

French version

Contrat de l'école doctorale Sciences Physiques pour l'Ingénieur et Microtechniques (ED SPIM) à l'université Marie et Louis Pasteur (Besançon, France).

Title :	Champs de déformations sous sollicitations extrêmes
Laboratoire :	Institut FEMTO-ST, département Mécanique Appliquée
Participants:	CHU Besançon, CHU Lille

Au sein du département mécanique appliquée de l'Institut FEMTO-ST, l'équipe Biomécanique des Tissus mous a développé des méthodes d'analyse et d'identification des paramètres mécaniques in vivo en fonction de la variabilité intrinsèque des tissus et des conditions expérimentales des mesures disponibles [Elouneg, 2021, 2022]. L'équipe développe également des solutions expérimentales pour mesurer les performances mécaniques des tissus mous.

Le plancher pelvien regroupe un ensemble de muscles et de tissus conjonctifs dont le périnée formé d'un multicouche de tissus hyperélastiques et anisotropes (peau, tissus musculaires, muqueuse anale et vaginale). Lors de l'accouchement par voie basse, le passage de l'enfant à naître, provoque des grandes déformations mécaniques qui vont parfois jusqu'à la rupture des tissus. En fonction de la sévérité de ces dommages, la rupture concerne une partie de la peau (type I) une partie des muscles sans altération de l'anus (type II) avec altération partielle de l'anus (type III) ou totale (type IV). Ces 2 derniers cas constituent la majorité des lésions obstétricales sévères lors de l'accouchement (LOSA) qui touchent en Europe environ 32% des femmes.

Dans le but de contribuer à l'amélioration de la santé des femmes et plus particulièrement la prévention des déchirures périnéales lors de l'accouchement, l'équipe BiomecaT du département mécanique appliquée de l'institut FEMTO-ST, le CHRU de Besançon et le CHU de Lille ont mené des travaux de recherche qui ont conduit à de récentes thèses de doctorat en science : Thèse de Marine Lallemand (Chirurgienne obstétricienne) et Thèse de Tiguida Kadiaké (soutenance prévue prochainement). L'objectif à long terme consiste à comprendre et anticiper les risques de ruptures encourus par la parturiente. Les principaux résultats obtenus lors de ces deux thèses sont :

- L'identification du comportement hyperélastique de chacun des tissus constituant le périnée,
- Une étude clinique (Protocole n° ID RCB 2022-A01117-36, approuvé par le comité de protection des personnes SUD-EST III) comportant des biométries, des mesures par SWE (Elastographie par onde de cisaillement) avant, pendant et juste après les efforts expulsifs et des mesures par stéréophotogrammétrie au moment de l'accouchement pour quantifier les champs de déformation mécanique sur la surface du périnée.

Pelvitrack is a EIC Pathfinder project, funded by the European Innovation Council (Grant ID 101186212)

- Une méthode de corrélation d'images numériques sans préparation préalable de la peau a été mise au point et permet de suivre l'évolution des déformations tout en réduisant au maximum l'impact de ces mesures cliniques sur la patiente. Cependant, l'environnement agité dans la salle de travail interrompt parfois la séquence d'accouchement enregistrée par les caméras; ce qui empêche de quantifier l'amplitude du champ de déformation à partir de l'état initial sans déformation avant le début des efforts expulsifs.

Le projet de thèse consiste à développer une méthodologie permettant de compléter les informations manquantes et ainsi reconstituer la totalité des séquences enregistrées lors de l'accouchement. L'objectif est d'identifier l'intégralité de l'amplitude du champ des déformations subies par le périnée.

Deux techniques seront mises en œuvre :

- Plusieurs caméras placées pour diversifier les angles de vue de la scène permettront un suivi à partir d'une référence commune.
- Une simulation numérique reproduisant la scène comme un jumeau numérique sera développée à partir des images de la scène. Les paramètres du modèle seront identifiés sur la base des premières images de la scène et les images manquantes de la scène seront alors remplacées par la prédiction apportée par le modèle numérique. Après la séquence manquante, le modèle et les images de la scène seront comparés, validant ainsi ce jumeau numérique qui pourra faciliter l'identification virtuelle de cas risqués à éviter.

Enfin une fois cette analyse complète, des tests sur une structure entière de périnée animal permettront de comparer les résultats obtenus d'un banc de simulation d'accouchement avec les prédictions du modèle numérique. Les écarts observés seront alors discutés pour valider le modèle proposé.

Les résultats de ce projet constitueront les bases de la mesure sur humain in vivo.

