

Une nouvelle technique d'analyse par laser appliquée aux œuvres d'art

L'évolution des pratiques analytiques incite les laboratoires spécialisés dans l'étude des matériaux du patrimoine, et notamment le Laboratoire de recherche des monuments historiques (LRMH), à évaluer le potentiel de nouvelles méthodes in situ, entre autres pour l'étude des œuvres monumentales qui par essence ne peuvent être déplacées. À l'heure actuelle en effet, des techniques telles que la spectroscopie Raman, la fluorescence X ou la spectrophotométrie ont montré qu'il était possible de réaliser des analyses directement sur le terrain. Ces techniques ne peuvent cependant pas répondre à toutes les questions posées par l'étude d'une œuvre, d'autant qu'elles ne donnent que des informations analytiques relatives à la surface de la zone échantillonnée. C'est dans ce contexte que le LIBS (*Laser-Induced Breakdown Spectroscopy*) a fait son apparition dans le domaine du patrimoine, il y a une dizaine d'années. Il s'agit d'une technique d'analyse élémentaire rapide, pouvant être mise en œuvre sans préparation d'échantillon (sans prélèvement), sans contact, qui permet de réaliser une analyse en profondeur, ce qui en fait un outil idéal sur le terrain. Les chercheurs peuvent disposer de réponses instantanées, et ainsi mieux cibler les prélèvements et en diminuer le nombre.

Principe de la technique LIBS

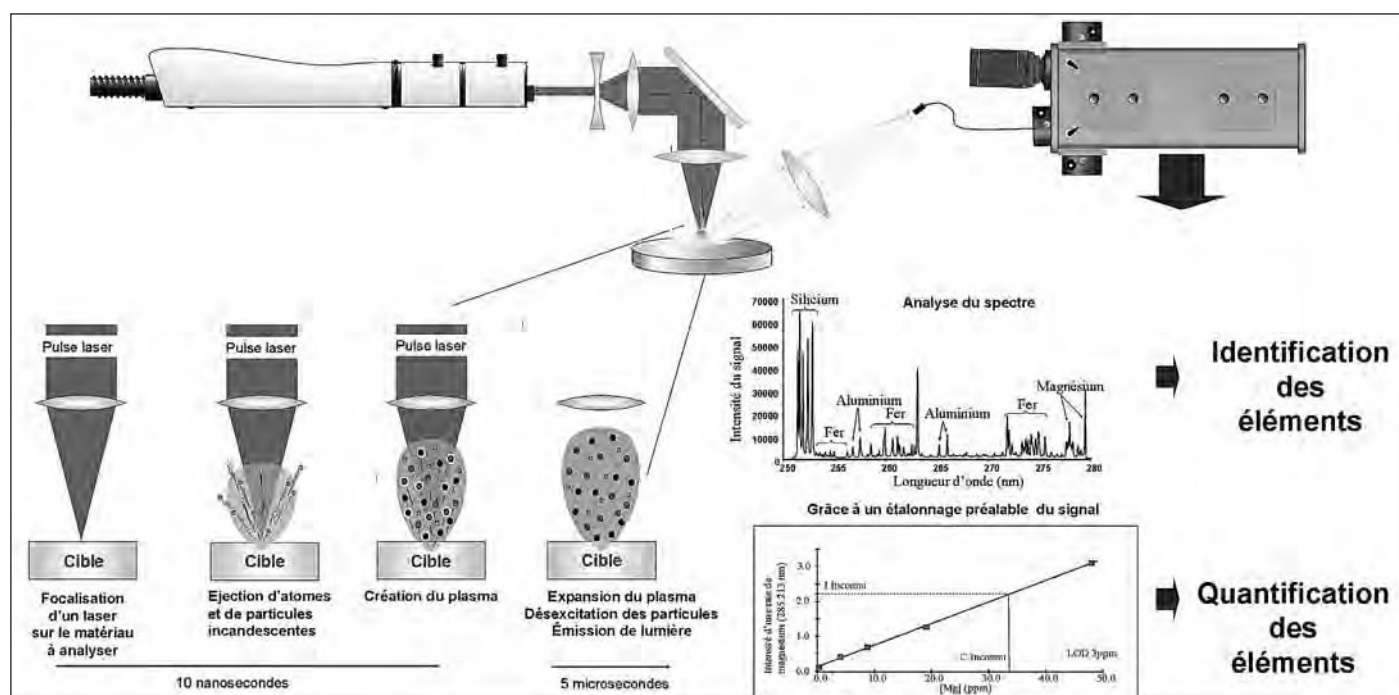
L'analyse par LIBS repose sur l'interaction d'une impulsion laser (durée de quelques nanose-



