

## AVIS DE SOUTENANCE DE THESE DE DOCTORAT

Le **15-11-2017**

A **14:00**

Amphi Georges Riffat

Faculté de Médecine

10 Rue de la Marandière

42270 Saint Priest en Jarez

Soutiendra en vue de l'obtention du titre de Docteur de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne dans la spécialité : MECANIQUE ET INGENIERIE

**Witold**

**KRASNY**

Une thèse ayant pour sujet :

Caractérisation et modélisation multi-échelle du comportement mécanique de l'artère

### **MEMBRES DU JURY :**

**Président**

(Le président est désigné le jour de la soutenance)

### **Rapporteurs :**

Bruyère-Garnier

Karine

Dir. recherche IFFSTAR

IFSTAR

Allain

Jean-Marc

Professeur

Ecole Polytechnique Paris

### **Examineurs :**

Avril

Stéphane

Professeur

IMT Mines Saint Etienne

Morin

Claire

Enseignant-chercheur IMT Mines Saint Etienne

Magoaric

Hélène

Maître de conférences Ecole Centrale Lyon

Stergiopulos

Nikolaos

Professeur

Polyte Fédérale de Lausanne

Hellmich

Christian

Professeur

Technische Universität Wien

Zhang

Katherine Yanhang

Professeure

Boston University

Thèse préparée dans le centre CIS à l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne.

Travail co-encadré par : AVRIL

Stéphane

MORIN

Claire

**Destinataires :** DRI, Accueil, SCIDEM, Centre,  
D.CORTIAL « Le Progrès », 24 rue de la robotique – 42000 Saint-Etienne

**Direction Recherche et Innovation**

158, Cours Fauriel

CS62362 - 42023 Saint-Etienne cedex 2 - Tél : 04 77 49 97 10

Page 1 - 1

## **Résumé :**

Améliorer le diagnostic et le traitement de pathologies cardio-vasculaires repose sur une meilleure compréhension de la biomécanique artérielle. En particulier, la réponse mécanique de ces tissus est fortement dépendante de la configuration de leur microstructure.

L'objectif de ce travail doctoral est d'une part de caractériser expérimentalement l'arrangement des différents constituants au sein de la microstructure de l'artère lors du chargement ; et d'autre part de développer un modèle micromécanique permettant de prédire (i) le changement de morphologie des réseaux fibreux; et (ii) les conséquences de ces changements de morphologie sur la réponse mécanique macroscopique.

Pour cela, des échantillons artériels ont été soumis à des chargements uniaxiaux et biaxiaux tout en observant leur microstructure par microscopie multi-photon.

En particulier, l'évolution de l'orientation des différents constituants au cours du chargement a été caractérisée. Les résultats obtenus montrent que ces réarrangements sont variables selon le constituant, selon la couche de l'artère, et selon le scénario de chargement.

Ainsi, le réseau de collagène situé dans la couche externe de l'artère peut subir des changements de morphologie importants n'obéissant pas à la règle de cinématique affine, tandis que l'organisation globale du réseau d'élastine ne change pas et évolue selon une cinématique affine.

Le modèle micromécanique a quant à lui permis d'expliquer la rigidification du tissu artériel lors de sa déformation par le réalignement progressif de ses fibres constitutives, et suggère que les interactions mécaniques entre fibres et matrice ainsi qu'entre fibres jouent un rôle important dans les mécanismes de déformation à l'échelle microscopique.

## **Abstract:**

Improving the diagnosis and treatment of cardiovascular diseases relies on a better understanding of arterial biomechanics.

In particular, the mechanical response of these tissues is highly dependent on the configuration of their microstructure.

The objective of this doctoral work is on the one hand to characterize experimentally the arrangement of the different constituents within the microstructure of the artery during loading; and secondly to develop a micromechanical model capable of predicting (i) the change in morphology of fibrous networks; and (ii) the consequences of these morphological changes on the macroscopic mechanical response.

To this aim, arterial samples were subjected to uniaxial and biaxial loadings while observing their microstructure by means of multiphoton microscopy. In particular, the evolution of the orientation of the various constituents during loading has been characterized.

The results show that these rearrangements depend on the constituent, on the arterial layer which hosts the considered constituent, and on the loading scenario.

Thus, the collagen network located in the outer layer of the artery can undergo significant morphological changes which do not obey the affine kinematics rule, while the overall organization of the elastin network remains unchanged and evolves following affine kinematics.

The micromechanical model has allowed explaining the stiffening of the arterial tissue during its deformation by the progressive realignment of its constituent fibers, and suggests that the mechanical interactions between fibers and matrix as well as between fibers play a role in deformation mechanisms at the microscopic scale.

Witold Krasny