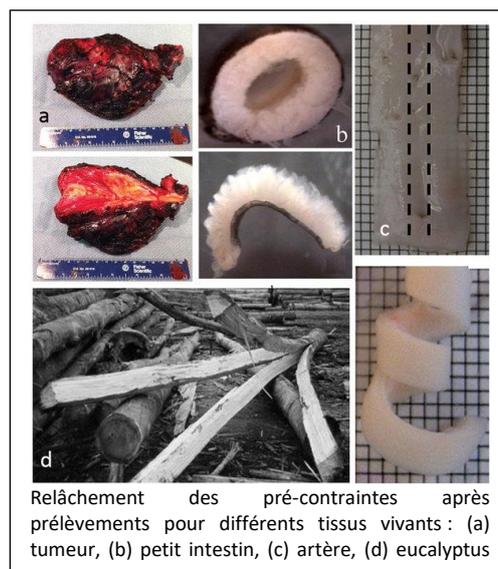


## PROPOSITION DE SUJET DE THÈSE

Laboratoire de rattachement	LBMC, Univ. Gustave Eiffel –Univ. Claude Bernard Lyon
Titre de la thèse en français	Ondes et élasticité de la peau: quantification <i>in vivo</i> des pré-tensions de la peau
Titre de la thèse en anglais	
Localisation principale (et secondaire, si besoin, avec temps passés)	LBMC Bron ( <a href="https://www.lbmc.ifsttar.fr/">https://www.lbmc.ifsttar.fr/</a> )
Ecole doctorale (prévision)	
Etablissement d'inscription (prévision)	Université Gustave Eiffel ( <a href="https://www.univ-gustave-eiffel.fr/">https://www.univ-gustave-eiffel.fr/</a> )
Directrice et co-directrice prévues avec statut et affiliation	Directrice de thèse: Karine BRUYERE, Directeur de Recherche <a href="mailto:karine.bruyere@ifsttar.fr">karine.bruyere@ifsttar.fr</a> Encadrante: Mélanie OTTENIO, Maître de Conférences, Université Lyon 1 <a href="mailto:melanie.ottenio@ifsttar.fr">melanie.ottenio@ifsttar.fr</a> , 04 72 14 23 85
Financement prévu	Contrat doctoral Université Gustave Eiffel
Employeur du doctorant	Université Gustave Eiffel
Commentaires	Début de these: Septembre 2021

### Contexte:

Le développement de modèles numériques de corps humains offre un grand potentiel sur la prédiction de lésions. Certains modèles permettent aujourd'hui d'évaluer le risque de blessures suite à un choc violent, tel un accident de la route, ce qui aide à la conception de nouveaux systèmes de protection. Néanmoins, ces modèles utilisent des propriétés matériaux issus de tests sur échantillons isolés, pour lesquels la prise en compte des déformations et contraintes naturelles existant dans tous types de tissus biologiques est ignorée. Ce paramètre clé n'est pas facile à quantifier, excepté de manière destructive en prélevant un échantillon et en observant ses dimensions une fois les contraintes résiduelles relâchées. **Cet état de pré-déformation / pré-contrainte des tissus biologiques peut être relativement important et doit être inclus dans les modèles numériques.** Si on peut le mesurer, on peut sans doute faire progresser les modèles humains destinés à la prédiction de lésions. De manière plus générale, la quantification de ce paramètre a un impact sur tous champs d'applications pour lesquels les propriétés matériaux influent sur la réponse du système (des modèles d'estimation de tensions générées par des sutures chirurgicales ou bien des modèles de simulation de croissance de tumeurs par exemple) . Une méthode expérimentale qui serait non invasive et permettant la quantification de l'état de pré-contrainte dans les tissus biologiques, est donc d'un grand intérêt pour améliorer les modèles numériques humains et particulièrement pour améliorer la confiance de leurs prédictions sur les niveaux de déformations atteints et/ou sur les risques de lésions effectifs et ce, pour n'importe quel type de chargement.



