

UNE PRESTATION DANS UNE PLATE-FORME LIBS

Émilie Colin

Lumibird, 2 rue Paul Sabatier – 22300 Lannion, FRANCE – ecolin@lumibird.com



La méthode LIBS est désormais bien connue pour sa simplicité, rapidité d'analyse, possibilité d'analyse des éléments de l'hydrogène à l'uranium et de tout type d'échantillon, solide, liquide et même gazeux. De nombreux industriels se tournent aujourd'hui vers cette technique d'analyse optique sans contact dont les progrès en termes de vitesse et de sensibilité n'ont cessé de croître durant ces dernières années.

<https://doi.org/10.1051/photon/202010350>

Depuis quelques années, des entreprises innovantes mettent à la disposition de laboratoires et d'industries leur expertise et leurs plateformes technologiques disposant des outils de pointe pour découvrir et appréhender la technologie LIBS. Cette offre permet ainsi de valider le procédé LIBS avant de le déployer à une échelle industrielle. En effet, les choix des paramètres tels que la longueur d'onde, la cadence, l'énergie du laser, le type de spectromètre, le choix de sa résolution spectrale et de sa bande passante sont clés et généralement dictés par l'application. Ils dépendent du matériau à analyser, de sa taille et de son accessibilité. Il est primordial de les identifier et de les valider grâce à l'obtention d'analyses précises et détaillées. Ces plateformes offrent ainsi, grâce à la polyvalence de leurs outils, la possibilité de tester différents paramètres

et différentes configurations afin d'optimiser le procédé d'analyse.

Grace à l'expertise de leurs équipes pluridisciplinaires, plusieurs sociétés françaises offrent des prestations LIBS pour réaliser des analyses multi-élémentaires des matériaux par spectroscopie de plasma induit par laser. Cet article a pour objectif d'aider les équipes académiques ou industrielles souhaitant bénéficier de leurs services à choisir la plateforme adaptée à leurs besoins.

DES EXPERTS AU SERVICE DE L'ANALYSE DES MATÉRIAUX PRESTATION ATTENDUE

Ces différentes entreprises peuvent accompagner les équipes scientifiques ou industrielles à différents niveaux :

- Prestation ponctuelle d'analyses chimiques élémentaires ;
- Expertise des bâtiments et des matériaux sur site dans le but de caractériser leur composition ou d'éventuelles altérations ;

- Faisabilité technique au travers d'études ;
- Soutien et développement de méthodes d'analyse spécifiques.

DOMAINES D'ACTIVITÉ

La technique LIBS s'est avérée porteuse dans de nombreux domaines d'applications grâce à la versatilité des types d'échantillons dont il est possible de faire l'analyse mais aussi grâce à la grande quantité d'information contenue dans un seul spectre d'émission obtenu. Nous décrivons ci-dessous les secteurs d'activités pour lesquels la technologie LIBS s'avère particulièrement bien adaptée.

- **Les activités minières, agricoles et métallurgiques**, grâce à une meilleure connaissance des composants chimiques des sols, matériaux et métaux, peuvent bénéficier de gains significatifs de rendement, de production et d'amélioration du produit fini.

De nombreuses entreprises sont intéressées par le contrôle de procédé par LIBS pour avoir un suivi en temps réel de l'évolution des différents éléments à l'intérieur du procédé. Le tri rapide des matériaux et le recyclage des déchets peuvent également être réalisés par LIBS.

- La détection et la quantification de l'hydrogène dans les alliages sont critiques pour les industriels travaillant dans les **secteurs du nucléaire, de l'aéronautique et des transports** (véhicules automobiles ou ferroviaires). Ils font, en effet, face à des problématiques de corrosion et de fragilisation des métaux et des alliages métalliques qui entraînent la fissuration et la rupture des composants mécaniques dont l'une des principales causes de l'usure est la présence d'atomes H. La LIBS s'avère être une technique plus rapide et plus économique pour sonder la présence d'hydrogène et offrant une meilleure résolution que les techniques traditionnelles.
- Grâce à la possibilité de faire des mesures de terrain avec des instruments compacts, il est également possible d'utiliser cette technique pour la **surveillance de**

l'environnement, qu'il s'agisse de l'air, des eaux ou des sols. Pour ces applications, ce sont, en général, les pollutions par les métaux lourds qui sont recherchées.

