

Traitement de données d'imagerie hyperspectrale par des méthodes de chimiométrie et d'intelligence artificielle pour la caractérisation des matériaux.

Dans le cadre de la **protection des métaux du patrimoine**, la recherche de solutions efficaces et durables pour lutter contre la corrosion atmosphérique, en extérieur ou en contexte muséal, est un enjeu de première importance. Les métaux cuivreux du patrimoine sont recouverts d'une couche de produits de corrosion qui fait partie intégrante de l'œuvre et qui convient d'être protégée. Les traitements de protection du patrimoine sont donc appliqués directement sur la couche de produits de corrosion. Au sein du NIMBE-LAPA, des produits à base de sol-gel dopés en inhibiteur de corrosion non toxiques pour l'environnement (acides carboxyliques) sont développés et appliqués sur des objets cuivreux historiques représentatifs car corrodés [1]. La couche de produits de corrosion formée sur ces objets a une épaisseur de quelques dizaines de micromètres, et est constituée de phases minérales de type cuprite et brochantite. La sol dopé, appliqué à la surface pénètre dans les porosités de la couche, se gélifie en libérant les acides carboxyliques qui vont précipiter pour former un carboxylate de cuivre hydrophobe. Les interactions entre les phases minérales de la couche et les composés du traitement de protection sont complexes et se produisent à l'échelle micrométrique. Pour bien comprendre l'effet de ce traitement il est nécessaire d'effectuer des analyses de la distribution des différentes phases à cette échelle. Pour produire une image de la distribution de ces phases dans l'épaisseur de la couche, la spectroscopie Raman est une technique performante. Cependant l'ensemble de ces phases a des réponses différentes selon la longueur du laser mise en œuvre. Les phases minérales ont un bon rendement de diffusion raman dans les longueurs d'onde du bleu au vert alors que les composés organiques, qui fluorescent, présentent des spectres plus lumineux dans le rouge et proche infrarouge. L'objectif de ce stage est de collecter sur des mêmes zones d'échantillons traités de larges cartographies aux longueurs d'onde 473, 532 et 785 nm (plusieurs centaines de micromètres en X et Y, avec une résolution de quelques micromètres). Les jeux de données collectés seront traités à l'aide de méthodes chimiométriques de fusion de données dites « multiblocs ». Ces méthodes permettent de combiner efficacement les informations issues des 3 sources laser (représentant trois blocs distincts), en exploitant les relations entre elles afin obtenir une analyse plus complète et précise des échantillons. L'analyse simultanée des 3 blocs offre une meilleure interprétation des phénomènes complexes en tirant parti de la complémentarité des données tout en compensant les limitations spécifiques à chaque bloc individuel [2]. Pour garantir l'efficacité de ces méthodes, une étape de prétraitement des données est indispensable. Ce prétraitement inclut notamment la réduction du bruit, la correction des effets de fluorescence, etc... Cette étape est cruciale pour améliorer la qualité des données, maximisant ainsi l'efficacité des méthodes multiblocs. Des approches impliquant la chimiométrie ou l'intelligence artificielle peuvent être mises en œuvre pour optimiser les résultats.

Mots clés : protection des métaux du patrimoine, RAMAN, chimiométrie, intelligence artificielle

Contacts NIMBE/LAPA :

- Faten AMMARI

Tél. : 01.69.08.49.74

Email : faten.ammari@cea.fr

- Delphine NEFF

Tél. : 01.69.08.33.40

Email : delphine.neff@cea.fr

Références :

- [1] S. Lob, D. Neff, T.-H. Tran-Thi, M.C. Richter, C. Rivron, Hydrophobic coating using sustainable sol-gel process doped with carboxylic acids to protect heritage copper artefacts, *Prog. Org. Coatings*. 186 (2024) 108035.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2023.108035>.
- [2] F. Ammari, L. Bassel, C. Ferrier, D. Lacanette, R. Chapoulie, B. Bousquet. Multi-block analysis coupled to laser-induced breakdown spectroscopy for sorting geological materials from caves. *Talanta* 159 (2016) 287-291.

Contrat

Stage M2

Localisation

CEA Saclay, (91) Essonne, France

Date limite de candidature

10 janvier 2025

Disponibilité du poste

1 février 2025

Durée du contrat

6 mois

Conditions de stage

- Durée du stage : 6 mois
- Niveau d'étude requis : Bac+5
- Formation : Master 2
- Poursuite possible en thèse : Oui
- Date limite de candidature : 10 janvier 2025

Méthodes, techniques :

La personne développera ses compétences dans le traitement de données spectroscopiques multiblocs...