Stage de fin d'études :
Combinaison d'approches de suivi dynamique et de spectroscopie appliquées au suivi de stress hydrique chez les plantes

Pour suivre les effets de stress biotiques ou abiotiques sur les plantes, il est nécessaire d'employer des techniques non-destructives qui perturbent le moins possible leur fonctionnement. Parmi ces techniques, le « Laser Speckle Contrast Imaging » (LSCI) [Boas2010] se fonde sur le fait que les propriétés statistiques de la lumière diffusée par le milieu varient selon les propriétés de celui-ci, et donc potentiellement selon l'état de stress de la plante [Ebrahimi2023]. Sur les feuilles, cette technique met en évidence des dynamiques de diffusion différentes entre les nervures et le limbe (lien) ; et des indicateurs statistiques permettent de corréler les mesures avec l'état de stress de la plante [Ebrahimi2023, Colin2024]. L'équipe dans laquelle se déroulera ce stage travaille depuis plusieurs années sur le LSCI appliqué aux feuilles de différentes variétés de tournesol. Une thèse récemment effectuée a abouti à des indicateurs fortement corrélés avec l'état de stress hydrique des plants et avec la résistance des différentes variétés à ce stress [Bouzaouia2024]. Ces travaux sont prometteurs, mais l'origine physique et physiologique des résultats reste incomprise. Des mesures plus précises sont donc nécessaires afin de mieux comprendre les phénomènes sous-jacents menant à ces observations.

Dans ce contexte, ce stage consistera à mettre au point un système de LSCI plus stable et ponctuel (sans imagerie), pouvant être couplé à un spectromètre de fluorescence et Raman. L'enjeu sera notamment d'adapter au mieux le système au suivi dynamique de feuilles et de racines, en tenant compte des propriétés d'absorption et de diffusion de ces milieux. Les expériences seront réalisées sur milieux modèles et sur des plants à définir (tournesol, Centella Asiatica ou Aradopsis Thaliana). Ce stage comporte donc une partie expérimentale certaine, mais également du traitement de données, le tout en lien avec la physiologie végétale. Le ou la stagiaire pourra être amené à interagir avec une doctorante en physiologie végétale et un ingénieur utilisant un système de LCSI préexistant en serre.

Ce stage se déroulera à Montpellier, au sein de l'UMR ITAP, dans l'équipe COMiC (Capteurs Optiques pour les Milieux Complexes), spécialisée en optique et en traitement de données pour des applications agronomiques.

Profil : Bac +4/+5 (Master/Ingénieur) dans les domaines de l'optique, physique, instrumentation ou métrologie. Des notions de code sur Matlab ou Python seront appréciées, ainsi qu'un intérêt pour la physiologie végétale. Curiosité scientifique, rigueur, autonomie.

Durée : Stage d'une durée de 6 mois printemps-été 2025.

Indemnité de stage : Taux légal selon réglementation en vigueur (environ 600 €/mois). Accès à la cantine du campus avec tarif subventionné.

Contact : Pour renseignements ou candidature, envoyer un CV et une lettre de motivation à Camille Scotté (camille.scotte@inrae.fr). Adresse : Bâtiment 21, 2 Place Pierre Viala Campus La Gaillarde, 34000 Montpellier

6-month internship:
Combining dynamic and spectroscopic approaches
for plant water stress monitoring

To monitor the effects of biotic or abiotic stresses on plants, it is necessary to employ non-destructive and minimally invasive techniques. Among these techniques, Laser Speckle Contrast Imaging (LSCI) [Boas2010] uses the fact that the statistical properties of light scattered by a medium vary according to its properties, and therefore potentially according to the plant's stress [Ebrahimi2023]. On leaves, this technique highlights different scattering dynamics between the veins and the leaf blade (link) and statistical indicators enable the measurements to be correlated with the plant's stress state [Ebrahimi2023, Colin2024]. The team in which this internship will take place has been working for several years on LSCI applied to the leaves of various sunflower varieties. A recent thesis produced indicators strongly correlated with the water stress status of these plants, and the resistance of different varieties to this stress [Bouzaouia2024]. This work is promising, but the physical and physiological origins of the results remain unclear. More precise measurements are needed to better understand the underlying phenomena.

In this context, the aim of this internship will be to develop a more stable, point-based LSCI system, which can be coupled to a fluorescence and Raman spectrometer. Part of the work will be to design a system adapted to the dynamic monitoring of roots and leaves, taking into account the absorption and scattering properties of these media. Experiments will be carried out on standard samples and on plants to be defined (sunflower, Centella Asiatica or Aradopsis Thaliana). The internship will therefore involve both experimental work and data processing, in connection with plant physiology. The trainee will also interact with a PhD student in plant physiology and an engineer who will be using a pre-existing LCSI system in the greenhouse.

This internship will take place in Montpellier, within UMR ITAP, in the COMIC team (Optical sensors for complex media), specialized in optics and data processing for agronomic applications.

Profile: Master student in optics, physics, instrumentation, engineering or metrology. Basic knowledge in Matlab or Python would be appreciated, as well as an interest in plant physiology. Scientific curiosity, rigor, analytical skills, autonomy.

Duration: 6-month internship, spring-summer 2025.

Internship allowance: Legal rate according to current regulations (approx. 600 €/month). Access to the campus canteen.

Contact: For information or application, please send a CV and cover letter to Camille Scotté (camille.scotte@inrae.fr). Adress : Bâtiment 21, 2 Place Pierre Viala Campus La Gaillarde, 34000 Montpellier

REFERENCES

[Boas2010] Boas, David A., et Andrew K. Dunn. 2010. « Laser Speckle Contrast Imaging in Biomedical Optics ». *Journal of Biomedical Optics* 15 (1): 011109. https://doi.org/10.1117/1.3285504.

[Bouzaouia2024] Bouzaouia, Sherif, Maxime Ryckewaert, Daphné Héran, Arnaud Ducanchez, et Ryad Bendoula. 2024. « Using Dynamic Laser Speckle Imaging for Plant Breeding: A Case Study of Water Stress in Sunflowers ». Sensors 24 (16): 5260. https://doi.org/10.3390/s24165260

[Cardoso2011] Cardoso, Rafael Rodrigues, Anderson Gomide Costa, Cassia Marques Batista Nobre, et Roberto Alves Braga. 2011. « Frequency Signature of Water Activity by Biospeckle Laser ». Optics Communications 284 (8): 2131-36. https://doi.org/10.1016/j.optcom.2011.01.003.

[Colin2024] Colin, Elise, Enrique Garcia-Caurel, Karine Adeline, Aurélien Plyer, et Xavier Orlik. 2024. « Real-Time Observations of Leaf Vitality Extinction by Dynamic Speckle Imaging ». *Photonics* 11 (11): 1086. https://doi.org/10.3390/photonics11111086.

[Ebrahimi2023] Ebrahimi, Samira, Guillermo Moreno-Pescador, Staffan Persson, Liselotte Jauffred, et Poul Martin Bendix. 2023. « Label-Free Optical Interferometric Microscopy to Characterize Morphodynamics in Living Plants ». Frontiers in Plant Science 14 (mai):1156478. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1156478