### Problématique:

Encore très souvent, pour caractériser les propriétés mécaniques d'un tissu du corps humain, les chercheurs en prélèvent un échantillon; le testent en suivant des procédures standards (essais en traction, cisaillement...) et intègrent ensuite ces informations dans le modèle numérique. En procédant de la sorte, ils s'affranchissent de l'état de pré-tension dans lequel se trouvait le tissu sur le corps. Sans cette donnée capitale dans le modèle, impossible alors de prédire le degré de rétractation de la peau suite à une coupure ou une incision par exemple. Si un grand nombre d'études s'accordent sur l'importance de prendre en considération ces pré-contraintes/pré-déformations des tissus pour améliorer la prédiction des modèles ([1],[2]), il est surprenant de constater la grande difficulté rencontrée pour les mesurer correctement.

A notre connaissance, aucune méthode n'a encore été appliquée pour mesurer avec efficacité ce niveau de pré-déformation des tissus du corps humain sans l'endommager. Le challenge de la thèse consiste à relever ce défi.

## Méthodologie

On se propose d'investiguer autour de la théorie de l'acousto-élasticité [3]. Le principe de base repose sur la relation existant entre vitesse d'ondes se propageant dans le milieu et propriétés du milieu traversé.

Le travail de thèse tâchera d'adapter cette technique au cas de la peau, membrane conjonctive fibreuse superficielle dont les lignes de tension naturelle sont connues depuis le XIX<sup>ème</sup> siècle [4] mais sans quantification *in vivo* jusqu'ici.

La thèse débutera par un état de l'art concernant à la fois :

- les techniques actuelles d'évaluation des pré-contraintes/pré-déformations dans les tissus biologiques mous ;
- la théorie de l'acousto-élasticité ;
- les techniques de propagation d'ondes sur le corps humain.

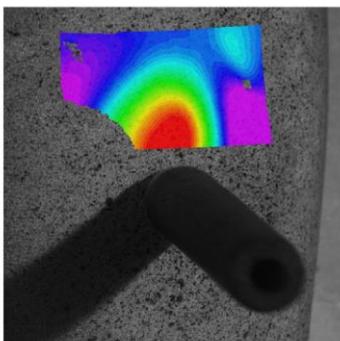
Ensuite, après sélection d'une technique de propagation des ondes pouvant être appliquée *in vivo*, la thèse suivra les trois objectifs de recherche suivants :

- Application de l'effet acousto-élastique sur des échantillons de peau pré-tendus *ex vivo*. Ici, les ondes de surface se propageront dans les échantillons sous une pré-contrainte/pré-déformation connue ;
- Analyse des données et validation sur les prédictions des caractéristiques des ondes et de l'état de pré-déformation / pré-contrainte appliqué ;
- Mise au point et soumission à un comité d'éthique pour approbation d'un protocole expérimental à mener sur volontaires, campagne expérimentale et analyse statistique des données recueillies.

En parallèle, des modèles numériques avec prise en compte de la pré-déformation seront construits et alimentés par les différentes expériences (protocole *ex vivo*, mesures *in vivo*) avec comme fil conducteur le but de simuler la déformation subie par la peau juste après une incision au scalpel. L'effet de la pré-déformation dans des modèles de corps complets sera également analysé dans cette étape.

## Collaboration :

Le projet de thèse sera mené en collaboration avec le Professeur Michel Destrade, expert en théorie de l'acousto-élasticité au sein du département de Mathématiques de l'Université de Galway (Irlande). Une cotutelle de thèse pourra être envisagée pour ce projet.



Tests préliminaires (Lyon): mesure de la vitesse d'onde de surface généré par un impact sur la peau

**Pré-requis :** Master en Mécanique, Biomécanique ou Acoustique. Bonne capacité rédactionnelle en français et en anglais. Appétence pour les mathématiques appréciée.

**Mots-clefs :** Programmation, Expérimentations, Elements finis, Elasticité non linéaire, Acoustique, Peau, CND

## Bibliographie:

- [1] Rausch MK, Kuhl E. On the effect of pre-strain and residual stress in thin biological membranes. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids* **61** (2013) 1955-1969.
- [2] Maas SA, Erdemir A, Halloran JP, Weiss JA. A general framework for application of pre-strain to computational models of biological materials. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials* **61** (2016) 499-510.
- [3] Abiza Z, Destrade M, Ogden RW, Large acoustoelastic effect, *Wave motion* **49** (2012) 364-374.
- [4] Langer K. On the anatomy and physiology of the skin. *British Journal of Plastic Surgery* **17** (1861) 31