



Ph.D Position in Ultrasound Imaging

INNOVAN - INNOVations in elastography to quantify Viscosity and ANisotropy of muscle

BIOMAPS – Université Paris-Saclay, CNRS, INSERM, CEA

Location: CEA SHFJ 4 Place du Gal Leclerc 91401 Orsay and Neurospin CEA Saclay 91191 Gif/Yvette

Opening: January 2020 funded by an ANR Tecsan Grant for 3 years.

Partners of the project: Dr. Jean-Luc Gennisson (jean-luc.gennisson@u-psud.fr, BIOMAPS), Pr. Antoine Nordez (Motricité, Interactions, Performance – MIP, Nantes), Pr. Yann Péréon (Hôpital de Nantes), Dr. Jeremy Bercoff (Supersonic Imagine – Aix en Provence)

Contacts: Applicants interested in this project can send a CV, motivation letter, and eventually recommendation letters to Jean-Luc Gennisson

BIOMAPS, Université Paris-Saclay, CNRS, INSERM, CEA
SHFJ, 4 place du général Leclerc, 91401 ORSAY
Tel : 01 69 86 78 67, jean-Luc.gennisson@u-psud.fr

Subject:

Development of ultrafast ultrasound tools for muscular biomechanics. Real-time characterization of the muscle's mechanical properties (elasticity, viscosity, anisotropy, elastic non-linearity) for clinical and sports applications.

Project:

Ultrasonic Shear Wave Elastography (SWE) has become popular in the basic and clinical sciences. Taking advantage of innovative ultrafast ultrasound technology, this technique provides an accurate measurement of the localized mechanical properties of biological tissues based on the measurement of shear wave velocity. SWE has demonstrated a potential for the diagnosis of various pathologies in which tissue stiffness is impaired, such as breast cancer or liver fibrosis. However, currently marketed techniques have been developed for organs considered as isotropic and purely elastic. For anisotropic and viscoelastic tissues, such as muscles, SWE has two main disadvantages that limit its applications.

First, 2D SWE measurements characterize the elasticity in a direction of space in the imaging plane and are therefore not sufficient to describe the 3D behavior of an organ. Therefore, it is crucial to develop a measurement technique in 3D space to account for muscle anisotropy. This is especially important when assessing pennate muscles as the fibers move in 3D space during contractions and stretching. Second, it is assumed that muscle viscosity plays a key role in the shock absorption capabilities of the human body. Despite being logical, this hypothesis has not yet been tested, mainly because of the lack of experimental techniques for measuring viscous behavior in vivo. As a result, the ability to measure muscle viscosity is essential to better understand muscle function and improve clinical practice and even sports performance.

Therefore, the first goal is to innovate by providing an accurate measure of muscle anisotropy and viscosity. The second objective is to validate 3D SWE measurements at rest by comparing with the technique of magnetic resonance elastography and diffusion tensor imaging. The third objective is to use the final product for clinical applications (Implementation of ultrasound sequences developed in a clinical ultra-rapid ultrasound system). Two relevant applications in the fields of sports medicine (muscular lesions with the University of Nantes) and medicine (Duchenne muscular dystrophy with the University Hospital of Nantes) will be studied.

This project will be carried out in collaboration with the company Supersonic Imagine, which develops and markets a clinical ultra-fast ultrasound system that allows real-time access to the elasticity of biological tissues. In order to reinforce this asset and to complete its field of characterization of cancerous pathologies, the development of tools capable of measuring mechanical properties other than elasticity is necessary.



Profile:

This subject is multidisciplinary, it touches different subjects of physics and engineering: wave physics, biomedical imaging, rheology, biomechanics. It will require that the student master the physics of ultrasound imaging and he will acquire the basics of MRI. Motivation, the desire to learn and to deepen will be important assets. A computer knowledge in terms of programming is necessary (Matlab, C ++, Python).



Thématique :

Développement d'outils échographiques ultrarapides pour la biomécanique musculaire. Caractérisation temps-réel des propriétés mécaniques du muscle (élasticité, viscosité, anisotropie, non linéarité élastique) pour des applications cliniques et sportives.

Projet :

L'élastographie ultrasonore par ondes de cisaillement (SWE) est devenue populaire dans les sciences fondamentales et cliniques. Tirant parti d'une technologie échographie ultrarapide innovante, cette technique fournit une mesure précise des propriétés mécaniques localisées des tissus biologiques en se basant sur la mesure de la vitesse des ondes de cisaillement. SWE a démontré un potentiel pour le diagnostic de diverses pathologies dans lesquelles la raideur des tissus est altérée, comme le cancer du sein ou la fibrose hépatique. Cependant, les techniques actuellement commercialisées ont été développées pour les organes considérés comme élastiques isotropes. Pour les tissus anisotropes et viscoélastiques, tels que les muscles, le SWE présente deux inconvénients principaux qui limitent ses applications.

Premièrement, les mesures 2D SWE caractérisent l'élasticité dans une direction de l'espace dans le plan d'imagerie et ne sont donc pas suffisantes pour décrire le comportement 3D d'un organe. Par conséquent, il est crucial de développer une technique de mesure dans l'espace 3D pour tenir compte de l'anisotropie musculaire. Ceci est particulièrement important lors de l'évaluation des muscles pennés, car les fibres se déplacent dans l'espace 3D pendant les contractions et les étirements. Deuxièmement, il est supposé que la viscosité musculaire joue un rôle clé dans les capacités d'absorption des chocs du corps humain. En dépit d'être logique, cette hypothèse n'a pas encore été testée, principalement en raison du manque de techniques expérimentales pour mesurer le comportement visqueux *in vivo*. De ce fait la capacité de mesurer la viscosité musculaire est essentielle pour mieux comprendre la fonction musculaire et améliorer la pratique clinique voire les performances sportives.

Par conséquent, le premier objectif est d'innover en fournissant une mesure précise de l'anisotropie musculaire et de la viscosité. Le second objectif est de valider les mesures 3D SWE au repos en comparant avec la technique d'élastographie par résonance magnétique et l'imagerie par tenseur de diffusion. Le troisième objectif est d'utiliser le produit final pour des applications cliniques (Implémentation des séquences ultrasonores développées dans un échographe ultrarapide clinique). Deux applications pertinentes dans les domaines de la médecine du sport (lésions musculaires avec l'Université de Nantes) et de la médecine (dystrophie musculaire de Duchenne avec le CHU de Nantes) seront étudiées.

Ce projet sera porté en collaboration avec la société Supersonic Imagine, qui développe et commercialise un échographe ultrarapide clinique qui permet d'avoir accès en temps-réel à l'élasticité des tissus biologiques. Afin de renforcer cet atout et de compléter son champ de caractérisation des pathologies cancéreuses, le développement d'outils capable de mesurer des propriétés mécaniques autres que l'élasticité est nécessaire.

Profil :

Ce sujet est multidisciplinaire, il touche différents sujets de la physique et de l'ingénierie : physique des ondes, imagerie biomédicale, rhéologie, biomécanique. Il nécessitera que l'étudiant maîtrise la physique de l'imagerie échographique et il acquerra les bases de l'IRM. La motivation, l'envie d'apprendre et d'approfondir seront des atouts non négligeables. Une connaissance informatique en termes de programmation est nécessaire (Matlab, C++, Python).