



**Objet :** Proposition d'un sujet de thèse de type contrat doctoral MESR pour 2014

**Titre :** Premières quantifications in situ des éléments traces (Li, Ba, Sr, Cr, Mn, Rb...) dans les roches et sols martiens : apport de l'instrument ChemCam dans la mission internationale Curiosity. Implications géologiques pour le cratère Gale.

**Porteur :** Cécile FABRE, MCF Université de Lorraine  
Tel : +33(0)3 83 68 47 27  
Mel : cecile.fabre@univ-lorraine.fr

**Co-directeur :** Philippe DE DONATO, DR CNRS

**Laboratoire d'accueil :** UMR GeoRessources n° 7359, Université de Lorraine  
BP 70239, 54506 Vandoeuvre-lès-Nancy, France

**Projet scientifique :** Le but de cette thèse est de contraindre la géochimie des traces sur Mars en utilisant les données LIBS de la mission Curiosity afin de mieux comprendre la géologie du cratère de Gale.

Après environ deux années passées à la surface de Mars dans le cratère de Gale, l'outil franco-américain ChemCam du rover Curiosity de la mission MSL (Mars Science Laboratory) a analysé plus d'une centaine de roches et de sols, et a, à son actif, plus de 150 000 spectres LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy). Cette masse colossale d'informations sur la géochimie martienne est bien plus importante que toutes les autres missions menées ces dix dernières années. Cette technique analytique localisée à l'échelle du millimètre carré, pour la première fois utilisée dans une étude extraterrestre, a montré son incontestable potentiel scientifique au travers de nombreux résultats. ChemCam s'avère être une phase tactique incontournable pour le travail de l'équipe scientifique compte tenu de sa rapidité de mise en œuvre. Si les compositions d'oxydes majeurs des roches et sols sont obtenues par ChemCam de façon quotidienne, l'accès aux éléments traces est un réel challenge pour l'ensemble de la mission.

En effet, la détection LIBS des éléments traces et leurs quantifications restent fondamentales aussi bien pour la détermination minéralogique des minéraux dans un contexte de roches grenues, que pour la discrimination inter roches ou sols. Aucune autre mission martienne n'a été capable jusqu'alors d'obtenir ces informations géochimiques, les limites de détection requises étant de l'ordre de quelques ppm à quelques dizaines de ppm pour des éléments classiques comme le Li, Ba, Sr, ou Rb. Jusqu'à présent, seul ChemCam a permis leur analyse de façon rapide, à ce seuil de détection et à l'échelle des grains. C'est pourquoi, l'équipe ChemCam travaille à l'amélioration de la quantification de ces traces.

Pour être à même de déterminer de façon précise la géochimie des traces sur Mars, les recherches de cette thèse s'effectueront comme suit :

- Réalisation d'un code de traitement solide des spectres LIBS pour les éléments en traces déjà connus, puis recherche de nouveaux éléments traces, pour leur quantification de façon systématique et précise.
- Travail sur le volet géologique essentiel des traces dans les sols à l'échelle locale du cratère de Gale (déplacement du rover sur plusieurs kilomètres le long de la mission) afin de replacer les anomalies en traces dans le site d'étude.
- Réflexion sur les roches grenues rencontrées le long de la traverse et leurs éléments traces détectés : implications sur la mise en place des roches ignées.

L'ensemble de la thèse (2014-2018) s'insèrera de façon logique dans la mission de Curiosity dont la durée initiale de deux ans a été prolongée jusqu'à son arrivée au pied du Mont Sharp, où l'accès aux argiles les plus anciennes donnera des informations essentielles sur la présence passée de l'eau sur Mars. L'intégration géochimique des données obtenues sur les traces sur ce type d'environnement sera la clé de beaucoup d'interrogations sur l'origine de ces formations sédimentaires ou ignées.

### **Plus value scientifique et valorisation des résultats**

Afin de mettre au mieux à profit le développement réalisé pendant cette thèse, un volet de mise en place d'un outil LIBS au sein du laboratoire GeoRessources sera abordé au fil des avancées effectuées.

Le candidat devra maîtriser l'anglais et se sentir à l'aise dans la synthèse de données, aussi bien à l'écrit qu'à l'oral. Ainsi, le candidat participera de façon régulière à la récupération, traitement et interprétation des données ChemCam lors des opérations, il sera ainsi intégré à la mission Mars Science Laboratory comme tout autre scientifique (réunions bi-annuelle et congrès liés à la thématique du sujet proposé).

Cette thèse bénéficiera du soutien essentiel financier du CNES et de l'équipe ChemCam. Cette équipe franco-américaine s'est dotée au fil des années de jeunes chercheurs contractuels (doctorants et post-doctorants) dynamiques qui seront un support fort pour le(a) thésard(e) recruté(e).

### **Collaborations**

- à l'IRAP de Toulouse (**P.Y. Meslin, MCF** et **O. Forni, DR CNRS** – Traitement spectres et analyse des sols),
- au Muséum d'Histoire Naturelle de Paris (**V. Sautter, DR CNRS** – Minéralogie martienne),
- au LPGN de Nantes (**N. Mangold, DR CNRS** – Contexte sédimentaire)
- au Laboratoire de Los Alamos, US (**R. Wiens** – Base de données ChemCam).