

## Bioméca-TIMC

# Biomécanique des Tissus vivants et des Matériaux – Modélisation et Caractérisation

### RESPONSABLES

**Yohan PAYAN**  
**Grégory CHAGNON**

### EFFECTIFS

Total : 26

- Permanents : 9
- Chercheurs : 2
- Enseignants-Chercheurs : 5
- E-C - Praticiens-Hospitaliers : 1
- Cliniciens : 1
- Post-doctorants, Ingénieurs contractuels : 3
- Doctorants : 14

### ADRESSE

Site Santé - CHU GA,  
Bâtiment Taillefer,  
Rond-Point de la Croix de Vie,  
38700 La Tronche

### MOTS CLÉS

- Biomécanique
- Tissus mous
- Matériaux
- Modélisation
- Caractérisation
- Simulation numérique
- Applications médicales

### THÉMATIQUES SCIENTIFIQUES ET OBJECTIFS

Cette nouvelle équipe a pour but de fédérer au sein de TIMC les acteurs de la biomécanique des tissus vivants et des matériaux pour le vivant afin de donner une meilleure visibilité nationale et internationale à ces compétences propres à notre laboratoire de recherche. Les activités conduites par les chercheurs de cette équipe ont pour la majorité des finalités applicatives (assistance clinique et conception de dispositifs médicaux pour le vivant) impliquant à la fois des aspects théoriques (modélisation du comportement des tissus biologiques et des matériaux architecturés), computationnels (simulation numérique) et expérimentaux (caractérisation des matériaux, mesures *in vivo* ou sur tissus post-mortem). La force de l'équipe est de pouvoir coupler tous ces thèmes sur un même projet scientifique.

### AXES DE RECHERCHE

Les thématiques de recherche scientifique de l'équipe s'articulent autour de quatre axes de recherche :

- La caractérisation expérimentale *ex vivo* et *in vivo* des lois de comportement des tissus vivants et des matériaux pour le vivant (figure 1).
- La proposition de nouvelles lois de comportements adaptées aux tissus et matériaux étudiés, avec en permanence le souci de proposer des lois dont les paramètres pourront être caractérisés expérimentalement.
- La simulation numérique des tissus vivants et des matériaux pour le vivant (figure 2), prenant en compte l'anatomie spécifique au patient et proposant des solutions pour une utilisation en routine clinique (génération des modèles patients-spécifiques, accélération des calculs via des techniques de réductions de modèles).
- Le transfert vers la clinique, avec des évaluations sur patients via des études cliniques.

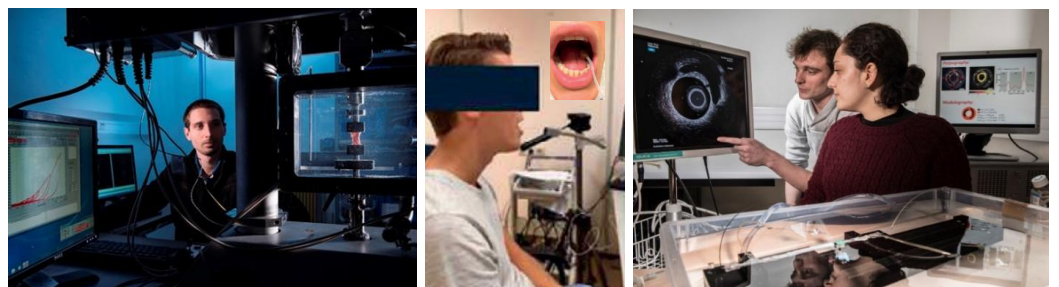


Figure 1 : Caractérisation *ex vivo* (gauche) et *in vivo* (centre) des tissus mous linguaux. Caractérisation de la paroi vasculaire (droite) à partir de séquences ultrasonores intravasculaires.

### PRINCIPALES COLLABORATIONS ET PROGRAMMES DE RECHERCHE

Le comportement mécanique des organes et tissus mous humains est souvent très complexe, puisque non-linéaire, variable au cours du temps, actif, non-homogène et anisotrope. Toute caractérisation mécanique expérimentale de tels tissus (voire des matériaux en interaction avec ces tissus) repose sur des modèles de comportement prenant au mieux en compte cette complexité mécanique / géométrique / physique. Les chercheurs de l'équipe Bioméca-TIMC déterminent donc des

## Bioméca-TIMC

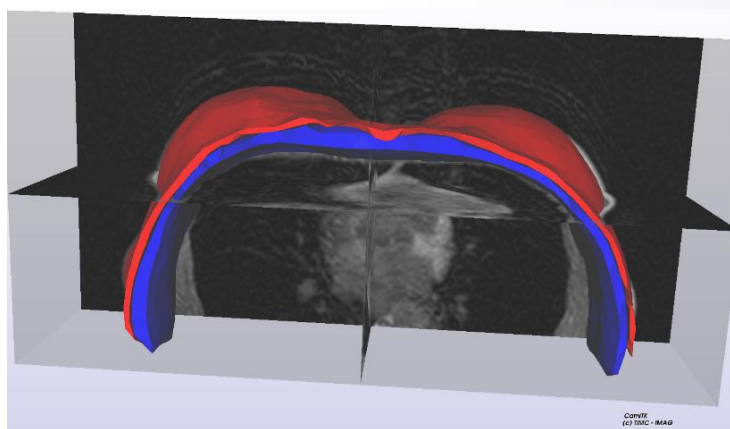
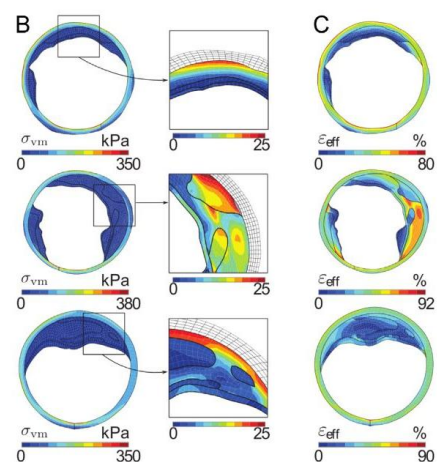


