

Classification de minéraux sur Mars à partir de données Raman et d'apprentissage automatique. Un premier pas vers l'analyse multi-senseurs.

Elise Clavé ^{*1}, Gilles Montagnac ², Gilles Dromart ², Olivier Beyssac ³,
Cécile Fabre ⁴, Olivier Forni ⁵, Sylvestre Maurice ⁵, Bruno Bousquet ¹

¹ CELIA – CNRS : UMR5107, Université de Bordeaux, CEA – France

² LGL-TPE, ENS Lyon - France

³ Laboratoire de Géologie, Ecole Normale Supérieure – CNRS : UMR8538 – France

⁴ GéoRessources – CNRS : UM7359, Université de Lorraine – France

⁵ IRAP – CNRS, université de Toulouse – France

À bord de *Perseverance*, l'instrument SuperCam permettra d'effectuer des analyses spectroscopiques de différentes natures à la surface de Mars [1]. Différentes techniques ont été choisies pour leur complémentarités technologique et scientifique, pour fournir des données d'une grande richesse sur la composition chimique, la minéralogie, la dureté etc. de la croûte martienne. Ainsi, les spectroscopies LIBS (*Laser Induced Breakdown Spectroscopy*), Raman, de luminescence et infrarouge pourront être utilisées en parallèle d'une caméra RMI et d'un microphone.

Pour extraire le plus d'informations de toutes ces données, nous utilisons des outils d'analyse de données multivariés et supervisés. L'apprentissage automatique (*Machine Learning*) fournit des outils permettant d'identifier les corrélations, redondances et complémentarités entre différentes variables, et ainsi de confirmer et affiner des résultats en croisant les données de différents capteurs. Des premières études sur la fusion des données LIBS et Raman ont été menées [2,3]. Notre étude porte sur l'utilisation d'arbres de décisions et de forêts aléatoires pour contraindre la minéralogie [4,5].

Pour le développement et les tests de nos algorithmes, nous travaillons dans un premier temps avec une base de données Raman, fournie par le Laboratoire de Géologie de Lyon. Nous testons des méthodes de classification et de pseudo-quantification. Ces algorithmes sont ensuite adaptés et appliqués à des données issues de plusieurs techniques.

Ces outils doivent en particulier nous permettre d'étudier *in situ* les carbonates martiens. Ces minéraux témoignent de la présence d'eau dans le passé de Mars. Ils ont été identifiés en particulier sur les marges du cratère Jézéro, site d'atterrissage de la mission Mars2020 [6,7]. Les carbonates possèdent aussi une grande capacité de préserver des traces de vie sur de très longues périodes [8], ce qui les rends particulièrement intéressants dans la recherche de vie dans le système solaire.

Mots-Clés : Mars, SuperCam, chimiométrie, Raman, LIBS, fusion de données, minéralogie, carbonates

[1] P. Willis, et al., 42nd COSPAR Scientific Assembly B4.2-40-18

[2] P. Sobron, et al., 45th Lunar and Planetary Science Conference, 2014, #2875.

[3] K. Rammelkamp, et al., Journal of Raman Spectroscopy, 2019, 1-20.

[4] L. Breiman, et al., Classification and Regression Trees, 1984.

[5] L. Breiman, Machine Learning, 45, 2001, 5-32.

[6] B. Ehlmann, et al., Journal of Geophysical Research: Planets 114 (E2), 2009.

[7] B. Horgan, et al. Icarus, 2020.

[8] J. D. Farmer, D. J. des Marais, Journal of Geophysical Research: Planets 104 (E11), 1999, 26977-26999