



**HAL**  
open science

## Caractérisation mécanique In Vitro de tissus mous

Christopher Masri, Grégory Chagnon, Denis Favier, Edouard Girard

► **To cite this version:**

Christopher Masri, Grégory Chagnon, Denis Favier, Edouard Girard. Caractérisation mécanique In Vitro de tissus mous. MECAMAT 2016, Jan 2016, Aussois, France. hal-01807463

**HAL Id: hal-01807463**

**<https://hal.science/hal-01807463>**

Submitted on 4 Jun 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# CARACTERISATION MECANIQUE IN VITRO DE TISSOUS MOUS

C.Masri, G.Chagnon, D.Favier,

Université Grenoble-Alpes, TIMC-IMAG, F-38000 Grenoble, France, CNRS, TIMC-IMAG, F-38000 Grenoble, France. Adresse(s) électronique(s) : [christopher.masri@imag.fr](mailto:christopher.masri@imag.fr), [gregory.chagnon@imag.fr](mailto:gregory.chagnon@imag.fr), [denis.favier@imag.fr](mailto:denis.favier@imag.fr)

E. Girard, Laboratoire d'Anatomie des Alpes Françaises (LADAF), Faculté de Médecine, Domaine de la Merci F-38706 La Tronche Cedex. Adresse électronique : [edouard.girard@imag.fr](mailto:edouard.girard@imag.fr)

**Mots clés : caractérisation, essais mécaniques, grandes déformation, anisotropie, hystérésis**

## 1. INTRODUCTION

Le corps humain est composé de plusieurs types de tissus. Les muscles, la graisse, les vaisseaux, le tissu fibreux et le système nerveux périphérique forment le tissu mou. Ce sont des tissus qui ne sont pas composés d'épithélium ni d'os. Ils ont généralement des fonctions de soutien, de connexion ou de support. Dans le domaine de l'ingénierie, la connaissance du comportement mécanique macroscopique de ces tissus apporte une information primordiale dans la conception et l'innovation de solutions de traitement. Il existe différentes méthodes de caractérisation *in vivo*, certaines non-invasives, comme l'élastographie qui permet d'évaluer l'élasticité d'un tissu (Ophir et al. 1991), et d'autres qui nécessitent un contact avec l'échantillon telle que la nano-indentation (Samur et al. 2007). Bien que ces méthodes aient l'avantage d'être *in vivo*, elles sont moins précises que les méthodes de caractérisation classiques *in vitro* qui permettent de tester les tissus de manière plus rigoureuse. A ce jour, les comportements de nombreux tissus et organes sont déjà connus (Abe et al. 1989).

Le but de ce travail est d'observer le comportement mécanique d'un urètre de sujet anatomique masculin. A ce jour, il existe uniquement des données issues de tissus animaux mais aucune étude n'a encore démontré de ressemblances anatomiques et histologiques avec des tissus humains.

## 2. PROTOCOLE EXPERIMENTAL

### 2.1 Description et préparation de l'échantillon

Un urètre de sujet anatomique masculin conservé au formol a été prélevé au laboratoire de la faculté de médecine de Grenoble (LADAF). Le schéma de la figure 1 montre l'échantillon prélevé et rappel brièvement l'anatomie de cette partie du corps humain.

L'urètre masculin s'étend du col vésical à l'extrémité du pénis au niveau du gland (Figure 1-b). Il traverse successivement la prostate (urètre prostatique), le diaphragme urogénital (urètre membraneux) et le corps spongieux (urètre spongieux). Sa longueur varie selon l'âge et l'individu. Elle est environ de 17 cm à l'état de flaccidité (2-3 cm pour l'urètre prostatique, 2-3 cm pour l'urètre membraneux, et 12 cm pour l'urètre spongieux).

Dans cette étude, seul le comportement mécanique de la partie spongieuse de l'urètre est présenté.