Le LIBS portable du Laboratoire de recherche des monuments historiques lors de la restauration des peintures murales de l'abbaye de Saint-Savin-sur-Gartempe (Vienne).

condes) avec le matériau à analyser (l'analyse est également possible avec des lasers picoseconde et femtoseconde¹, néanmoins plus coûteux et d'utilisation plus contraignante). Le faisceau laser est focalisé à la surface de l'échantillon, ce qui induit un dépôt d'énergie important en peu de temps sur une surface réduite conduisant alors à l'ablation et à la vaporisation de la matière : l'irradiance (puissance par unité de surface) atteinte en LIBS est de l'ordre du gigawatt par centimètre carré. Un plasma contenant des électrons, des atomes et

des ions dans un état excité se forme alors. L'ensemble de ces mécanismes se produit pendant et après l'impulsion laser (quelques microsecondes). Lors de l'expansion du plasma dans l'atmosphère environnante, les atomes et les ions émettent des photons à des longueurs



d'onde caractéristiques des éléments atomiques émetteurs. Ainsi, en collectant le rayonnement issu du plasma, et en analysant son spectre, il est possible d'identifier les éléments présents dans le plasma et donc dans l'échantillon analysé, à partir de bases de données de raies d'émission. Si la position des raies renseigne sur les éléments présents dans l'échantillon, l'intensité de ces raies est liée à la concentration de l'élément dans l'échantillon.

Appliquée au patrimoine culturel, cette technique peut être utilisée pour connaître, par exemple, la composition d'échantillons d'objets métalliques, de vitraux, de minéraux ou de céramiques. Si l'on s'intéresse à la nature des pigments employés pour une peinture murale ou un décor polychrome, la position des raies d'émission et leur intensité relative est suffisante pour identifier le pigment, l'information obtenue restant qualitative.

Une recherche encadrée par le LRMH

Depuis trois ans, le LRMH a initié et encadré un travail de thèse réalisé en collaboration avec

le CEA Saclay (DPC/SCP/LRSI). Afin de mieux maîtriser l'utilisation du LIBS pour l'analyse in situ du patrimoine culturel et d'en identifier les forces et les points faibles, trois grandes problématiques ont été abordées dans ce travail de thèse.

– Le passage du laboratoire au terrain et la complémentarité avec les techniques existantes : les résultats ont illustré la faisabilité de l'identification de pigments directement sur un chantier de restauration à l'aide d'un prototype LIBS portable. La complémentarité de deux techniques, LIBS et spectroscopie Raman, a été démontrée pour l'identification croisée de pigments et les études stratigraphiques d'échantillons comportant plusieurs couches de matériaux.

– L'étude de l'impact visuel de l'analyse LIBS sur l'œuvre : les résultats ont montré que les dimensions de la zone d'analyse sont maîtrisées par la mise en forme et la focalisation du faisceau laser d'ablation. Des décolorations périphériques de quelques micromètres peuvent être observées dans certains cas, dues à des re-dépôts oxydés à la surface de

l'échantillon. Des seuils de perception ont été établis en fonction de la nature des pigments et de l'énergie délivrée à la surface de l'échantillon. Ces dépôts peuvent être éliminés par la suite.

