ETUDE PRÉPARATOIRE À L INTERPRÉTATION DES DONNÉES DU RADAR WISDOM POUR LA MISSION EXOMARS 2018 PAR SOPHIE DORIZON

Présentée par : Sophie Dorizon Discipline : sciences de l'univers Laboratoire : LATMOS

Résumé :
La planète Mars est devenue au cours de ces dernières décennies l'un des objets les plus visités de notre système solaire. Les différents instruments envoyés pour l'étudier nous ont permis de reconstruire partiellement son histoire, et l'on sait aujourd'hui que dans son passé, la planète rouge a connu une période au climat relativement chaud et humide, permettant à l'eau liquide de perdurer en surface et dans le sous-sol. Le parallèle avec les conditions sur Terre au moment supposé de l'apparition de la vie nous amène à aborder Mars d'un point de vue exobiologique : si la vie a émergé sur cette planète, des traces potentielles sont susceptibles d'être trouvées dans le sous-sol, à l' abri de la surface. La mission ExoMars, programmée pour 2018, enverra sur la surface de la planète un rover équipé d'une suite instrumentale complète pour la recherche de traces de vie, passé ou présente, ainsi qu'une foreuse capable de prélever des échantillons jusqu'à 2 mètres de profondeur. La caractérisation du contexte géologique de la zone d'investigation du rover est primordiale pour identifier les lieux les plus propices à la préservation de ces traces. Le radar à pénétration de sol (Ground Penentrating Radar) WISDOM (Water Ice Subsurface Deposit Observation on Mars) avec ADRON sont les seuls instruments à bord susceptibles d'obtenir des informations sur les caractéristiques du proche sous-sol le long du trajet du rover avant forage. Les données recueillies par le radar permettront d'identifier les formations géologiques du

sous-sol et de comprendre les processus qui en ont été à l'origine. Cet instrument au fort potentiel, développé au LATMOS (Laboratoire ATmosphères, Milieux, Observations Spatiales) en collaboration avec le LAB (Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux), est basé sur le principe du step-frequency et fonctionne sur une large bande de fréquences, entre 0,5 GHz et 3 GHz : il a été conçu pour explorer les premiers mètres du sous-sol avec une résolution verticale de quelques centimètres, et est actuellement en phase de tests. L'objectif de cette thèse est de développer les outils d'interprétation des données du GPR WISDOM en tentant d'exploiter au mieux les ressources de l'instrument pour caractériser la nature et la structure du sous-sol, apporter des contraintes sur l'histoire géologique du site d'Oxia Planum, sélectionné pour cette mission, et pour guider la foreuse d'ExoMars vers des sites d'intérêt d'un point de vue exobiologique. Ce travail nécessite donc une approche multiple, pratique et théorique, qui passe par le développement d'outils de traitement de données, par la mise au point de modèles analytiques et l'utilisation de modèles numériques pour la modélisation de l'instrument, ou encore la définition de tests et de campagnes de mesures, afin de créer une base de données sur des environnements variés, qui pourront ensuite être comparées aux données martiennes. Une interprétation complète des données acquises avec WISDOM passe également par l'estimation des paramètres diélectriques des différentes unités géologiques identifiées. Nous avons ainsi développé deux méthodes « quantitatives », qui permettent d'estimer la constante diélectrique en surface et à différentes profondeurs à partir des données. Une approche plus géométrique pour « reconstituer » le sous-sol le plus précisément possible, éventuellement en 3 dimensions, et pour comprendre les processus de dépôts qui ont abouti à la morphologie observée sur les radargrammes a également été initiée. Grâce à la mise au point d'une méthode basée sur l'amplitude des signatures des diffuseurs en fonction de la configuration polarimétrique des antennes, nous avons estimé la position relative des objets par rapport au déplacement du radar le long d'un profil et ainsi permis la reconstitution du sous-sol en 3 dimensions. Ceci permettra à terme un guidage optimal de la foreuse dans le contexte d'ExoMars.

Abstract :
Mars has become one of the most visited planet in the past few decades. The data collected by instruments allowed to infer the planet evolution, and it is now admitted that in the past, Mars had a relatively warm and wet environment, auspicious for the emergence of life as we know it. This is why one of the current objective of the missions to Mars is to study the planet from an exobiological point of view: if life arose on Mars, potential traces could be found into the subsurface, sheltered from the hostile surface. The ExoMars 2018 space mission will land on Mars' surface a rover, which will be equipped with a complete instrumental payload for the search of life traces, as well as a

drill capable of collecting samples at a depth of 2 meters. The geological context characterization will therefore be essential to identify the most interesting places for potential life traces preservation. The Ground Penetrating Radar (GPR) WISDOM (Water Ice Subsurface Deposit Observation on Mars) and the neutron detector ADRON will be the only instruments capable of obtaining information about the shallow subsurface before the drilling operations. The data collected by WISDOM will provide the geological deposits identification, which will help reconstructing the local history of the landing site. This instrument developed in the French laboratory LATMOS (Laboratoire ATmosphères, Milieux, Observations Spatiales) in collaboration with the LAB is a step-frequency radar that operates on a wide frequency band, from 0.5 GHz to 3 GHz: it was designed to investigate the first 3 meters of the subsurface with a vertical resolution of a few centimeters, and is currently tested in various environments. This PhD thesis objective is to develop the interpretation tools for WISDOM data by taking advantage of the specific capacities of the instrument to characterize the nature and structure of the shallow subsurface, and to guide the drill to suitable locations where potential traces of life could be preserved. This work consequently requires both practical and theoretical approaches, with the development of processing chains, analytical and numerical models to simulate the instrument, but also to define tests in well-known environments as well as field tests in various natural places. The idea is to create a WISDOM database in a variety of geological contexts to allow the comparison with Martian data. A full interpretation of the WISDOM data also requires the estimation of the geological units' dielectric characteristics. We therefore developed two "quantitative" methods that allow the retrieval of the dielectric constant value at the surface and at various depths. A geometrical approach to reconstruct the shallow subsurface was also initiated to help to understand the deposits processes. A method taking advantage of the GPR specific antenna system was developed to estimate the scatterers' relative position compared to the radar trajectory along profiles, allowing the subsurface reconstruction in 3 dimensions for an optimal guidance of the ExoMars rover drill.

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Stéphane GARAMBOIS, Maître de Conférences, Habilité à Diriger des Recherches, à l' Université de Grenoble Alpes/Institut des Sciences de la Terre - Saint-Martin-d'Hères - Rapporteur
Odile PICON, Professeur Emérite, à l'Université Paris- Est Marne-la-Vallée/Laboratoire Electronique, SYstèmes de COmmunication et Microsystèmes (ESYCOM) - EA 2552 - Marne-la-Vallée - Rapporteur
Valérie CIARLETTI, Professeur des Universités, à l'Université de Versailles Saint-

Quentin-en-Yvelines/Laboratoire Atmosphères, Milieux et Observations Spatiales (LATMOS) - Guyancourt - Directeur de thèse
Alain HERIQUE, Maître de Conférences, à l'Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble - UMR 5274 - Grenoble - Examinateur
Marc LESTURGIE, Ingénieur de Recherche, Habilité à Diriger des Recherches, à Centrale Supélec/Laboratoire SONDRA - EA 7399 - Gif/Yvette - Examinateur
Cathy QUANTIN-NATAF, Professeur des Universités, à l'Université Claude Bernard Lyon 1/Laboratoire de Géologie de Lyon - Villeurbanne - Examinateur
Michel VISO, Exobiologiste, au CNES - Paris - Invité

Contact : dredval service FED : theses@uvsq.fr