

– THESE EN BIOMECHANIQUE 2026 –

Projet MonoPen

Analyse biomécanique d'une reconstruction de verge avec ou sans implant érectile en vue d'améliorer les chirurgies de phalloplastie

CONTEXTE DU PROJET DE RECHERCHE

La phalloplastie est une opération chirurgicale qui consiste en la reconstruction d'une verge à partir de tissus autologues du patient (lambeau). Elle concerne plus de 200 personnes en France chaque année (Scansante). Cette opération peut être nécessaire suite à une amputation de verge (cancer, traumatique), à une variation anatomique congénitale (variation du développement génital, micropénis, extrophie-épispace), ou dans le cadre de chirurgies d'affirmation de genre chez des hommes trans (mise en conformité de l'appareil génital avec l'identité de genre).

La reconstruction de verge (phalloplastie) est réalisée à partir de lambeaux issus du patient, essentiellement cutané-graisseux mais parfois musculaires, pouvant être prélevés de l'avant-bras, du dos, de la cuisse ou de l'abdomen. Le lambeau prélevé est formé en cylindre et fixé au niveau du pubis. A distance de la réalisation de la phalloplastie et des autres chirurgies (reconstruction de l'urètre, du gland ou du scrotum), la capacité érectile est obtenue lors de l'ultime chirurgie qui consiste à l'implantation d'une prothèse érectile gonflable dans la phalloplastie pour permettre d'obtenir une rigidité du lambeau et donc des relations sexuelles avec pénétration (Lee et al., 2025).

Les prothèses érectiles sont constituées d'un ou de deux cylindres situés au centre de la phalloplastie, d'un réservoir de liquide physiologique situé dans l'abdomen, ainsi que d'une pompe située dans le scrotum nouvellement créé aussi. Lors de l'utilisation de la prothèse, le patient manipule la pompe permettant de transférer le liquide du réservoir abdominal vers le ou les cylindres. Ceci conduit à la mise sous pression du ou des cylindres, permettant l'érection.

Lors de cette chirurgie, de nombreuses problématiques sont gérées empiriquement par les chirurgien-ne-s. La taille et le diamètre de la phalloplastie vont dépendre du lambeau prélevé (surface cutanée prélevée, épaisseur sous-cutanée). En particulier, la pré-tension de la peau appliquée lors de la mise en forme cylindrique de la phalloplastie joue un rôle important. S'il y a trop de pression dans la phalloplastie, il existe un risque d'ischémie tissulaire qui pourrait provoquer une nécrose. À l'opposé, si la précontrainte n'est pas suffisante, la phalloplastie ne sera pas homogène, conduisant à un préjudice esthétique et pouvant être à l'origine de limitations fonctionnelles. Cette question de précontrainte est très importante. En effet, certaines personnes porteuses de phalloplastie arrivent à avoir des rapports sexuels avec pénétration sans prothèse par la seule rigidité due à la précontrainte des tissus de la phalloplastie (Terrier et al, 2014). Par ailleurs, les prothèses érectiles utilisées pour les phalloplasties peuvent différer de celles destinées aux personnes souffrant d'une dysfonction érectile. En effet, lorsque le pénis n'a pas à être reconstruit, les prothèses sont constituées de deux cylindres qui sont

disposés à l'intérieur des corps caverneux. L'absence de corps caverneux dans la phalloplastie implique souvent l'utilisation d'un seul cylindre, ou parfois de 2 avec une enveloppe reconstruite par des matériaux synthétiques (prothèse vasculaire par exemple).

Les études portant sur les phalloplasties traitent principalement de la méthode de reconstruction chirurgicale du pénis, des éventuelles complications, voire de la fonctionnalité future (Morisson et al, 2016 ; Neuville et al, 2019). Le fonctionnement biomécanique de la verge créée n'a jamais été étudié malgré l'importance de ces caractéristiques dans le processus de reconstruction (rigidité, précontrainte, résistance à la compression, à la pression et à l'étirement).

Dans ce contexte, on constate que l'analyse des phénomènes biomécaniques mis en jeu lors de la mise en érection d'un pénis reconstruit en peau et en graisse nécessite de développer de nouveaux outils d'évaluation quantitative et d'acquérir de nouvelles connaissances, en quantifiant différents paramètres biomécaniques et en les mettant en relation avec des conséquences cliniques. Dans ce contexte, le LBMC travaille en collaboration avec le service d'urologie de l'hôpital Lyon Sud, premier service de chirurgie reconstructrice génito-urinaire et prothétique en France depuis plus de vingt ans.

