



Proposition d'un stage Master 2

Titre : Analyse des matériaux par « *calibration-free LIBS* » pour ITER

L'analyse élémentaire des matériaux par spectroscopie du plasma induit par laser est une technique émergente en raison de la facilité de sa mise en œuvre et sa rapidité. Son principe de fonctionnement est simple : un faisceau laser impulsionnel de haute intensité est focalisé sur la surface du matériau afin de vaporiser de la matière et la transformer en plasma de température élevée. Le rayonnement émis par le plasma est analysé à l'aide d'un spectromètre afin de déterminer les fractions élémentaires via la mesure de l'intensité des raies spectrales. Habituellement opérée sous air ambiant, le confinement du panache d'ablation par l'atmosphère est favorable à l'établissement de l'équilibre thermodynamique local (ETL) qui permet une modélisation simple et juste du plasma. Cet atout du plasma induit par laser ouvre la voie à l'analyse élémentaire directe basée sur la comparaison du spectre d'émission mesuré avec le spectre calculé, une méthode appelée « *calibration-free LIBS* » [1,2].

Certaines analyses, comme par exemple celles réalisées sur la planète Mars [3] ou celles prévues dans le futur réacteur de fusion thermonucléaire ITER, doivent être opérées sous atmosphère à basse pression. Il en résulte un effet de confinement réduit, et par conséquent une durée de vie du plasma plus courte. Si l'évolution du plasma est trop rapide par rapport au temps nécessaire pour établir l'état d'équilibre, la validité du modèle est mise en cause, et l'analyse par la *calibration-free LIBS* est inopérante.

L'objectif du stage master est de déterminer la pression minimum pour opérer la *calibration-free LIBS* dans des conditions pertinentes pour ITER. Le stage comporte une partie expérimentale qui consiste à enregistrer des spectres sur des alliages cuivre-tungstène sous argon pour différentes valeurs de pression, et de réaliser l'analyse LIBS *calibration-free* à l'aide d'un outil informatique. Les fractions élémentaires déduites de ces analyses seront ensuite comparées aux valeurs de référence pour chaque valeur de pression, afin de déterminer la pression minimum pour permettre une analyse juste. Le stage pourrait être complétée par une partie théorique qui consiste à calculer le temps de thermalisation du plasma, et de le comparer à la durée de vie du plasma déduite des mesures résolues en temps.

Références :

- [1] J. Hermann, C. Gerhard, M. Burger, V. Craciun, F. Pelascini, *Progress in calibration-free laser-induced breakdown spectroscopy*, Spectrochim. Acta Part B **200**, 106595 (2022)
- [2] A. Ciucci, M. Corsi, V. Palleschi, S. Rastelli, A. Salvetti, E. Tognoni, *New procedure for quantitative elemental analysis by laser-induced plasma spectroscopy*, Appl. Spectrosc. **53** (1999)
- [3] P. Y. Meslin, O. Gasnault, O. Forni, S. Schröder, et al., *Soil diversity and hydration as observed by ChemCam at Gale crater, Mars*, Science **341**, 1238670 (2013)

Encadrement : Jörg Hermann, Directeur de recherche CNRS

Contact : jorg.hermann@cnrs.fr

Lieu : Laboratoire LP3, 163 avenue de Luminy, 13288 Marseille

Indemnité de stage : environ 630 €/mois

Cadre : Il est prévu de poursuivre cette étude avec une thèse CIFRE cofinancée par le CETIM.