Stage/Internship proposal

“Exploration de l’élasticité locale de matériaux mous avec une pince acoustique” (English Bellow)

Mots Clés : *Pinces acoustiques**,** dynamique des bulles, matière molle, biomédecine.*

La caractérisation mécanique de matériaux solides mous (forte déformation en réponse à une contrainte faible) joue un rôle central pour des études fondamentales et appliquées en physique et ingénierie. Par exemple, le développement de nouveaux dispositifs pour des applications industrielles et biomédicales (adhésifs, pansements à base d’hydrogels, lentilles ophtalmologiques, …) repose sur la connaissance et le contrôle des propriétés élastiques de divers matériaux mous. D’un point de vu fondamental, évaluer l’élasticité d’un milieu cellulaire en développement et de son environnement est devenu aujourd’hui crucial pour comprendre l’émergence de la forme et de la fonction de tissus composant un organe ou un organisme dans son ensemble. Un frein actuel aux progrès de nos connaissances dans ce domaine provient en partie de l'absence de techniques adaptées à la mesure locale, en trois-dimensions et éventuellement *in vivo* de l’élasticité de matériaux mous et de systèmes biologiques. C'est dans l’objectif de développer une nouvelle méthode d’évaluation mécanique que ce travail de stage, qui pourra être poursuivi en thèse, est proposé. Le projet repose sur le récent dispositif de « pinces acoustiques », qui permet d’exercer des forces dans les trois directions de l’espace sur un objet et sans contact. Par des simples expériences de traction/déformation effectués avec cette pince, nous explorons la capacité de cet outil dynamométrique à interroger l’élasticité de tissus modèles simples. A plus long terme, la perspective d’obtenir une mesure rhéologique locale et non-invasive, basée uniquement sur l’utilisation d’ondes ultrasonores, permet entre-autres d’envisager l’étude de systèmes cellulaires larges, épais et optiquement opaques, pour lesquels la microscopie *in vivo* et l’évaluation mécanique demeurent impossibles.

Projet :

L’étudiant(e) utilisera le dispositif de « pince acoustique » mis au point au laboratoire en combinaison avec une visualisation microscopique rapide (caméra rapide) et un dispositif d’échographie acoustique, pour observer la déformation locale de tissus modèles en réponse à une contrainte ultrasonore imposée. Les tissus modèles seront composés essentiellement d’hydrogels à rhéologie accordable (à base d’agarose ou gélatine). En établissant un protocole de calibration de la contrainte acoustique exercée, mais aussi pour l’analyse des images optiques et acoustiques obtenus pour la déformation, des lois de comportement rhéologique (de type Maxwell ou Kelvin-Voigt) seront recherchées et pourront être comparées aux observations expérimentales des déformations.

Compétences développées :

- Mesures/imagerie ultrasonores

- Microscopie rapide (caméra rapide)
- Analyse d'images (Python/Matlab)
- Elasticité/rhéologie
- Présentation orale de résultats scientifiques.

Lieu et candidature :

Ce projet de 5 à 6 mois sera mené à l'Institut de Mécanique et d'Ingénierie à Bordeaux. Les candidat(e) motivé(e)s peuvent contacter directement Diego Baresch par courriel (diego.baresch@u-bordeaux.fr) en joignant **un CV et un bref résumé de leur cursus et intérêts scientifiques. La date de début de stage est fixée à Février 2022.**

Poursuite en thèse :

Il est souhaité que le/la candidat(e) puisse poursuivre en thèse. Un financement est d'ores et déjà prévu.

«Probing the local elasticity of soft matter with acoustical tweezers»

Keywords: *Acoustical tweezers, bubble dynamics, soft matter mechanics, biomedicine*

The mechanical evaluation of soft matter (highly deformable in response to low stress) plays an important role in engineering and fundamental and applied research. For example, the design of new devices for biomedical and industrial applications (tissue adhesive tapes, hydrogels or contact lenses) relies on the characterization and control of the elasticity of various soft materials. From a more fundamental point of view, there is growing evidence that the mechanical behaviour of cellular systems and their environment is crucial to the understanding of physical laws dictating the emergence of form and function in tissues that compose organs and whole organisms. Our limited progress in some of these areas can partly be explained by the lack of suited methods to accurately perform local measurements, in three dimensions, and eventually in vivo of the elasticity of soft materials and biological systems. It is the goal of this project to explore the suitability of acoustically generated forces to actively probe the local rheology of soft matter systems. We will exploit the recent development of acoustical tweezers that allow applying forces in 3D on isolated objects without physical contact. By performing simple pulling/deformation essays, we will assess the capacity of acoustical tweezers to assess the elasticity of simple, yet useful, soft matter model systems. The long-term perspective of assessing mechanical properties using solely ultrasound opens important perspectives for investigations that involve large, thick and optically opaque developing organisms for which live optical imaging and mechanical evaluation have remained impossible.

Project:

The intern will use the new acoustical tweezers setup of our lab in combination with high-speed microscopy and ultrasonic field measurements (fibre optic hydrophone and ultrasonic imaging) to

observe and characterize the deformation of model soft matter systems (essentially polymeric gels and hydrogels) in response to an applied acoustic stress. By establishing a clear protocol for the calibration of the applied force and the observation of the resulting deformation, constitutive laws will be proposed for the soft matter systems. The results will be compared to existing models of viscoelasticity (Maxwell and Kelvin-Voigt models).

Developed skills:

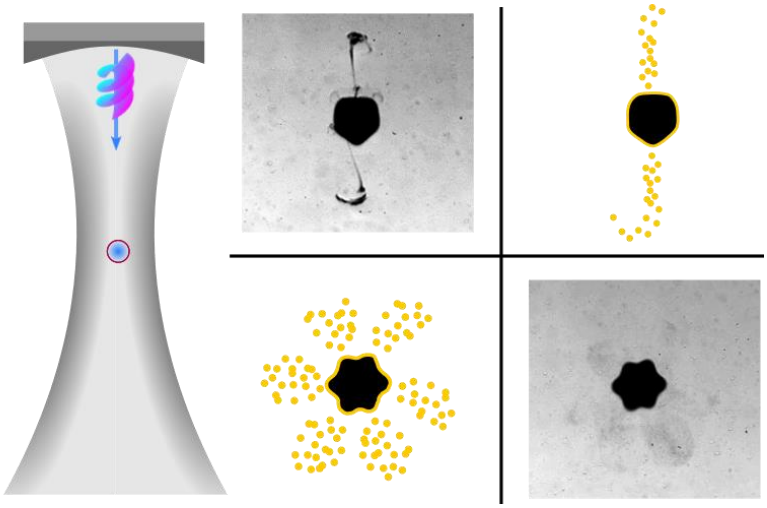
- Ultrasonic measurements/imaging
- High speed microscopy (high speed camera)
- Image analysis (Python/Matlab)
- Elasticity measurements

Location & Application:

Motivated students should directly contact Diego Baresch by email (diego.baresch@u-bordeaux.fr) attaching a CV and a **brief description of their background and interest**. The 5 to **6-month project** will take place in the Physical Acoustics group of the Department of Mechanical engineering (I2M), Université de Bordeaux. **The starting date is set to February 2022.**

PhD application:

This project is likely to be followed by a proposal for PhD applications.



Sketch of an acoustical tweezers device and its recent application to control individual microbubbles (https://www.pnas.org/content/117/27/15490.short).