

# Intitulé du sujet de thèse : Apports de la simulation numérique pour la diminution des risques lors d'un accouchement instrumenté par ventouse

Mots clés : simulation numérique ; biomécanique ; médecine obstétrique, endommagement

Unité de recherche : LEM3, Université de Lorraine

École doctorale : C2MP (Chimie, Mécanique, Matériaux, Physique)

Equipe d'accueil : Département 1 MMSV (Mécanique des Matériaux, des Structures et du Vivant), équipe BIO2MS (Biomécanique et bioingénierie du système musculo-squelettique)

Direction de thèse : Cédric LAURENT (PR, [cedric.laurent@univ-lorraine.fr](mailto:cedric.laurent@univ-lorraine.fr)) et Cynthia DREISTADT (MCF, [cynthia.dreistadt@univ-lorraine.fr](mailto:cynthia.dreistadt@univ-lorraine.fr))

## Etat de l'art et problématique

Lors d'un accouchement par voie basse, la phase d'expulsion est une période particulièrement à risque : en cas d'anomalies, l'obstétricien peut être amené à réaliser une extraction instrumentale dont le taux d'extraction représente entre 15 et 20% des naissances, quel que soit l'âge gestationnel. Parmi les techniques d'extraction instrumentale pratiquées en France, il existe une prédominance nette de la ventouse obstétricale avec un chiffre en constante augmentation. Comme tout instrument d'extraction, son utilisation n'est toutefois pas dénuée de risque en cas de pratique inadaptée (Riethmuller et al., 2009), au niveau des lésions du scalp foetal et des déchirures des tissus maternels, qui sont encore fréquentes et constituent une problématique socio-économique importante. Dans ces deux situations, il est donc question de chercher à comprendre et minimiser l'endommagement des tissus maternels et foetaux lors de cet acte médical.

De nombreuses questions restent largement ouvertes concernant l'utilisation idéale de la ventouse. La forme et la composition de cette ventouse pourraient être sujets à des améliorations (Goordyal et al., 2021) pour minimiser les risques associés à son utilisation. Des études expérimentales à ce sujet sont bien évidemment limitées par la difficulté de collecter des données cliniques pendant la phase de travail. Afin de contourner cette difficulté, des modèles numériques (Chen et al., 2021; Oliveira et al., 2016) associées à des simulateurs physiques (O'Brien et al., 2017) peuvent permettre de modéliser le comportement des différents tissus impliqués lors de la parturition et l'effet des pratiques cliniques sur les risques de complication.

Dans le cadre d'une précédente thèse dans l'équipe, de premiers outils de modélisation, de simulation et de validation ont été proposés (Vallet et al., 2023b, 2023a, 2022, 2021). La présente thèse s'inscrit dans la continuité de ce précédent travail, qui a permis de faire naître une collaboration désormais solide entre la maternité du CHRU de Nancy et l'équipe de biomécanique du LEM3. Ces premiers travaux ont concerné principalement le développement d'outils expérimentaux et méthodologiques relevant du domaine de la biomécanique, validés sur la base d'un mannequin d'entraînement uniquement, aux géométries et matériaux bien maîtrisés, mais éloigné de la réalité clinique. Il s'agit maintenant d'étendre la portée de ce précédent travail en le rapprochant de la réalité clinique.

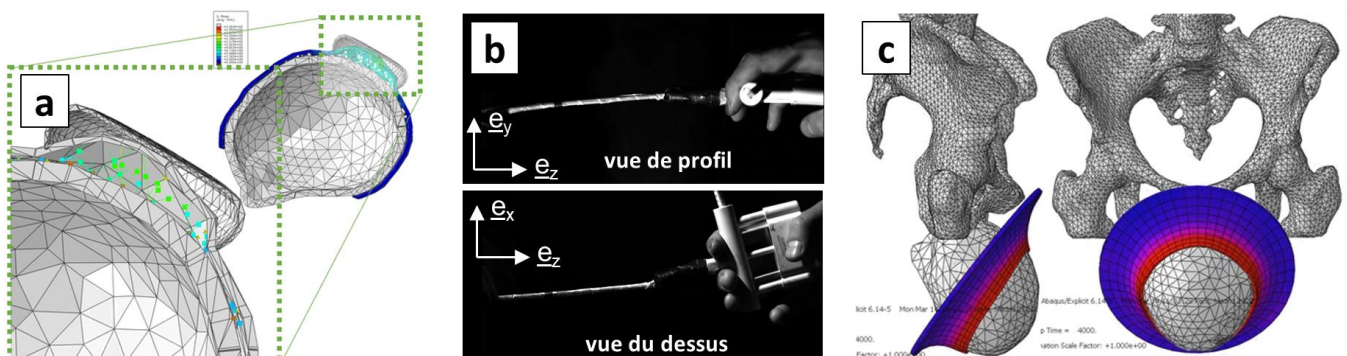


Figure 1 : développements réalisés dans le cadre de travaux préliminaires dans l'équipe. (a) Modélisation de l'interface ventouse-scalp-os (b) acquisition du geste de l'extraction instrumentée par ventouse (c) exemple de simulation numérique de l'extraction d'une tête foetale.

