la NASA, lancée le 5 Mai 2018, doit poser à la surface de Mars le 26 novembre 2018 un atterrisseur géophysique pour améliorer notre connaissance sur les processus se déroulant durant la formation et l'évolution des planètes telluriques. Un des objectifs principaux de cette mission est de contraindre l'état liquide ou solide, et la taille du noyau de la planète. Pour cela, il est prévu d'utiliser le sismomètre SEIS afin de mesurer les variations de gravité locale dont les amplitudes sont liées à la structure interne de la planète. En effet, Mars se déforme sous l'effet des marées solides induites par sa lune principale Phobos, dont l'harmonique principale est situé autour de 5h33min. Ces déformations entraînent des variations de gravité qui peuvent être mesurées par SEIS. Cependant, ce signal gravimétrique est extrêmement faible, et les différentes sources de bruits telles que le bruit thermique ou le bruit de pression donnent un rapport signal sur bruit très défavorable. L'objectif de cette thèse est, à partir de différents modèles de structure internes possibles de Mars, de modéliser le signal utile de la marée de Phobos ainsi que les bruits visibles par l'instrument SEIS, et de concevoir une stratégie permettant de récupérer ce signal utile dans des données simulées. Pour cela, des modèles de l'instrument SEIS ont été réalisés et vérifiés durant des campagnes de tests au CNES avec l'aide de l'IPGP (Institut du Physique du Globe de Paris), et des modèles de bruits théoriques ont été établis à partir de tests de performance réalisés au CNES et à Lockheed Martin entre autres. L'utilisation des modèles de Mars pour en déduire les variations de gravité générées par la marée de Phobos s'est faite avec l'aide de l'Observatoire Royal de Belgique. Pour la première fois, une méthode de calibration active in-situ a été conçue pour le sismomètre SEIS, et devrait permettre de récupérer le gain absolu de l'instrument à la fréquence de la marée de Phobos. La méthode d'inversion des données simulées a été établie en utilisant la technique des matched filters, technique utilisée en astronomie dans le cadre des ondes gravitationnelles, ou encore dans le cas des signaux GPS et des signaux radar, et les premiers résultats montrent qu'il devrait être possible de contraindre l'état du noyau, et même la taille du noyau à 120 km près en utilisant les modèles a priori de Mars. En plus de l'effet de Phobos sur Mars, la thèse s'est intéressée à la problématique réciproque de la détermination de la structure interne des astéroïdes, similaires à Phobos, sous l'effet de forces de marée d'un corps attracteur. Dans ce cadre, un code d'éléments finis a été réalisé pour permettre de calculer le champ de gravité d'astéroïdes irréguliers non sphériques à la structure interne variable. Le code a été validé avec des modèles théoriques avec une précision meilleure que 2%. Une application à l'astéroïde Eros dont le champ de

gravité est connu a été réalisée, avec des résultats actuels meilleurs que les modèles surfaciques couramment utilisés. Les premières bases pour le calcul des déformations de marée au sein d'un astéroïde par éléments finis ont également été établies, avec une première validation dans le cas de la Terre sous l'effet de la Lune. Les déformations statiques de la Terre ont ainsi été calculées avec moins de 2% d'écart avec les solutions analytiques.

Mots-clés : Mars, INSIGHT, structure, interne, marée, Phobo

Summary:

This PHD is part of the work for the NASA InSight mission, which will see a seismometer launched for Mars in 2018. One of the main objectives of the mission is to determine the state of the planet (whether it is liquid or solid) by measuring the amplitude of the main amplitude of the Phobos tide with the SEIS seismometer. As such, this PHD aims at modelising all sources of signal, like the Phobos tide itself but also intrumental noises, in order to estimate the true signal that would be seen on site. Other sources of noises will be studied, such as wind noise and others. A second goal of ours is to develop a code to calculate the tidal forces seen by binary systems, notably asteroids without particular shapes, in order to deduce the tidal displacements and stresses inside them.

Keywords: Mars, INSIGHT, structure, internal, tides, Phobos