

A fournir au format WORD exclusivement

Titre : Elastographie quantitative en temps réel par holographie numérique

Directeur(s) de Thèse : Sylvain Gioux (à confirmer), co-encadrant : Amir Nahas

Unités d'Accueils : ICube

Établissement de rattachement : Université de Strasbourg

Collaborations :

- Stefan Catheline, LabTau, Lyon (élastographie acoustique et élastographie passive)
- Simon Chatelin, ICUBE, Strasbourg (élastographie IRM et fabrication d'échantillons tests multimodaux)

Rattachement à un programme : Projet Idex Attractivité (Amir Nahas) : « *Elastographie, angiographie et tomographie 3D par holographie numérique pour l'imagerie interventionnelle en temps réel* »

Résumé:

La thèse vise à développer une nouvelle méthode d'élastographie basée sur l'holographie numérique permettant la mesure des propriétés mécaniques des milieux biologiques en temps réel et sans contact.

En échographie ultrasonore, le contraste d'élastographie quantitative est devenu une modalité incontournable permettant l'observation en temps réel de la rigidité des tissus. En effet, les propriétés mécaniques des cellules et des tissus sont reliées à leur structure et leurs fonctions. Ainsi, un changement de ces propriétés peut refléter certaines pathologies et l'état de santé cellulaire. Malgré son succès et sa pertinence clinique, l'élastographie est encore peu utilisée durant les procédures chirurgicales notamment car l'échographie ultrasonore nécessite d'être en contact avec le patient.

C'est pour surmonter ces limitations que nous développons actuellement dans notre équipe l'élastographie par holographie numérique, qui est une méthode en temps réel, peu encombrante et sans contact. Cette méthode est actuellement l'une des plus prometteuses pour amener l'élastographie dans le bloc opératoire.

L'objectif est de fournir au chirurgien un instrument lui permettant durant les chirurgies, de connaître en temps réel et de manière quantitative la rigidité des tissus qu'il observe. Le projet débutera par l'amélioration du système actuellement développé afin de permettre la mesure des propriétés mécaniques *in vivo*. Une version portable sera ensuite développée pour des tests précliniques.

Descriptif du sujet (en complément, au format Word ou pdf)

Positionnement par rapport à l'état de l'art :

Le développement de l'élastographie pour l'imagerie interventionnelle par des méthodes optiques est actuellement un domaine de recherche très actif notamment en OCT.

Actuellement, l'une des principales limitations au transfert clinique de ce type de techniques est la nécessité de d'avoir une source d'ondes de cisaillement contrôlées et parfaitement synchronisées avec le système optique.

L'élastographie passive basée sur le retournement temporel des vibrations naturelles a été introduite en imagerie biomédicale par Stefan Catheline et son équipe (collaborateur de ce projet). Cette approche passive permet de s'affranchir de la nécessité d'une source d'onde de cisaillement parfaitement contrôlée et se positionne ainsi comme l'une des méthodes d'élastographie optique les plus prometteuses pour un transfert vers le domaine clinique.

À notre connaissance, ce sera la première fois que l'holographie numérique et l'élastographie passive seront couplés. L'ajout de ce nouveau contraste et la combinaison avec l'imagerie du débit sanguin (développé en parallèle dans notre équipe) augmenteront l'impact de cette technique et fourniront au chirurgien un nouvel outil puissant pour le guidage, le diagnostic et la détection des marges tumorales.

[1] Kennedy, B. F., et al. *"The emergence of optical elastography in biomedicine."* Nature Photonics 11.4 (2017).

[2] Tanter, M., et al. *"Quantitative assessment of breast lesion viscoelasticity: initial clinical results using supersonic shear imaging."* Ultrasound in medicine & biology 34.9 (2008).

[3] Nahas, A., et al. *"From supersonic shear wave imaging to full-field optical coherence shear wave elastography."* Journal of biomedical optics 18.12 (2013).

[4] Gallot, T., et al. *"Passive elastography: shear-wave tomography from physiological-noise correlation in soft tissues."* IEEE 58.6 (2011).

[5] Chauvet, D., et al. *"In vivo measurement of brain tumor elasticity using intraoperative shear wave elastography."* Ultraschall in der Medizin-European Journal of Ultrasound 37.06 (2016).

[6] Evans, A., et al. *"Differentiating benign from malignant solid breast masses: value of shear wave elastography according to lesion stiffness combined with greyscale ultrasound according to BI-RADS classification."* British journal of cancer 107.2 (2012).

[7] Atlan, M., et al. *"Frequency-domain wide-field laser Doppler in vivo imaging."* Optics letters 31.18 (2006).

Résultats attendus publiables la première année :

- Preuve de concept du couplage holographie numérique et élastographie passive et active
- Mesure *in vivo* des propriétés mécaniques

Moyens à disposition ou nécessaires (équipements, logiciels) :

Le financement Idex d'Amir Nahas (50k€ d'équipement) permettra de soutenir ce projet. De plus, les moyens suivant seront à disposition :

- Composant optomécanique, optique et de détection (camera rapide)
- Station de calcul GPU

- Logiciel d'acquisition et de reconstruction temps réel des hologrammes
- Algorithme d'estimation des propriétés mécaniques quantitatives

Cohérence et liens possibles avec les autres travaux menés :

Cohérence au niveau de l'équipe : Ce projet de thèse s'inscrit directement dans la continuité des travaux de recherche de Amir Nahas qui travaille au développement d'un système d'imagerie multimodale (optique, élastique et de flux sanguin) basé sur l'holographie numérique pour l'imagerie interventionnelle. Amir Nahas a 8 publications internationales et 128 citations sur des sujets reliés à ce projet de thèse.

Par ailleurs, les développements effectués au cours de ce projet viendront compléter le panel de techniques actuellement en cours de développement au sein du thème instrumentation photonique pour la santé :

- La fluorescence quantitative et la mesure plein champ des propriétés optiques (Sylvain Gioux et Murielle Torregrossa)
- L'OCT endoscopique (Michalina Gora).

De plus, des interactions avec le thème microscopie multimodale de l'équipe sont à envisager. En effet, les développements qui seront effectués afin d'ajouter le contraste d'élastographie quantitative à l'holographie numérique peuvent être transposé à la microscopie 4D et l'approche de superrésolution assisté par microbille semble être une piste intéressante à discuter pour l'étude à très haute résolution des propriétés mécaniques de la cellule.

Cohérence au niveau du laboratoire :

- Interaction possible avec l'équipe MMB sur la mesure des propriétés mécaniques des tissus biologiques
- Collaboration prévu avec l'équipe AVR (notamment Simon Chatelin) sur l'utilisation de l'approche d'élastographie haute résolution qui sera développé au cours de ce projet de thèse en complément des méthodes d'élastographie par IRM et Echographie acoustique qui sont développés au sein de l'équipe AVR dans le but d'étudier le caractère multi-échelle des propriétés mécaniques des tissus biologiques.