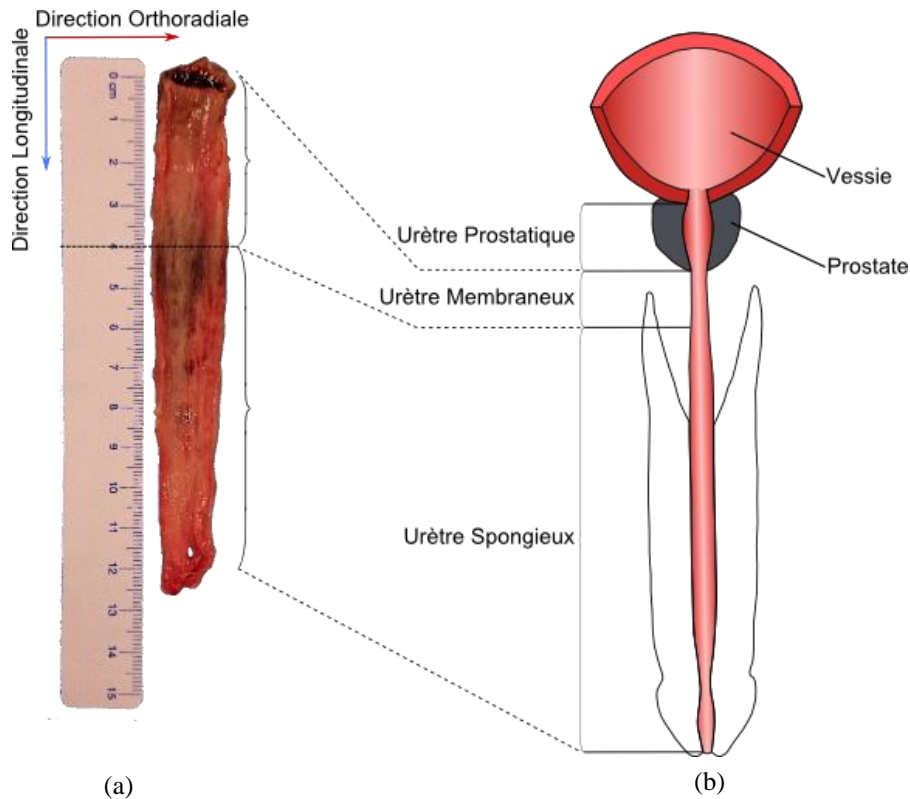


Figure 1. (a) Urètre prélevé ouvert selon la direction longitudinale. (b) Anatomie de l'appareil urinaire masculin

La majorité des tissus humains ayant majoritairement des comportements anisotropes (Fung 1998; Sacks 2000), un essai de traction plane cyclique a été réalisé dans deux directions de sollicitations différentes : la direction longitudinale et la direction ortho-radiale. L'essai de traction plane est privilégié à l'essai de traction uni-axiale classiquement utilisé à cause de la difficulté de montage des éprouvettes et de la faible raideur du matériau. La section transverse de l'éprouvette étant plus grande l'amplitude du signal de force est plus importante et l'amplitude du bruit devient négligeable. La figure 2 présente la préparation des échantillons et les directions testées. Le fait de faire les essais dans deux directions différentes permet d'observer le comportement anisotrope du tissu.

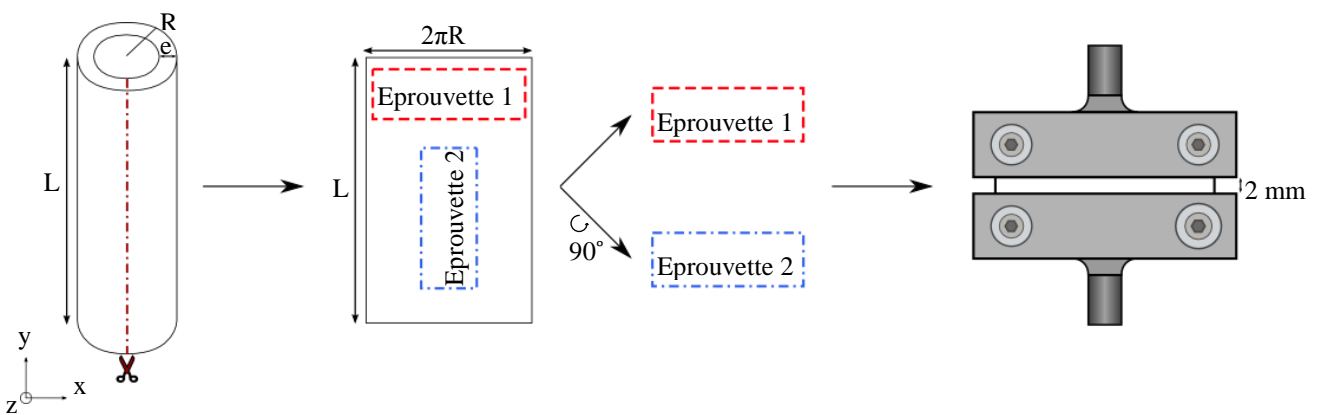


Figure 2. Préparation des éprouvettes

Les éprouvettes 1 et 2 servent à observer l'urètre lorsqu'il est sollicité dans les directions longitudinales et ortho-radiales respectivement. Le choix des directions est basé sur des observations effectuées sur des urètres de rat (Jankowski et al. 2004) qui montrent qu'il existe une couche de fibres annulaires et une couche de fibres longitudinales.

