

OFFRE DE STAGE DE MASTER RECHERCHE

Titre: Modélisation numérique de la propagation d'ondes de cisaillement dans les tissus biologiques

Domaine : Calcul scientifique, mécanique numérique

Nom du laboratoire : ICUBE, Université de Strasbourg

Equipes de recherche : Matériaux Multi-échelles et Biomécanique (MMB)
Automatique Vision et Robotique (AVR)

Encadrants : I. Charpentier, M. Bilasse & S. Chatelin, ICUBE, CNRS Université de Strasbourg

Description du stage

L'élastographie par résonance magnétique [1, 2] est une technique de palpation virtuelle permettant une investigation qualitative in vivo des propriétés mécaniques des organes chez les patients. Elle se subdivise en 3 étapes : (a) l'application d'une excitation mécanique sur l'organe en vue de générer des ondes de cisaillement (b) l'encodage du champ de déplacement résultant par des techniques d'imagerie (c) la reconstruction des propriétés mécaniques de l'organe à l'aide des méthodes d'identification. Dans nos récents travaux [3, 4], un modèle élément fini 2D a été utilisé dans le cadre des petites déformations pour modéliser la propagation d'ondes de cisaillement dans les tissus biologiques à l'aide de lois de comportement viscoélastique. Dans le protocole d'élastographie, la pose d'un excitateur mécanique soumet l'organe à une précontrainte de compression et le modèle initialement proposé ne tient pas compte ni de cette précontrainte et ni du comportement hyper élastique des tissus biologiques étudiés.

L'objectif du présent projet est de développer un modèle direct de propagation d'ondes de cisaillement dans les tissus biologiques précontraints en compression et soumis à une excitation harmonique. Le modèle de propagation d'ondes sera formulé en petites déformations en utilisant une loi de comportement hyper élastique de type Mooney-Rivlin, Néo-Hookéen ou Ogden [5]. Des éléments finis de type 3D seront utilisés pour la discrétisation spatiale sur une géométrie simplifiée d'organe. Le modèle sera implémenté dans un code numérique permettant le calcul des champs de déplacement dans l'organe résultant de la précontrainte et des sollicitations harmoniques. L'influence des différents niveaux de précontraintes sur le propagation d'ondes dans les tissus sera étudiée. Les résultats numériques obtenus seront validés par des mesures expérimentales effectuées sur des gels fantômes.

Mots-clés :

Elastographie par Résonance Magnétique, éléments finis, ondes de cisaillement, petite déformation, milieu précontraint, lois de comportement, hyper élasticité.

Profil recherché :

Le candidat idéalement en Master de spécialité mécanique des matériaux ou des structures devra posséder des bonnes connaissances en méthode des éléments finis et en mécanique des vibrations. Il devra aussi avoir une bonne connaissance de l'implémentation de lois de comportement et la mise en œuvre de méthodes numériques de résolution des problèmes de structures. Des compétences en calcul analytique, numérique ainsi qu'en programmation sous Fortran et/ou Matlab sont nécessaires. Le stage d'une durée de 5 mois débutera au 1^{er} février 2018.

Candidature :

Les candidatures comprenant un CV et une lettre de motivation sont à envoyer à Isabelle Charpentier (charpentier@unistra.fr) ou à Massamaesso BILASSE (bilasse@unistra.fr) au plus tard le 25 janvier 2018. Le candidat recruté effectuera son stage au sein de l'équipe MMB du laboratoire ICube sis à l'Institut de Mécanique des Fluides et des Solides, 2 Rue Boussingault, 67000 Strasbourg.

Bibliographie

- [1] N. Corbin, J. Vappou, É. Breton, Q. Boehler, L. Barbé, P. Renaud, M. de Mathelin. Interventional MR elastography for MRI-guided percutaneous procedures, *Magnetic Resonance in Medicine*, (2015), pp. 1522-2594
- [2] R. Muthupillai, D.J. Lomas, P.J. Rossman, J.F. Greenleaf, A. Manduca, R.L. Ehman, Magnetic resonance elastography by direct visualization of propagating acoustic strain waves. *Science* 29, 269(5232), (1995), pp.1854-1857
- [3] M. Billasse, S. Chatelin, G. Altmeyer, J. Vappou & I. Charpentier, A 2D FEM for shear wave modelling applied to soft tissues, International Conference of Engineering Mechanics Institute, Metz, 25-27 October 2016
- [4] M. Billasse, S. Chatelin, G. Altmeyer, A. Marouf, J. Vappou & I. Charpentier, A 2D-finite element model for shear wave propagation in biological soft tissues: application to Magnetic Resonance Elastography, (2017), under review *Journal of the Mechanical Behaviour of Biomedical Materials*
- [5] Marchesseau, S., Chatelin, S., Delingette, H., "Non-linear Biomechanical Model of the Liver", *Biomechanics of Living Organs* (Chap 10), Ed. Y. Payan, J. Ohayon, Aca. Press, Elsevier