

## Soutenance de thèse

**Nicolas COMPAIRE** soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA PSI et intitulée «*Interférométrie Sismique appliquée aux données du sismomètre SEIS à bord de la mission NASA Discovery InSight : Structure crustale et suivi temporel*»

**Le 6 décembre 2021 à 14h00, salle des thèses ISAE-SUPAERO**

devant le jury composé de

M. Raphaël GARCIA	Professeur ISAE-SUPAERO	Directeur de thèse
Mme Marie CALVET	Astronome IRAP	Co-directrice de thèse
M. Nikolai SHAPIRO	Directeur de recherche ISTERre Université Grenoble Alpes	Rapporteur
Mme Alice LE GALL	Maîtresse de conférences Université de Versailles-Saint Quentin	Rapporteuse
Mme Chloé MICHAUT	Professeure Université de Lyon	
M. Ludovic MARGERIN	Directeur de recherche IRAP	
M. Philippe LOGNONNÉ	Professeur Université Paris Diderot	
M. David MIMOUN	Professeur ISAE-SUPAERO	

**Résumé :** Le sismomètre SEIS (Seismic Experiment for Interior Structure) a été déposé à la surface de la planète Mars le 19 décembre 2018 dans le cadre de la mission NASA Discovery InSight (Interior Exploration using Seismic Investigations, Geodesy and Heat Transport). Ses objectifs sont d'explorer la structure interne et l'activité sismique de Mars. Dans cette thèse nous analysons les données transmises par SEIS sous le prisme de l'interférométrie sismique. Cette technique tire parti des propriétés des champs diffus tels que la coda sismique ou le bruit ambiant pour reconstruire la réponse impulsionnelle du milieu par corrélation d'enregistrements sismiques. L'exceptionnelle sensibilité du sismomètre SEIS rend possible l'étude des caractéristiques du bruit ambiant martien, qui nous étaient inconnues jusqu'alors. En comparant des fonctions d'autocorrélations de bruit et de coda d'événements sismiques martiens nous avons identifié deux régions du spectre où s'observe le bruit micro-sismique martien. Une amplification locale du sol autour de 2.4 Hz présente une structure spectrale que nous avons pu relier à la structure crustale de Mars. La réponse en réflexion reconstruite par autocorrélation a permis de détecter deux interfaces crustales, à ~9 et ~24 km de profondeur, cohérentes avec les fonctions récepteur. Nous montrons également que les composantes horizontales du sismomètre contiennent la signature d'une variation saisonnière des vitesses sismiques dans leurs spectres à hautes fréquences (> 5 Hz). Ces variations, observées également dans la coda de multiplets sismiques hautes fréquences, ont pu être reliées à une réponse thermo-élastique de la subsurface sous l'effet des changements saisonnier du forçage thermique solaire. Cette observation fournit une opportunité de sonder les paramètres thermiques et élastiques de la subsurface martienne jusqu'à plus de 20 mètres de profondeur.

**Mots clés** :- Sismologie planétaire, autocorrélation, interférométrie sismique, InSight, imagerie, suivi temporel

**Summary:** Imaging of the deep internal structure of Mars through the instruments on board NASA Discovery INSIGHT mission will be a major step forward in understanding the mechanisms of formation and evolution towards habitability of planets. This mission will be launched in May 2018,

and the main scientific instrument, the SEIS seismometer, under the direction of the CNES, will offer a unique opportunity to image the internal structure of Mars which remains largely unknown. Knowledge of the overall structure of Mars, in particular the size and physical state of the core, is critical because it conditions the internal dynamics of the planet and therefore its ability to generate a magnetic field or create convective movements in the mantle. The presence and estimation of the planet's hydrated material content is also critical to understanding the long-term interaction between the planet's internal dynamics and atmosphere. We therefore propose combining the IRAP/UPS skills with those of ISAE-SUPAERO to answer these scientific questions through the analysis and modelling of the SEIS data. This project will also establish numerical methods and system analyses in planetary instrumentation to prepare for future planetary seismology missions to other planets. This exploitation of the synergy of skills (IRAP/UPS and ISAE-SUPAERO) and regional tools (CALMIP computational centre, Ground segment of the mission at CNES) will enable us to maintain France's leadership position in the field of planetary instrumentation.

**Keywords:** seismic interferometry, Planetary seismology, autocorrelation, InSight, imaging, monitoring

