

## Microscopie hyperspectrale mono-pixel

Lisa Uguen<sup>1</sup>, Gaspard Russias<sup>1</sup>, Sofian Helmer<sup>1</sup>, Denis Tregoat<sup>1</sup>, Stephane Perrin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Biophotonics Group, Photonics Bretagne, 4 Rue Louis de Broglie, FR-22300 Lannion

sperrin@photonics-bretagne.com

L'imagerie hyperspectrale est une technique de mesure de la distribution spectrale continue d'un objet permettant d'en extraire des paramètres physiologiques ou des propriétés chimiques. Pour cela, de nombreuses méthodes ont été développées comme le balayage dans le domaine spatial et, plus récemment, la combinaison de l'imagerie mono-pixel avec la technique d'acquisition comprimée [1]. Cette méthode consiste à superposer une succession de motifs (*e.g.* Fourier ou Hadamard) de différentes fréquences à l'objet. Un spectromètre enregistre ensuite la série d'intensités spectrales moyennes sur le champ de vue de l'imageur pour en calculer l'hypercube via un algorithme de transformées inverses.

En 2024, cette méthode a été adaptée à la microscopie en réflexion [2]. Un objectif de microscope dirige le faisceau d'illumination structurée sur l'échantillon et collecte l'intensité rétro-réfléchi (Fig. 1(a)). Des hypercubes d'échantillons organiques (*e.g.* micro-algues *Ulva lactuca*, Fig. 1(b.i)) et de minéraux ont été reconstruits avec des résolutions spectrale de 2,1 nm et spatiale de 9,0  $\mu\text{m}$  dans le visible / proche infra-rouge. Un algorithme d'analyses statistiques a été implémenté pour identifier les réponses spectrales de zones d'intérêts (Fig. 1(b.ii)) à l'échelle micrométrique (*i.e.* segmentation et classification, Fig. 1(b.iii)).

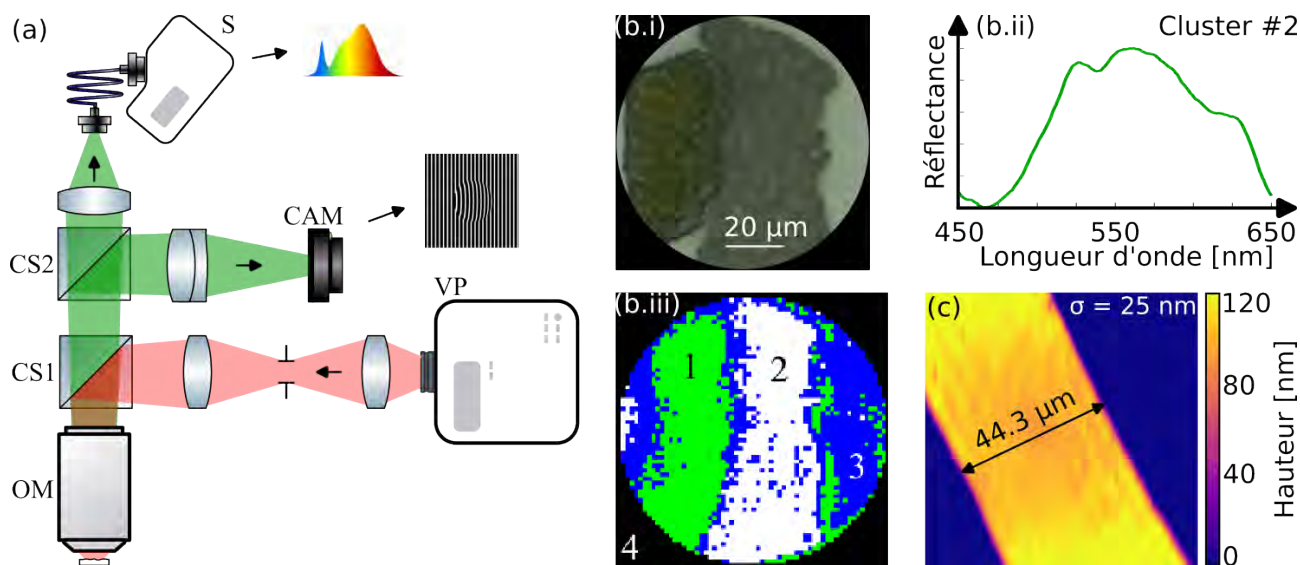


FIG. 1 : Schéma du montage du microscope hyperspectral. VP, vidéoprojecteur. CS, cube séparateur. OM, objectif de microscope. S, spectromètre. CAM, caméra. (b) Mesures de la réflectance et segmentation de micro-algues ayant des teneurs en azote différentes. Extraits de la Réf. [2]. (c) Mesure de topographie d'une mire de calibration.

Ces travaux sur la microscopie hyperspectrale seront présentés ainsi que les améliorations en cours dont la mesure en simultané de la distribution de hauteur des échantillons (Fig. 1(c)). La fonction de réflectivité bidirectionnelle sera alors quantifiée en considérant la topographie et le signal de réflectance.

### RÉFÉRENCES

- [1] M. Ribes, G. Russias, D. Tregoat, and A. Fournier, "Towards low-cost hyperspectral single-pixel imaging for plant phenotyping," *Sensors*, vol. 20, no. 4, p. 1132, 2020.
- [2] L. Uguen, R. Piedevache, G. Russias, S. Helmer, D. Tregoat, and S. Perrin, "Single-pixel-based hyperspectral microscopy," *Applied Physics Letters*, vol. 125, no. 7, 2024.