- De par sa réponse immédiate, et son caractère portable ou sa capacité d'analyse à distance, la technique LIBS est très bien adaptée à l'analyse de terrain pour des **applications de sécurité civile ou militaire, et des applications en criminalistique ou même de lutte contre la contrefaçon.**
- La taille des cratères LIBS générés par l'ablation laser peut être minimisée pour rendre ses dommages imperceptibles à l'œil nu. Cette technique est bien moins destructrice qu'un prélèvement classique au scalpel et donc très intéressante pour les archéologues, historiens, restaurateurs en charge de la **préservation du patrimoine.**
- L'imagerie multi-élémentaire des **tissus biologiques** grâce à la spectroscopie LIBS permet la visualisation directe de la distribution des éléments endogènes ou exogènes. Cette technologie est notamment utilisée pour mettre en image la cinétique des nanoparticules métalliques dans les organes

d'élimination, mais également pour analyser la distribution physiologique des éléments biologiques *in situ*, et pour révéler la topographie des éléments chimiques, comme les métaux, dans des tissus humains qui ont été exposés à des agents extérieurs potentiellement toxiques.

TYPE D'ANALYSE : QUALITATIVE ET/OU QUANTITATIVE

Les différentes plateformes proposent des outils plus ou moins polyvalents, capables d'effectuer une analyse multi-échelle dont la résolution et la sensibilité peuvent varier. Il est important de définir si le but est de réaliser une analyse qualitative et/ou quantitative visant à déterminer avec précision la concentration d'un ou plusieurs éléments dans l'échantillon observé. Une analyse qualitative vise plutôt à réaliser une classification des échantillons plutôt que d'effectuer une mesure précise de la composition élémentaire de ces derniers. Dans tous les cas, l'adaptation du niveau du niveau d'énergie est importante pour éviter l'endommagement de l'échantillon. La taille de l'échantillon est aussi un paramètre clé ; l'avantage d'échantillonner une grande surface d'un solide est de

SPECTROGON

State of the art products

Filtres Interférentiels

De 200 à 15000 nm

- Passe-bande
- Passe-haut
- Passe-bas
- Large bande
- Densité neutre
- Disponible en stock



Réseaux Holographiques

De 150 à 2000 nm

- Compression d'impulsion
- Télècom
- Accordabilité spectrale
- Monochromateurs
- Spectroscopie
- Disponible en stock



UK (parle français): sales.uk@spectrogon.com • Tel +44 1592770000
 Sweden (headquarters): sales.se@spectrogon.com • Tel +46 86382800
 US: sales.us@spectrogon.com • Tel +1 973331191

www.spectrogon.com

pouvoir estimer précisément la composition moyenne de celui-ci. L'un des paramètres importants pour accéder rapidement à des mesures est la vitesse d'analyse liée à la cadence du laser.

ACCESSIBILITÉ DE L'ÉCHANTILLON À ANALYSER

La LIBS est particulièrement adaptée lorsque l'échantillon se trouve dans un environnement contraignant, ou que le prélèvement d'échantillon est difficile ou même impossible. Des solutions portables peuvent être mises à disposition afin de permettre une analyse des matériaux sur site. Les résultats peuvent ainsi être consultés sur place de manière instantanée. Un système LIBS peut être facilement transporté et installé sur les sites où les échantillons à analyser sont

produits comme par exemple un site d'exploitation minière.

Cette compacité et cette portabilité se révèlent particulièrement intéressantes dans le cadre de la restauration d'œuvres d'art où les œuvres culturelles ne peuvent pas toujours être déplacées en laboratoire pour analyse. De telles plateformes peuvent servir de passerelles entre les scientifiques et les acteurs du patrimoine (architectes, restaurateurs, communes, musées, monuments historiques, ...). Ils peuvent ainsi collaborer pour réaliser des interventions ciblées afin de trouver des solutions pour identifier des pigments constitutifs des peintures murales et ainsi éviter une accumulation de prélèvements destructifs sur des œuvres souvent déjà fortement endommagées. Le système LIBS portable peut






également servir lors d'expertises dans le domaine du bâtiment (analyse de pierres, enduits, traçage d'éléments chimiques, ...).

