

AVIS DE SOUTENANCE DE THÈSE

DOCTORAT (Arrêté du 26 août 2022 modifiant l'arrêté du 25 mai 2016)

Monsieur Léo BRECHET

candidat au diplôme de Doctorat de l'Université d'Angers, est autorisé à soutenir publiquement sa thèse

le 08/10/2026 à 09h00

IRHS

Bâtiment A

Salle du rez-de-chaussée

42, rue Georges Morel

49070 BEAUCOUZÉ

sur le sujet suivant :

Smart scanning pour la microscopie Brillouin

Directeur de thèse : **Monsieur David ROUSSEAU**

Composition du jury :

Monsieur Nizar BOUHLEL, Maître de Conférences Institut Agro Rennes-Angers, Co-encadrant

Monsieur Rémi GALLAND, Chargé de recherche HDR Université de Bordeaux, Rapporteur

Monsieur Matthieu LOUMAGNE, Maître de Conférences HDR Université d'Angers, Co-directeur

Monsieur David ROUSSEAU, Professeur des Universités Université d'Angers, Directeur de thèse

Monsieur Benoît RUFFLÉ, Professeur des Universités Université de Montpellier, Rapporteur

Madame Anne SENTENAC, Directrice de Recherche Institut Fresnel de Marseille, Examineur

Monsieur Emanuele PONTECORVO, PhD IIT Rome, Italie, Membre Invité

Résumé de la thèse

Cette thèse s'inscrit dans le contexte de l'accélération de la microscopie Brillouin point-à-point, une technique d'imagerie spectrale non invasive permettant de cartographier les propriétés mécaniques des matériaux biologiques. Malgré son fort potentiel en biomécanique et en imagerie cellulaire, cette modalité reste limitée par des temps d'acquisition élevés, dus à la faiblesse intrinsèque du signal Brillouin et à la nécessité d'un balayage spatial séquentiel. L'objectif de cette thèse est de développer des stratégies algorithmiques et théoriques permettant de réduire ces temps d'acquisition, contraintes de stabilité liées aux acquisitions multi-passes tout en préservant la qualité de l'information spectrale. Le travail repose sur le constat que les images hyperspectrales Brillouin présentent une forte redondance spectrale et spatiale. Une première contribution consiste à exploiter cette redondance au moyen d'un protocole d'acquisition « smart scan » en deux passes. Cette méthode combine une sélection de spectres essentiels dans l'espace des phaseurs de Fourier et une compression spatiale par superpixels, permettant de réduire significativement le nombre de spectres à acquérir à fort rapport signal sur bruit. Validée sur des données simulées réalistes, cette approche démontre la possibilité d'accélérer l'acquisition avec une faible dégradation de l'information spectrale. Dans un second temps, ce protocole est étendu à une stratégie adaptative en une seule passe, supprimant la nécessité d'un second balayage spatial. L'acquisition est pilotée en ligne par l'information spectrale acquise, et le temps d'exposition est ajusté dynamiquement pixel par pixel en fonction de la nouveauté spectrale observée dans l'espace des phaseurs. Cette approche s'affranchit des limitations d'une extension naturelle consiste à restreindre spatialement l'acquisition Brillouin aux régions d'intérêt de l'échantillon. Pour cela, la microscopie Brillouin est couplée à une modalité d'imagerie plein champ rapide, telle que la fluorescence ou le contraste de phase, utilisée pour guider l'acquisition. Cette imagerie auxiliaire permet d'identifier automatiquement les zones pertinentes et d'adresser sélectivement l'acquisition Brillouin, conduisant à des gains supplémentaires en temps d'acquisition. Enfin, ce travail propose une analyse théorique des limites fondamentales de ces stratégies adaptatives. À partir d'une dérivation analytique des bornes de Cramér-Rao pour l'estimation des paramètres spectraux Brillouin, les incertitudes sont propagées dans l'espace des phaseurs afin de prédire la géométrie et la séparabilité des clusters associés aux différents matériaux. Ce cadre permet de définir un temps d'exposition critique garantissant une classification fiable et d'établir un lien rigoureux entre estimation statistique, géométrie des phaseurs et contrôle adaptatif de l'acquisition. Les contributions de cette thèse ouvrent des perspectives importantes pour l'imagerie Brillouin rapide, notamment en vue d'une intégration temps réel, d'extensions à d'autres modalités spectrales et d'applications à l'imagerie dynamique in vivo. Une implémentation des algorithmes a été réalisée dans le cadre du projet européen IVBM4PAP sur un microscope commercial de la société CRESTOPICS.