Figure 2 : Simulations numériques des déformations du sein (gauche) et de plaques d'athérome (droite)



lois de comportement (hyperélastiques, viscoélastiques, plastiques ou poroélastiques) capables de mimer les déformations subies par les tissus humains et/ou les matériaux en interaction avec ces tissus. Nous proposons aussi des modélisations originales pour les tissus actifs (e.g. activation musculaire en interaction avec les segments osseux, déformation des organes actifs comme le cœur, la langue ou les tissus mous faciaux).

Les modèles développés sont multi-échelles (temps et espace) et multiprocessus (chimie, cellules, tissus, mécanique des milieux continus). Leur couplage avec l'environnement peut se faire via des conditions aux limites équivalentes (volumes élémentaires représentatifs) afin de limiter la complexité du modèle lui-même. L'équipe collabore avec plusieurs services cliniques, avec des laboratoires de chimie, matériaux et biomécanique, ainsi qu'avec des industriels (startups et grands groupes).

## POINTS FORTS DE L'ÉQUIPE

### Rayonnement

- Positionnement au sein de la communauté de biomécanique : Y. Payan (2012) et J. Ohayon (2016) lauréats du prix Sénior de la Société de Biomécanique (SB); J. Ohayon ancien président de la SB ; Y. Payan associate editor de la revue *Clinical Biomechanics* à partir de 2020 ; J. Ohayon et Y. Payan éditeurs de la série *Biomechanics of Living Organs* publiée par Elsevier (depuis 2017).
- Partenariats internationaux : UK, Iran, Canada, USA, Espagne, Pays-Bas, République Tchèque, Nouvelle Zélande, Israël, Malaisie et Australie.
- Large spectre des tissus modélisés : cellule, vaisseaux coronariens, muscles, graisse, cerveau, face, langue, sein, poumons, cœur, foie, intestins, fesses, prostate, urètre, genou, rachis et pied.

### Valorisation clinique et industrielle

La valorisation clinique et industrielle des résultats est également

un objectif central de l'équipe. Les chercheurs ont déjà d'importantes collaborations avec plusieurs services cliniques en France et à l'étranger, et notamment un partenariat privilégié avec le Laboratoire d'Anatomie des Alpes Françaises (UFR Médecine Pharmacie - Univ. Grenoble Alpes). La valorisation industrielle passe par le dépôt de brevets (4 brevets déposés sur la période 2014-2019), des contrats industriels (General Electric, ANSYS, Sinclair, Anatoscope, Uromems, Demeure Orthopédie) et des transferts via la pré-maturation de l'Institut CARNOT LSI (projets CARDIO et IFEM), la maturation en SATT (projet IPAV) et la création de startups (Taxisense et TwinSight).

## PUBLICATIONS PHARES

1. Payan Y., Ohayon J. (2017). *Biomechanics of Living Organs: Hyperelastic Constitutive Laws for Finite Element Modeling*, Elsevier, Academic Press Series in Biomedical Engineering, ISBN: 9780128040096 (600 pages, 25 chapitres)
2. Elahi S.A., Connesson N., Chagnon G. & Payan Y. (2019). *In-vivo soft tissues mechanical characterization: volume-based aspiration method validated on silicones*. *Experimental Mechanics*, Vol.59(2), pp 251–261.
3. Masri C, Chagnon G, Favier D, Sartelet H, Girard E. (2018). *Experimental characterization and constitutive modeling of the biomechanical behavior of male human urethral tissues validated by histological observations*. *Biomech Model Mechanobiol*. Vol. 17(4), pp. 939-950.
4. Q.Breche, G.Chagnon, G.Machado, B.Nottelet, X.Garric, E.Girard, D.Favier (2016). *A non-linear viscoelastic model to describe the mechanical behavior's evolution of biodegradable polymers during hydrolytic degradation*. *Polymer Degradation and Stability*, Vol. 131, pp. 145-156.
5. Gómez A, Tacheau A, Finet G, Lagache M, Martiel JL, Floc'h SL, Yazdani SK, Elias-Zuñiga A, Pettigrew RI, Cloutier G, Ohayon J. (2019). *Intraluminal Ultrasonic Palpation Imaging Technique Revisited for Anisotropic Characterization of Healthy and Atherosclerotic Coronary Arteries: A Feasibility Study*. *Ultrasound Med Biol.*; Vol. 45(1): pp. 35-49.