CONCLUSION

La mise à disposition d'instruments LIBS offrant une polyvalence et des capacités de détection et d'analyse élémentaire jusqu'alors inaccessibles avec les techniques traditionnelles ouvre la voie à un champ d'applications très large.

Grâce à ces différentes plateformes offrant des prestations LIBS, il est désormais possible de tester cette technique, de découvrir l'étendue de ses capacités, de valider un procédé et de l'optimiser voire même de justifier son implantation à grande échelle.

Tester la LIBS, c'est l'adopter ! ●

FOURNISSEUR	TYPES DE PRESTATIONS	DESCRIPTIF PLATEFORME/ OUTIL	MARCHÉS VISÉS	CONTACT COMMERCIAL
 <p>Ablatom</p>	Etude de faisabilité technique en passant par la prestation d'analyse et d'imagerie chimique à l'élaboration et la conception d'instrument LIBS sur-mesure.	Parc analytique comportant une large gamme de lasers pulsés (100 Hz, OPO, ...) et de spectromètres optiques (hautes performances, compacts, ...) : imagerie élémentaire rapide Mégapixels avec accès aux éléments légers dans des conditions ambiantes	<ul style="list-style-type: none"> • Biomédical • Géologie (minier, sédimentologie, ...) • Industries et sciences des matériaux au sens large (métallurgie, céramique, industrie du verre, catalyse hétérogène, matériaux de construction, ...) 	Florian TRICHARD, PhD f.trichard@ablatom.com +33(0)6 03 58 61 04 www.ablatom.com
 <p>Cetim</p>	Imagerie de distribution d'éléments chimiques. Analyse de composition (quantification, positive material identification). Etude de faisabilité. Accompagnement à l'industrialisation.	Système d'imagerie LIBS 100Hz fonctionnant à l'air ambiant ou sous argon, couplé à une large gamme de spectromètres de haute performance et de spectromètres compacts. LIBS portable pour analyse <i>in situ</i> . Autres dispositifs pour études spécifiques (laser UV, KHz, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> • R&D industriels; • PME / ETI; • Laboratoire de recherche; • Tout type de matériaux. 	Damien Devismes damien.devismes@cetimgrandest.fr 06 24 48 05 16
 <p>Epitopos</p>	Diagnostic des matériaux sur site et en laboratoire.	Instrument LIBS compact et portable permettant une analyse sur site ou en laboratoire.	Analyse des matériaux dans le domaine du patrimoine et de l'industrie des matériaux de construction : contrats publics privés ou expertise judiciaire	Fabrice Surma fabrice.surma@epitopos.fr 03 67 10 36 73 www.epitopos.fr
 <p>Iumtek</p>	Etude de faisabilité technique en commençant par une prestation de qualification d'analyse et d'imagerie chimique afin d'étudier la conception d'une instrumentation LIBS en ligne.	1- Plateforme polyvalente multi-élémentaire TX 1000 pour validation de la technologie LIBS au regard des éléments d'intérêt. 2- Plateforme TX 4000 dédiée aux application de mesure en ligne.	Les centres de R&D, laboratoires de contrôle et d'analyses. Les industries de production : chimie, métallurgie, verre, extraction minière.	Ronald Berger-Lefebure, Président-fondateur ronald.bergerlefebure@iumtek.com 06 70 27 52 50 www.iumtek.com
 <p>Lasalys</p>	Micro-analyse haute résolution et cartographie permettant de connaître le taux d'hydrogène et des éléments légers dans les alliages métalliques.	Microscope optique et analyse in-situ (LIBS) pour une micro-analyse/micro-cartographie d'hydrogène à haute résolution/sensibilité (100ppm de limite de détection pour une résolution de 3µm sur l'hydrogène), ainsi que la possibilité d'étudier les éléments légers (H, Li, Be, B, C, ...) sur demande et sur tout type de matériaux/substrats.	Métallurgie : nucléaire, aéronautique, transports, nouvelles énergies.	M François FARIAUT contact@lasalys.com 02 38 69 82 68 www.lasalys.com