## 2.2 Montage expérimental

Le bain présenté dans la figure 3 a été conçu pour réaliser des essais mécaniques classiques (traction uni-axiale, traction plane et compression) dans une solution liquide sur une machine de test GABO Eplexor 500N. La température mesurée par le thermocouple asservit la température du bain par le biais d'un correcteur PID.

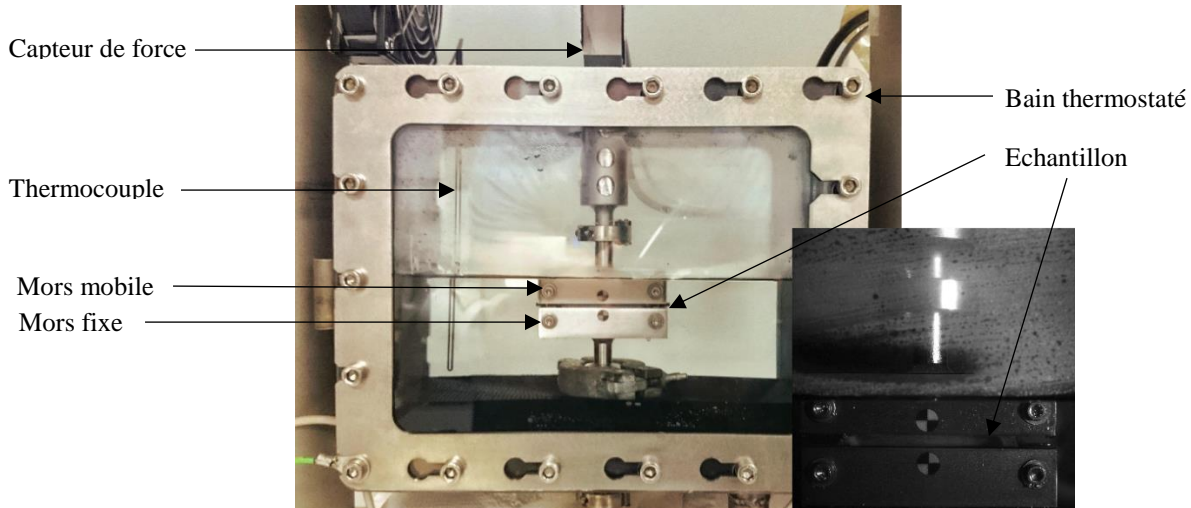


Figure 3. Montage expérimental

Les essais sont effectués à une température de  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  dans un bain contenant de la solution saline (NaCl COOPER 9g/L). L'essai présenté dans cette étude est composé de cycles de charge-décharge successifs à des paliers déformations croissants, notamment 10, 20, 30, 40, 50, 75 et 100% de déformation à une vitesse de déformation constante de 30 %/min.

## 3. RESULTAT

Les résultats observés présentent une hystérésis prononcée. La réponse du matériau varie selon la direction de sollicitation comme l'illustre la figure 4.

