

## Imagerie Optique par Analyse du Champ de Speckle & Applications

Aicha El Cheikh<sup>1</sup>, Hadi Loutfi<sup>1</sup>, Christelle Abou Nader<sup>1</sup>, Rana Nassif<sup>1</sup>, Fabrice Pellen<sup>2</sup>, Bernard Le Jeune<sup>2</sup>,  
Guy Le Brun<sup>2</sup>, Marie Abboud<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Université Saint Joseph, Département de Physique, UR TVA, LBRI, Faculté des Sciences, B.P. 11-514-Riad  
El Solh, Beyrouth 1107 2050, Liban*

[marie.abboud@usj.edu.lb](mailto:marie.abboud@usj.edu.lb)

<sup>2</sup> *Université de Bretagne Occidentale, UEB, EA 938 Laboratoire de Spectrométrie et Optique Laser, IBSAM,  
6 avenue le Gorgeu, C.S. 93837, 29238 Brest Cedex 3, France*

Le terme anglais de speckle, plus fréquemment employé que le terme français granularité, désigne une figure d'interférences aléatoires, observée lorsqu'un laser illumine un objet diffusant, et obtenue par transmission à travers un milieu diffusant ou par réflexion par une surface rugueuse. La distribution exacte d'intensité d'une figure de speckle est impossible à écrire, car il faudrait connaître parfaitement la géométrie de l'objet diffusant à l'échelle de la longueur d'onde. Mais il est possible de décrire ses propriétés statistiques, qui sont liées aux dimensions macroscopiques de l'objet, par des calculs d'optique de Fourier. Le calcul de la densité spectrale de puissance et la détermination de l'autocorrélation permettent d'obtenir la taille de grain de speckle. L'évolution temporelle du champ de speckle est également accessible en calculant le coefficient de corrélation temporelle ou en construisant la matrice THSP qui présente les variations d'intensité d'un même pixel dans une suite d'images de speckle.

L'analyse de champ de speckle permet d'accéder aux propriétés dynamiques et évolutives de diffusion et d'absorption de milieux homogènes. En effet, l'évolution des propriétés de diffusion du milieu induit des changements au niveau du champ de speckle en termes de taille et de dynamique des grains. De plus, coupler les informations de polarisation à celle du speckle permet de mettre en évidence les modifications structurelles du milieu étudié.

Dans nos travaux, nous nous sommes intéressés à diverses applications de l'imagerie optique par analyse du champ de speckle polarisé, afin :

- D'effectuer un diagnostic précoce de l'érosion dentaire ; les résultats des analyses speckle ont reflété un changement de structure de la surface des dents, au fur et à mesure de l'augmentation de la durée de l'attaque de l'émail dentaire par une boisson acide [1].
- De suivre le processus de maturation des fruits climactériques ; les résultats des analyses speckle ont permis la détection du pic climactérique caractérisant la maturité optimale des fruits [2,3].
- De mesurer la viscosité d'un fluide ; ces études fondamentales pourraient potentiellement avoir plusieurs retombées dans les domaines médical, alimentaire et industriel [4].
- De déterminer différentes géométries de cristaux protéiques utilisés comme biopesticides [5].

D'autres travaux, actuellement en cours, concernent le suivi de la cinétique de durcissement de matériaux de restauration dentaire, l'étude de leur vieillissement ainsi que le suivi en temps réel de culture cellulaire.

Compte tenu du caractère non destructif de l'imagerie par speckle, de sa facilité de mise en œuvre, ainsi que de son faible coût, nos travaux ouvrent la voie au développement d'un prototype expérimental portable, compact et fibré autorisant une métrologie ambulatoire et interprétable par des professionnels non spécialistes de l'optique.

1. Ch. Abou Nader, F. Pellen, H. Loutfi, R. Mansour, B. Le Jeune, G. Le Brun, and M. Abboud, *Early diagnosis of teeth erosion using Polarized Laser Speckle Imaging*, J. Biomed. Opt. 21(7), 07110301-07110306 (2016)
2. R. Nassif, F. Pellen, C. Magné, B. Le Jeune, G. Le Brun and M. Abboud, *Scattering through fruits during ripening: laser speckle technique correlated to biochemical and fluorescence measurements*, Opt. Express 20(21), 23887-23897 (2012)
3. R. Nassif, Ch. Abou Nader, Ch. Afif, F. Pellen, G. Le Brun, B. Le Jeune, and M. Abboud, *Detection of Golden apples climacteric peak by laser biospeckle measurements*, Appl. Optics 53(35), 8276-8282 (2014)
4. Ch. Abou Nader, F. Pellen, Ph. Roquefort, T. Aubry, B. Le Jeune, G. Le Brun, and M. Abboud, *Evaluation of low viscosity variations in fluids using temporal and spatial analysis of the speckle pattern* ; Opt. Letters 41 (11), 2521-2524 (2016)
5. R. Nassif, Ch. Abou Nader, J. Rahbani, F. Pellen, D. Salameh, R. Lteif, G. Le Brun, B. Le Jeune, M. Kallassy, M. Abboud, *Characterization of Bacillus thuringiensis parasporal crystals using laser speckle technique: effect of crystal concentration and dimension*, Appl. Optics 54(12), 3725-3731 (2015)