

## Soutenance de thèse

**Martin GILLIER** soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA PSI et intitulée « *Environnement acoustique de la surface de Mars* »

**Le 8 novembre 2024 à 14h00,  
Salle de thèse de l'ISAE-SUPAERO**

devant le jury composé de

M. David MIMOUN	ISAE-SUPAERO	Directeur de thèse
M. Sylvestre MAURICE	IRAP	Codirecteur de thèse
M. Didier DRAGNA	Centrale Lyon	Rapporteur
M. Olivier MOUSIS	Aix-Marseille Université	Rapporteur
Mme Audrey CHATAIN	CNRS/LATMOS	Examinatrice

### Résumé :

Le 18 février 2021, le rover Perseverance a atterri dans le cratère Jezero à la surface de Mars. Depuis, les deux microphones qu'il embarque, ont acquis des dizaines d'heures d'enregistrement sonore, ouvrant la voie à une nouvelle méthode pour l'étude de l'environnement de la surface de Mars. C'est dans ce cadre que cette thèse s'inscrit, en étudiant la propagation des ondes sonores à la surface de Mars à partir de l'analyse des données martiennes et de modélisations. Les travaux présentés dans cette thèse se situent au croisement de l'exploration de Mars et de l'étude de l'atmosphère par des moyens acoustiques. Je présente d'abord les spécificités des données acquises par les microphones martiens. Je m'attarde en particulier sur le problème de la saturation pour montrer comment les contraintes propres à l'opération d'un microphone à la surface de Mars ont un impact sur ce phénomène et comment les méthodes de désaturation permettent de pallier en partie ce risque. L'ensemble des enregistrements audio est ensuite montré sous la forme d'un catalogue avec, pour chaque source de son, une présentation des caractéristiques propres à ce type d'enregistrement, tant d'un point de vue individuel que statistiques. Les applications scientifiques permises par chaque type d'enregistrement sont également décrites. Dans un second temps, des travaux de modélisation de la propagation du son à la surface de Mars sont présentés. Je décris d'abord comment utiliser un modèle acoustique basé sur des principes physiques pour dériver la vitesse du son et le coefficient d'atténuation acoustique en tous points de la surface de Mars en tout temps. Ensuite, je montre comment l'utilisation d'un modèle d'acoustique atmosphérique permet de rendre compte de tous les phénomènes présents à la surface de Mars qui ont une influence sur la propagation du son. Ainsi, le résultat de cette thèse est d'une part la démonstration de l'intérêt scientifique des méthodes acoustiques pour étudier l'atmosphère et la surface des autres planètes et d'autre part un modèle permettant de prédire le champ sonore créé par une source spécifique en tous points de la surface de Mars à tous moments. Les leçons apprises au cours de ce travail sur l'emploi de microphone pour la science planétaire ainsi que les méthodes de modélisation développée ici seront utiles pour les futures missions qui embarqueront des instruments acoustiques vers d'autres corps du Système solaire.

**Mots-clés :** microphone, atmosphère martienne, acoustique, propagation du son

**Summary:**

On February 18, 2021, the Perseverance rover landed in Jezero crater on the surface of Mars. Since then, the two microphones on board have acquired dozens of hours of sound recordings, paving the way for a new method of studying the Martian surface environment. It is within this framework that this thesis takes place, studying the propagation of sound waves on the surface of Mars through the analysis of Martian data and modeling. After briefly discussing how the work presented in this thesis lies at the crossroads of Mars exploration and the study of the atmosphere by acoustic means, the specifics of the data acquired by Martian microphones are presented. I focus in particular on the problem of saturation, to show how the constraints inherent in operating a microphone on the surface of Mars have an impact on this phenomenon, and how desaturation methods make it possible to mitigate this risk to some extent. All the audio recordings are then shown in the form of a catalog, with a presentation of the characteristics of each sound source, from both an individual and statistical point of view. The scientific applications enabled by each type of recording are also described. Secondly, work on modeling sound propagation on the surface of Mars is presented. I first describe how to use a physics-based acoustic model to derive the speed of sound and the acoustic attenuation coefficient at all points on the surface of Mars at all times. Then, I show how the use of an atmospheric acoustics model allows us to account for all the phenomena present on the surface of Mars that have an influence on sound propagation. The result of this thesis is, on the one hand, a demonstration of the scientific interest of using acoustic methods to study the atmosphere and surface of other planets and, on the other, a model enabling us to predict the sound field created by a specific source at all points on the surface of Mars at all times. The lessons learned from this work on the use of microphones for planetary science, and the modeling methods developed here, will be useful for future missions carrying acoustic instruments to other bodies in the Solar System.

**Keywords:** microphone, Martian atmosphere, acoustics, sound propagation