– Une étude plus fondamentale a été menée sur des matrices métalliques (aluminium, fer, nickel et plomb) afin d'évaluer les possibilités d'analyses quantitatives. Les résultats indiquent pour l'instant la nécessité d'employer des étalons et des droites d'étalonnage.

Ainsi, l'étude du LIBS au sein du LRMH est prometteuse. Elle doit permettre d'optimiser l'utilisation de cette instrumentation de terrain pour les problématiques du patrimoine.

Vincent Detalle

Pôle Peintures murales et polychromies
Laboratoire de recherche des monuments
historiques (LRMH)
<http://www.lrmh.fr>

1. Nanoseconde : 10^{-9} ; picoseconde : 10^{-12} ; femtoseconde : 10^{-15} .

Sauver des eaux le patrimoine archéologique en bois

L'Atelier régional de conservation Nucléart (ARC-Nucléart) est principalement spécialisé dans la conservation et la restauration de matériaux archéologiques organiques gorgés d'eau (bois, cuirs, fibres humides). Dans un livre publié récemment, conçu pour un large public, les scientifiques d'ARC-Nucléart dévoilent les techniques sophistiquées de fouilles et de traitement qu'ils appliquent pour sauvegarder non seulement des objets, mais aussi, plus exceptionnel et plus complexe, des épaves de grandes dimensions.

En France, ces dernières décennies, les découvertes archéologiques subaquatiques ont été nombreuses, allant de pirogues néolithiques à des bateaux corsaires du XVIII^e siècle. Archéologues, conservateurs, restaurateurs, ingénieurs et techniciens racontent tout au long de l'ouvrage les fouilles menées sur une dizaine de chantiers emblématiques (Chalain, Paris-Bercy, Sanguinet, Lyon, Marseille, Charavines, Noyen-sur-Seine, le Brivet, Villefranche-sur-Mer, La Hougue, Saint-Malo, Dunkerque) et décrivent dans le détail les techniques qui permettent de conserver les découvertes. Un chapitre est aussi consacré au travail des restaurateurs de l'atelier, qui interviennent avant la présentation au musée.

Ce livre très illustré, qui montre tout le savoir-faire de cette équipe, a été réalisé en parallèle à une exposition itinérante « Sauvé des eaux, sauvé du temps », qui présente l'activité d'ARC-Nucléart.

Créé en 1970 au CEA de Grenoble, ARC-Nucléart est un groupement d'intérêt public culturel (GIPC) qui associe le CEA, le ministère de la Culture et de la Communication, la région Rhône-Alpes et la ville de Grenoble. L'équipe est pluridisciplinaire (16 personnes du CEA et du ministère de la Culture : scientifiques, conservateur du patrimoine, restaurateurs) et conduit des recherches en vue de développer des méthodes de traitement des objets. Elle prend aussi en charge des travaux de conservation (consolidation, restauration, désinsectisation, désinfection) et de présentation muséographique.

Dotés d'importants équipements adaptés notamment au traitement des épaves de grande taille : unités d'imprégnation de résines, lyophilisateurs de grandes dimensions, irradiateur gamma pour la désinfection et la consolidation, réserves climatisées, chambres froides de stockage, ateliers de restauration et laboratoires d'étude, ARC-Nucléart est un des principaux maillons du réseau national des

laboratoires de conservation-restauration. ARC-Nucléart a aussi des missions d'information auprès des professionnels et du grand public, ainsi que de formation par la recherche. <http://www.arc-nucleart.fr>



Sauvé des eaux. Le patrimoine archéologique en bois. Histoires de fouilles et de restaurations
H. Bernard-Maugiron, Ph. Coeuré, M. Clermont-Joly, J. Duchêne, P. Vaudaine, P. Veyseyre dir.
Grenoble : ARC-Nucléart, 2007. 240 p., 400 ill., 25 €
Diffusion : ARC-Nucléart – CEA-Grenoble
17, rue des Martyrs – 38054 Grenoble Cedex 9
Tel. : 04 38 78 40 50