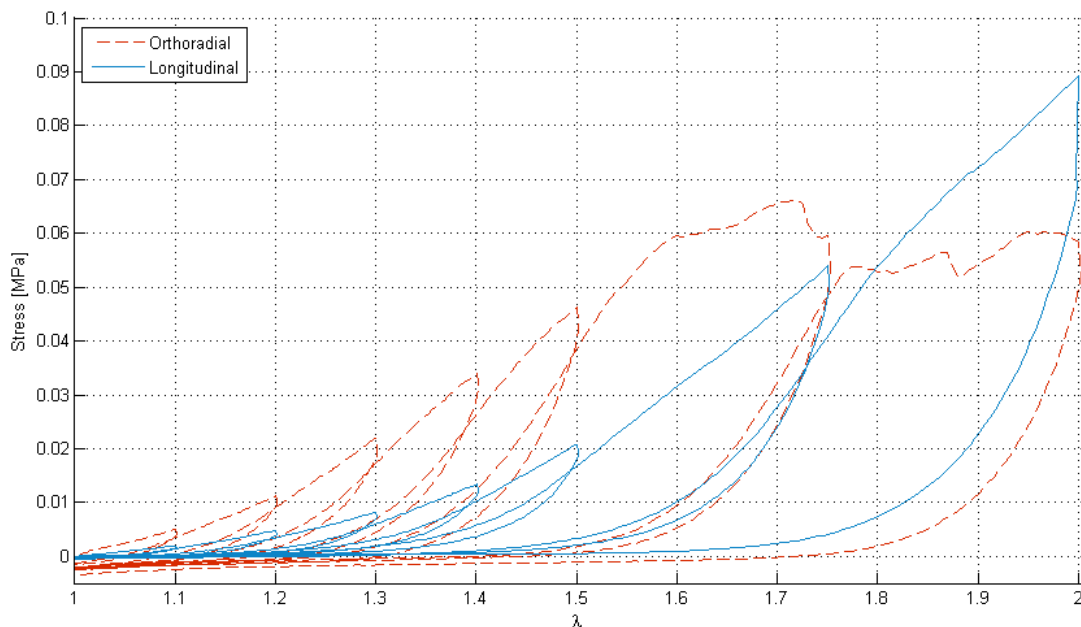


Figure 4. Réponse d'un urètre masculin in vitro à une sollicitation cyclique dans deux directions différentes.

Au cours de l'essai de caractérisation de la direction ortho-radiale, la rupture de certaines fibres a été observée aux alentours de 60 % de déformation, ce qui explique l'aspect brisé de la courbe après ce point.

Les tissus testés présentent un fort taux d'anisotropie. A 50 % de déformation, le rapport de contrainte dans la direction de sollicitation principale est de 2.27 entre les deux directions. La différence entre les charges et les décharges mettent en évidence l'aspect visqueux du matériau ainsi que leur dépendance à la direction de sollicitation.

#### 4. DISCUSSION

Le comportement observé dans les deux directions peut être expliqué par la physiologie de l'urètre masculin. D'une part, l'urètre sert à évacuer les urines et doit pouvoir supporter des pressions pouvant atteindre 200 cmH<sub>2</sub>O (Giannantoni et al. 2003). Il semble normal que l'urètre soit plus résistant dans la direction ortho-radiale. D'autre part, l'urètre spongieux est engainé dans le corps spongieux ) qui se dilate et s'allonge lors de l'érection (Bochereau et al. 1996). L'urètre se déforme également lors de ce phénomène, ce qui explique qu'il soit plus mou dans la direction longitudinale.

#### REFERENCES

- Abe Hiroyuki, Hayashi Kozaburo, Sato Masaaki. 1989. 53 *Journal of Chemical Information and Modeling Data Book on Mechanical Properties of Living Cells, Tissues, and Organs*.
- Bochereau, Ghislain, Xavier Cathelineau, Jean-marie Buzelin, and Olivier Bouchot. 1996. "Urètre Masculin, Anatomie Chirurgicale, Voies D' Abord, Instrumentation." *Traité de Techniques chirurgicales - Urologie* 41-305: 1–26.
- Fung, Yuan-Cheng. 1998. 9 *Biomechanics - Mechanical Properties of Living Tissues*.
- Giannantoni, Antonella, Savino M Di Stasi, Antonio Cucchi, Ettore Mearini, Vittorio Bini, and Massimo Porena. 2003. "Pelvic Floor Muscle Behavior during Valsalva Leak Point Pressure Measurement in Males and Females Affected by Stress Urinary Incontinence." *The Journal of urology* 170(2 Pt 1): 485–89.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022534705633563> (December 14, 2015).
- Jankowski, Ron J, Rachelle L Prantil, Matthew O Fraser, Michael B Chancellor, William C De Groat, Johnny Huard, and David a Vorp. 2004. "Development of an Experimental System for the Study of Urethral Biomechanical Function." *American journal of physiology. Renal physiology* 286(2): F225–32. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14506075> (October 17, 2013).
- Ophir, J., I. Cespedes, H. Ponnekanti, Y. Yazdi, and X. Li. 1991. "Elastography: A Quantitative Method for Imaging the Elasticity of Biological Tissues." *Ultrasonic Imaging* 13(2): 111–34.  
<http://uix.sagepub.com/content/13/2/111.abstract> (December 14, 2015).
- Sacks, Michael S. 2000. "Biaxial Mechanical Evaluation of Planar Biological Materials." *Journal of Elasticity* 61(1-3): 199–246.
- Samur, Evren, Mert Sedef, Cagatay Basdogan, Levent Avtan, and Oktay Duzgun. 2007. "A Robotic Indenter for Minimally Invasive Measurement and Characterization of Soft Tissue Response." *Medical image analysis* 11(4): 361–73.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136184150700031X> (November 5, 2015).