## Objectifs et méthodologie

L'objectif de la thèse est de définir les conditions d'utilisations de la ventouse obstétricale qui permettent de minimiser les risques de lésions des tissus maternels et fœtaux. Les outils méthodologiques développés précédemment seront mis à profit et étendus pour augmenter le réalisme des simulations proposées, et leurs capacités à rendre compte des lésions observées en clinique. Cet objectif s'accompagne de différentes tâches fondamentales ou appliquées qui constitueront le coeur du travail de thèse :

- L'intégration de géométries réalistes en se basant sur l'exploitation de bases de données d'imagerie médicale IRM constituées au laboratoire IADI et leur exploitation pour la constitution d'une base de données statistiquement représentative d'une population cible ;
- L'intégration de lois de comportement hyperélastiques anisotropes réalistes en se basant sur la littérature (Bauer et al., 2009; Gachon et al., 2020; Mazza et al., 2006; Parente et al., 2009) ;
- L'intégration de lois permettant de rendre compte des lésions des tissus mous en se basant sur la mécanique de l'endommagement (Chittajallu et al., 2022) ;
- La confrontation entre des modèles d'endommagement continus et d'autres types de modélisation de la rupture des tissus mous (Muth-Seng et al., 2018; Muth-seng et al., 2017; Roux et al., 2021) dans leur capacité à rendre compte des lésions observées lors de l'accouchement instrumenté par ventouse ;
- La validation des résultats obtenus sur la base d'un dialogue expérience - numérique à partir d'essais mécaniques *ad hoc*, et également de résultats de la littérature (Bircher et al., 2019).

## Cadre et collaborations

La thèse aura lieu principalement dans l'antenne du LEM3 située à Vandoeuvre-lès-Nancy au sein des locaux de l'ENSEM, en raison notamment de la proximité des collaborateurs des praticiens de la maternité du CHU de Nancy, du laboratoire IADI, ou encore du centre de simulation CUESIM. Les essais expérimentaux se dérouleront dans la salle expérimentale de biomécanique située dans les locaux du LEM3 à l'ENIM de Metz. La thèse s'articulera avec celle d'un médecin urgentiste portant sur la pertinence des simulateurs physiques basse fidélité pour la formation en obstétrique.

## Profil recherché

Le ou la candidat.e devra être issu.e d'une formation en mécanique des solides et des structures, type école d'ingénieur, avec de solides compétences en comportement des matériaux et en simulation numérique. Une spécialisation en biomécanique (imagerie médicale, lois de comportement des tissus biologiques, applications cliniques) sera bienvenue. Il ou elle devra faire preuve de curiosité et de créativité, être capable d'évoluer dans un milieu fortement pluridisciplinaire, et devra montrer une forte motivation pour les applications visées.

## Références

- Riethmuller, D. et al. *La Revue Sage-Femme* 8, 117–129 (2009)
- Goordyal, D. et al. *Proc. Inst. Mech. Eng. Part H-J. Eng. Med.* 235, 3–16 (2021)
- Oliveira, D. A. et al. *Biomech Model Mechanobiol* 15, 1523–1534 (2016)
- Chen, Y.-H. et al. *Applied Sciences* 11, 8237 (2021)
- O'Brien, S. et al. *BJOG: Int J Obstet Gy* 124, 19–25 (2017)
- Vallet, Y. et al. *Bioinspir. Biomim.* (2022)
- Vallet, Y. et al. *Clinical Biomechanics* 109, 106093 (2023)
- Vallet, Y. et al. *Computer Meth in Biomech and Biomed Eng* 24, S1–S325 (2021)
- Vallet, Y. et al. *J Mech Behav of Biomed Mater* 147, 106139 (2023)
- Bauer, M. et al. *European J Obstetrics & Gynec and Reproduct Biol* 144, S77–S81 (2009)
- Mazza, E. et al. *Medical Image Analysis* 10, 125–136 (2006)
- Gachon, B. et al. *BMC Musculoskelet Disord* 21, 305 (2020)
- Parente, M. P. L. et al. *Journal of Biomechanics* 42, 1301–1306 (2009)
- Chittajallu, S. N. S. H. et al. *Bioengineering* 9, 26 (2022)
- Muth-seng, C. et al. *Computer Meth Biomech Biomed Eng* 20, 147–148 (2017)
- Muth-Seng, C. et al. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 22, 851–852 (2018)
- Roux, D. A. et al. *Computer Meth in Biomech and Biomed Eng* 0, 1–12 (2021)
- Jeanditgautier, E. et al. *Int Urogynecol J* 27, 951–957 (2016)
- Jiang, Z. et al. *Strain* 55, e12305 (2019)
- Gatellier, M.-A. et al. *J Gynec Obstetrics Hum Reproduct* 49, 101635 (2020)