
EXPOSE ORAL - Caractérisation des alliages ferreux par spectroscopie d'émission du plasma induite par laser (LIBS) : analyse d'aciers trempés et applications archéologiques

Sarah Richiero^{*1,2,3}, Xueshi Bai^{*4}, Leila Galai⁵, Emilie Bérard⁶, Vincent Motto-Ros⁷,
Philippe Dillmann⁸, Nicolas Wilkie-Chancellor⁹, and Vincent Detalle^{3,10}

¹SATIE – SATIE, ENS Paris-Saclay, CNRS, Université Paris-Saclay, Centre de Recherche et de
Restauration Des Musées de France (C2RMF), Palais du Louvre, F-75001 Paris, France – France

²Centre de recherche et de restauration des musées de France – Ministère de la culture – France

³Fondation des sciences du patrimoine – Fondation des sciences du patrimoine – France

⁴C2RMF, Palais du Louvre – C2RMF, Palais du Louvre, C2RMF, Palais du Louvre – France

⁵Laboratoire d'étude du comportement à long terme des matériaux de conditionnement – CEA
Marcoule 30207 Bagnols sur Ceze – France

⁶Université Paris-Saclay, ICMO – CNRS – France

⁷Institut Lumière Matière [Villeurbanne] – Université Claude Bernard Lyon 1, Centre National de la
Recherche Scientifique – France

⁸Laboratoire d'Archéomatériaux et Prévision de l'Altération (LAPA-IRAMAT, NIMBE, CEA, CNRS,
Université Paris-Saclay,) – CEA CNRS – CEA Saclay 91191 Gif-sur-Yvette France, France

⁹Systèmes et Applications des Technologies de l'Information et de l'Energie (SATIE - CNRS UMR
8029) – CNRS : UMR8029, École normale supérieure de Cachan - ENS Cachan, Université de Cergy
Pontoise – 5 mail Gay Lussac, 95000 Cergy-Pontoise, France

¹⁰CY Cergy Paris Université (CY) – université de Cergy – 33 boulevard du port, 95015 Cergy-Pontoise
Cedex, France

Résumé

Les alliages ferreux, sont utilisés depuis l'Âge du Fer par les sociétés anciennes pour des usages variés. Ils sont un témoin privilégié du niveau technique des sociétés et leur étude revêt le plus grand intérêt notamment en l'absence de sources écrites. La caractérisation précise de ces alliages nécessite la mesure du carbone donnant une idée de la nature du matériau et de ses potentiels usages. La difficulté réside dans l'hétérogénéité de la distribution en carbone dans les métaux ferreux datant d'avant le XIXe siècle, due aux procédés sidérurgiques employés. Il convient donc de cartographier cet élément sur des coupes représentatives prélevées sur les objets. La métallographie quantitative est la méthode usuelle pour mesurer le carbone ; basée sur l'observation de la microstructure du métal ayant subi un refroidissement très lent, elle est inopérante sur les aciers refroidis hors équilibre thermodynamique (étant la majorité des cas). Cette présentation explore les opportunités offertes par la spectroscopie d'émission du plasma induite par laser (LIBS), qui présente les avantages de détecter les

*Intervenant

éléments légers et d'avoir une implémentation adaptable (in-situ, imagerie...). Nous avons obtenu des résultats démontrant que la technique LIBS peut détecter les variations de concentration de carbone de 0,01 à 2%wt. dans les aciers archéologiques. Aujourd'hui, nous nous interrogeons sur la validité de la méthode pour les aciers refroidis très rapidement par trempe. Pour une même composition ces aciers ont une microstructure différente (martensite et ou bainite) des aciers refroidis plus lentement (ferrite et perlite). La différence dans la nature de la matrice modifie-t-elle l'interaction laser-matière et donc l'émission du carbone et sa quantification ? L'analyse des échantillons d'aciers refroidis à différentes vitesses a permis de comparer les émissions d'échantillons avec des concentrations en carbone identiques mais des microstructures différentes. Les résultats nous permettent d'observer que la microstructure des aciers trempés n'influence pas le signal du carbone. En application, des échantillons d'armures archéologiques ont été analysés par imagerie μ LIBS.