MODELAGE DE FAISCEAUX LASER PAR RÉFLEXION

Cailabs a noué un partenariat avec Edmund Optics® (EO) pour rendre plus accessible que jamais le modelage de faisceaux laser par réflexion. Les Canunda-



Axicon Réflectifs innovateurs de Cailabs sont désormais exclusivement disponibles en ligne chez EO. Ces axicons réflectifs génèrent des faisceaux de Bessel de haute qualité pour l'usinage du verre et d'autres applications laser de haute puissance. Leur conception unique, entièrement réflective, permet de maîtriser des énergies élevées et d'éliminer la dispersion chromatique, ce qui les rend compatibles avec les lasers femtoseconde ultra-rapides tels que les lasers Ti:saphir et dopé Yb.

www.edmundoptics.fr/cailabs

Caméras infrarouges pour la détection de fièvre

Optris a mis sur le marché un nouveau système basé sur l'actuelle version de la caméra infrarouge PI 450i qui a une résolution optique de 382 x 288 pixels. La caméra infrarouge PI 450i a une sensibilité thermique de 40 mK. Afin d'augmenter la précision absolue de la mesure de température, elle peut être associée à un émetteur de rayonnement de référence équipé d'un capteur de température interne de haute précision. Ce signal de référence est traité dans le logiciel PIX Connect pour obtenir ainsi une précision totale du système de ±0,5°C. Elle permet alors de mesurer la température de la surface du visage des personnes même quand celles-ci ne font que passer.



www.optris.fr/details/detection-de-fievre-avec-les-cameras-infrarouges-de-optris

Spectromètre FT-IR compact fibré



Le nouveau spectromètre Nanoquest est basé sur la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FT-IR). Sa bande spectrale est la plus large dans la gamme des détecteurs NIR à base de MEMS (de 1350 à 2500nm). Le Nanoquest est un système différent des spectromètres dispersifs que propose habituellement Ocean Insight. Il s'agit d'un interféromètre de Michelson monolithique sur une puce. Le miroir est activé par des MEMS. Une figure d'interférence entre les deux chemins optiques est collectée à l'aide

d'un détecteur InGaAs étendu. Une transformée de Fourier est appliquée pour obtenir les données spectrales. Fabricant : Ocean Insight - www.oceaninsight.com - Distributeur France : www.idil.fr

Annulaire UV pour la microscopie stéréo

Le nouvel annulaire UV SCHOTT® VisiLED pour stéréo-microscopie combine un éclairage à champ clair classique avec un éclairage UV.



Il s'agit du seul éclairage annulaire à segments sur le marché dans lequel la lumière blanche et les LED UV sont installées en alternance en huit segments. Cette disposition des LED permet d'examiner les objets sous le même angle d'éclairage, ce qui améliore considérablement la capacité de comparer et de reproduire les images résultantes. Le Contrôleur SCHOTT MC 1100 permet de passer facilement d'une méthode d'éclairage à l'autre. www.schott.com/lightingimaging/english/microscopy/products/visiled/ringlights.html

DÉSINFECTION UV HAUTE PERFORMANCE

L'appareil a la taille d'un projecteur portatif et émet 2,0 W_{Opt} de rayonnement UVC grâce aux puissances combinées de 25 LED germicides. Un réflecteur en forme de cône fournit un angle de faisceau de 55°.



Les LED UVC de Bolb contribuent à la lutte contre le virus Corona en Chine. L'Institut de microbiologie de Guangzhou a obtenu un facteur de réduction de Log4 (99,99 %) pour le coronavirus humain hCoV-229E à une distance d'un mètre et une durée d'irradiation de 60 secondes.

www.lasercomponents.com/fr/