

COMMUNICATION ORALE

Sondage du sous-sol de la planète Mars par le radar à pénétration de sol EISS

M. Biancheri-Astier¹, V. Ciarletti¹, A. Reineix², C. Corbel¹, Y. Simon¹

¹Université Versailles St-Quentin ; CNRS/INSU, LATMOS-IPSL, Vélizy - @latmos.ipsl.fr

²XLIM Limoges

marc.biancheriastier@latmos.ipsl.fr

A ce jour, en dépit des missions passées et présentes (MarsExpress et MRO) vers Mars, peu d'informations sont disponibles sur la structure et la composition du sous-sol de la planète, en dehors de ses calottes polaires et de sa couche très superficielle. Un des objectifs scientifiques de la future mission martienne ExoMars est l'exploration du sous-sol. La recherche d'éventuels réservoirs hydriques, reliques d'une activité aqueuse passée, qui pourraient, selon de nombreux modèles géologiques, avoir subsisté à des profondeurs kilométriques reste d'actualité. Le sondage électromagnétique du sous-sol, méthode de prospection non destructive, apparaît comme une des solutions les plus prometteuses. C'est dans ce contexte que le LATMOS (ex CETP) a conçu le radar à pénétration de sol (GPR) baptisé EISS "Electromagnetic Investigation of the Sub Surface".

Le radar à pénétration de sol (GPR) baptisé EISS « Electromagnetic Investigation of the Sub Surface » a une profondeur de pénétration kilométrique dans le sous-sol de Mars. Le concept innovant de EISS repose sur le fonctionnement avec plusieurs stations à la surface de la planète (Mars ou autres), qui rend possible des sondages bi-statiques du sous-sol et lui confère ainsi un certain pouvoir d'imagerie du sous-sol. EISS est doté de 4 modes de fonctionnement : mesure d'impédance, sondage mono et bi-statique, mode passif. Le mode bi-statique est, en effet, susceptible d'enrichir grandement l'étude de la structure 3D du sous-sol en permettant le relevé de plusieurs profils de sondage et ainsi lui conférer un certain pouvoir d'imagerie et ce en dépit de son immobilité.

L'instrument EISS est un GPR impulsionnel opérant, depuis la surface, à des fréquences centrales HF (2-4MHz). L'utilisation de ces fréquences permet de viser des profondeurs de pénétration compatibles avec les modèles géologiques. La résolution spatiale visée (<100 m) impose de travailler avec des impulsions relativement courtes (1µs) qui dans le domaine spectral se traduisent par une largeur de bande nécessaire de l'ordre du MHz. Il convient également de garder à l'esprit, que pour recueillir des informations sur une zone la plus étendue possible du sous-sol, il est indispensable de travailler avec des antennes non directives ayant un diagramme de rayonnement large dans le sous-sol.

A ces contraintes qui sont déterminantes pour les performances du radar, s'ajoute la contrainte de masse inhérente à toute mission spatiale. L'antenne électrique HF retenue est donc une antenne filaire constituée de deux monopoles amortis de 35 mètres chacun ($\lambda/4$ à 2MHz). Les monopoles sont chargés avec un profil résistif optimisé afin d'obtenir dans l'antenne une onde purement progressive et ainsi éviter tout phénomène de 'ringing' qui entraînerait une déformation du signal large bande.

Les résultats présentés sur les performances du radar reposent sur des simulations numériques (FDTD) et sur l'utilisation de modèles analytiques. Des études systématiques ont été menées de façon à optimiser le profil résistif des monopoles qui constituent l'antenne électrique émettrice. L'influence de l'angle entre ces deux monopoles, le couplage entre l'antenne électrique et le sol ont été analysés. Pour finir, une méthode d'estimation de la direction d'arrivée des échos est en étude. Elle devrait permettre à terme d'estimer en trois dimensions la position des réflecteurs enfouis dans le sous-sol.

Mots clés : GPR, Propagation des ondes, Sondage du sous-sol, Bi-statique, Onde réfléchie, Couplage antennes-sol, Optimisation d'antennes.