

DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **10 octobre 2025**

Nom de famille et prénom de l'auteur. e : **Madame Lucie VOVARD**

Titre de la thèse : Diffusion Brillouin appliquée à l'étude de l'encombrement moléculaire au sein des cellules

Résumé



Comprendre les propriétés physiques de la matière biologique constitue un défi central de la biophysique. Dans cette thèse, nous explorons l'apport de la microscopie Brillouin (BLS), une technique optique non invasive et sans marquage, pour sonder les propriétés acoustiques des cellules vivantes. La diffusion Brillouin mesure le décalage de fréquence et l'élargissement des pics Brillouin, directement liés respectivement à la vitesse du son et à l'atténuation acoustique dans l'échantillon. Toutefois, ces grandeurs sont acoustiques et dépendent donc de la dynamique de l'échantillon : leur interprétation nécessite un cadre rhéologique explicite. Après avoir caractérisé un système expérimental de microscopie Brillouin en 3D, nous démontrons que les mesures BLS sont sensibles à la concentration moléculaire intracellulaire, notamment via des chocs osmotiques modulant le volume cellulaire. Nous combinons les résultats BLS à des mesures indépendantes de volumes cellulaires et nucléaires par microscopie à exclusion de fluorescence, ainsi qu'à des mesures de diffusion de nanoparticules. Ce couplage permet de comparer les paramètres acoustiques à des propriétés physiques telles que la viscosité et la densité macroscopique. Nous interprétons les données via deux cadres théoriques issus de la physique des matériaux mous : les lois de mélange et la théorie de la poroélasticité, qui modélise les interactions entre une matrice solide et un fluide interstitiel. Nos résultats montrent que ni les lois de mélange seules, ni les interprétations purement mécaniques ne suffisent à expliquer les signaux mesurés. Au contraire, la prise en compte conjointe du décalage et de la largeur du pic Brillouin, interprétés dans un cadre poroélastique, offre une lecture plus cohérente des propriétés acoustiques des cellules. Cette thèse contribue ainsi à repositionner la microscopie Brillouin comme outil acoustique quantitatif et physiquement fondé pour l'étude des matériaux biologiques vivants, en intégrant une réflexion critique sur son interprétation mécanique. Ce travail montre l'importance de la dissipation poroélastique qui semble intimement liée à la structure du noyau.

Mots-clés : encombrement moléculaire, Diffusion Brillouin, cellules