OBJECTIFS

Cette thèse poursuit donc deux objectifs.

L'objectif de ces travaux de recherche est d'accompagner les chirurgiens dans leurs prises de décision en leur proposant des critères objectifs pour des choix éclairés. Ce projet poursuit plus spécifiquement deux objectifs :

- **Quantifier** les différents phénomènes biomécaniques mis en jeu dans la création puis la mise en érection d'une verge nouvellement construite et pourvue ou non d'un implant ;
- **Analyser** numériquement ces phénomènes en vue de mieux les comprendre et de proposer des critères.

METHODOLOGIE

Ce projet se décompose en deux tâches indépendantes : des expérimentations *in vivo*, ainsi que des modélisations numériques.

Tâche 1: Expérimentations *in vivo*

Une première étape consistera en une étude bibliographique et une analyse de faisabilité pour quantifier des paramètres mécaniques pertinents au cours et à l'issue de la phalloplastie (avec ou sans pose d'implant).

La deuxième étape nécessitera de mettre en place et mettre en œuvre un protocole clinique sur des patients comprenant les méthodes de mesure retenues et des questionnaires de satisfaction. Ce travail expérimental fera l'objet d'une étude clinique sur des patients, pilotée par les cliniciens urologues. Elle consistera à mesurer la rigidité et la force de flambement avant et après la pose de prothèse en utilisant le PenBuck (dispositif développé dans le cadre de travaux précédents).

Enfin, l'analyse des résultats de l'étude clinique permettra de mettre en relation les différents paramètres biomécaniques avec le succès de la chirurgie.

Tâche 2 : Développement de modèles de compréhension de la verge reconstruite et implantée

Le but de cette tâche est de développer des modèles éléments finis simplifiés et paramétriques pour évaluer différentes hypothèses expliquant les phénomènes observés par les patients et les cliniciens lors des différentes étapes de la chirurgie.

Dans l'étape de construction de la nouvelle verge, l'effet de différents paramètres (l'épaisseur des tissus adipeux par exemple) sur les contraintes internes dans les tissus lors de la mise en forme tubulaire, pouvant conduire à l'ischémie, sera être étudié.

Des modèles de verge reconstruite et implantée permettront d'étudier l'ensemble du système biomécanique. Par exemple : l'effet d'un gland rigide sur la capacité de pénétration, ou encore l'influence des propriétés de la paroi de l'implant sur la rigidité de la verge implantée.

Pour la modélisation de l'implant, un travail spécifique de caractérisation expérimentale de l'implant, en particulier la paroi du cylindre gonflable, devra être réalisé.

Mots-clés : biomécanique, phalloplastie, modélisation, expérimentation, biomédical, prothèse pénienne, tissus biologiques mous

Références

- Scansante. <https://secure.scansante.fr/open-ccam-2024>
- Lee, W.G., et al. (2025). Phalloplasty: which technique should I choose?, *J Sex Med*, 22 (4).
- Morrison, S. D., et al. (2016). Phalloplasty: a review of techniques and outcomes. *Plast Reconstr Surg*, 138(3).
- Neuville, P., et al. (2019). First outcomes of the ZSI 475 FtM, a specific prosthesis designed for phalloplasty. *J Sex Med*, 16(2).
- Terrier, J.-E. et al. (2014). Surgical Outcomes and Patients' Satisfaction with Suprapubic Phalloplasty. *J Sex Med*, 11(1).

PLUS D'INFORMATIONS

Prérequis pour le projet :

- Solides connaissances en mécanique (master ou école d'ingénieur en mécanique)
- Forte motivation
- Bonnes compétences en communication, rédaction et gestion du temps

Laboratoires : LBMC (Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs) UMR_T9406 Univ. Eiffel/UCBL1 ; RESHAPE (RESearch on HealthcAre Performance) UCBL1/INSERM

Encadrement : Laura DUBUIS, Marc GARDEGARONT et Karine BRUYERE (LBMC), Paul NEUVILLE (RESHAPE, Hospices Civils de Lyon/service d'urologie)

Lieu de recherche : Campus Lyon-Bron, Université Gustave Eiffel

Financement : Université Lyon 1 Claude Bernard (déjà obtenu)

Date de début de thèse : 1/10/2026 (modulable)

Candidature : Envoyez un CV, une lettre de motivation, les notes de master disponibles et le contact de personnes qui pourraient vous recommander à laura.dubuis@univ-lyon1.fr

Date de fin de soumission : 30 juin 2026