Profil demandé : Ingénieur ou Master en mécanique – Compétences en modélisation et simulation mécanique et mécanique expérimentale

Financement : Union européenne

Dossiers de candidature :

CV, lettre de motivation résultats académiques Licence et Master et recommandation à envoyer pour le 15 juin 2025 à l'adresse mail suivante : arnaud.lejeune@univ-fcomte.fr

Début du contrat : 1^{er} Octobre 2025

Salaire mensuel brut : selon les règles de Horizon Europe

Direction de la thèse : Emmanuelle Jacquet (Institut FEMTO-ST)

Co-encadrement : Jérôme Chambert, Arnaud Lejeune et Marine Lallemand

English version

Contract with the Physics for Engineering and Microengineering doctoral school (ED SPIM) at the université Marie et Louis Pasteur (Besançon, France).

Title :	Strain fields under extreme loadings
Laboratory :	FEMTO-ST Institute, department of applied mechanics
Participants:	CHU Besançon, CHU Lille

At the FEMTO-ST Institute's Applied Mechanics Department, the Soft Tissue Biomechanics team has developed methods for analyzing and identifying in vivo mechanical parameters as a function of intrinsic tissue variability and available experimental measurement conditions [Elouneg, 2021, 2022]. The team is also developing experimental solutions for measuring the mechanical performance of soft tissues.

The pelvic floor comprises a set of muscles and connective tissues, including the perineum, which is made up of a multilayer of hyperelastic, anisotropic tissues (skin, muscular tissue, anal and vaginal mucosa). During vaginal delivery, the passage of the unborn child causes major mechanical deformations, sometimes leading to tissue rupture. Depending on the severity of the damage, the rupture may involve part of the skin (type I), part of the muscles without alteration of the anus (type II), with partial alteration of the anus (type III) or total (type IV). These last 2 cases make up the majority of severe obstetric injuries during childbirth (LOSA), which affect around 32% of women in Europe.

With the aim of improving women's health, and in particular preventing perineal tears during childbirth, the BiomecaT team from the Applied Mechanics Department of the FEMTO-ST Institute, the Besançon University Hospital and the Lille University Hospital have carried out research work which has led to recent doctoral theses in science: Marine Lallemand's thesis (Obstetric Surgeon) and Tiguida Kadiaké's thesis (due to be defended shortly). The long-term objective is to understand and anticipate the risks of rupture for parturients. The main results obtained from these two theses are :

- Identification of the hyperelastic behavior of each perineal tissue,
- A clinical study (Protocol no. ID RCB 2022-A01117-36, approved by the SUD-EST III personal protection committee) involving biometrics, SWE (shear wave elastography) measurements before, during and just after expulsive efforts, and stereophotogrammetric measurements at the time of delivery to quantify mechanical deformation fields on the surface of the perineum.
- A method for correlating digital images without prior preparation of the skin has been developed, making it possible to monitor the evolution of deformations while minimizing the impact of these clinical measurements on the patient. However, the disturbed environment in the labor room sometimes

Pelvitrack is a EIC Pathfinder project, funded by the European Innovation Council (Grant ID 101186212)

interrupts the delivery sequence recorded by the cameras, making it impossible to quantify the amplitude of the deformation field from the initial state without deformation before the start of expulsive efforts.

The aim of this thesis project is to develop a methodology for filling in the missing information and reconstructing all the sequences recorded during childbirth. The aim is to identify the full amplitude of the field of deformations undergone by the perineum.

Two techniques will be used:

- Several cameras positioned to diversify the angles of view of the scene will enable tracking from a common reference.
- A digital simulation reproducing the scene as a digital twin will be developed from the images of the scene. The model parameters will be identified on the basis of the first images of the scene, and the missing images of the scene will then be replaced by the prediction provided by the digital model. After the missing sequence, the model and the scene images will be compared, thus validating this digital twin which can facilitate the virtual identification of risky cases to be avoided.

Finally, once this analysis is complete, tests on an entire animal perineum structure will enable us to compare the results obtained from a childbirth simulation bench with the predictions of the digital model. Any discrepancies observed will then be discussed to validate the proposed model.

The results of this project will form the basis for measurement on humans in vivo.

Profile required: Engineer or Master's degree in mechanics - Skills in mechanical modeling and simulation and experimental mechanics

Fundings : European Union

Application documents:

CV, cover letter, academic results (Bachelor's and Master's degrees) and recommendation to be sent by June 15, 2025 to the following e-mail address:

arnaud.lejeune@univ-fcomte.fr

Beginning : 1^{er} October 2025

Salary: along european Horizon project rules

Supervision : Emmanuelle Jacquet (FEMTO-ST Institute)

Co-supervision : Jérôme Chambert, Arnaud Lejeune and Marine Lallemand