

QSurfViewer: Visualisation d'un modèle multi-échelle multi-physique de l'utérus en contraction

English title

Jeremy Laforet, Maxime Yochum, Catherine Marque

English Abstract—Our team proposed a multi-scale (from cell to whole organ levels), multi-physic (electrical and mechanical) model of the uterine muscle, to represent the links existing between the electrical and the mechanical behaviors of the contractile uterus. To visualize the results of the model computation we developed a graphical tool in Python, based mostly on PyQtGraph.

RÉSUMÉ:

L'accouchement prématuré est un problème de santé publique important: le pourcentage de naissances prématurées atteint 9,6% de toutes les naissances dans le monde. L'efficacité de la contraction utérine pendant le travail est complexe et encore mal comprise. Elle a été principalement liés à deux phénomènes évoluant pendant la grossesse: i) excitabilité cellulaire (leur capacité spontané à générer des trains de potentiels d'action); ii) la synchronisation global de l'utérus (l'utérus entier se contracte en 20s pendant le travail).

Au cours des dernières années, notre équipe a proposé un modèle multi-échelle (de cellule à l'organe entier), multi-physique (électrique et mécanique) du muscle utérin, pour représenter les liens existant entre les comportements électriques et mécaniques de l'utérus contractile. Ce modèle, Sur la base d'un modèle électrique existant [1] permettant de représenter l'excitabilité de la cellule et la diffusion électrique dans le muscle utérin (échelles cellulaires et tissulaires) comprend maintenant une modélisation de la force générée par les cellules utérines actives. Le lien entre les modèles électrique et mécanique se fait à travers la concentration de calcium intracellulaire, une sortie du modèle électrique et entrée du modèle de force. Le modèle mécanique à son tour, calcule en utilisant une représentation viscoélastique du tissu utérin, l'étirement du tissu (au niveau de l'organe). Cet étirement, sortie du modèle mécanique, est ensuite entré dans le modèle électrique et active des canaux ioniques spécifiques de la membrane cellulaire [2]. Les deux modèles ont

été co-Simulé à l'échelle de l'organe, en utilisant un maillage surfacique représentant un utérus gravide réaliste en 3D, obtenu grâce au projet **Femonum** (<http://femonum.telecom-paristech.fr/>) qui offre à la communauté scientifique des maillages 3D de l'utérus et du fœtus extraits des images IRM.

La simulation du modèles produit un ensemble de données assez important. Le potentiel électrique, la force générée par le muscle et l'étirement local du tissu sont enregistré pour chaque nœud du maillage et chaque pas de temps. De plus, le déplacement des nœuds est également sauvegardé.

Pour visualiser les résultats du calcul du modèle, nous avons développé un outil graphique en **Python**, basé principalement sur **PyQtGraph**: **qSurfViewer**. Il prend comme entrée un fichier **HDF5** contenant les résultats de la simulation et un second fichier pour le maillage utilisé. Il est alors possible de configurer jusqu'à 4 vues indépendantes des données, que ce soit sous forme de scatterplot ou de rendu de surface. Ces vues peuvent être animées, montrant l'évolution des variables et la déformation du maillage au court de la simulation. La figure 1 présente un exemple utilisant 3 vues pour afficher 3 variables différentes, chacune avec sa propre colormap: l'activité électrique, la force générée par le muscle localement et l'étirement du tissu utérin. Les visualisations peuvent être exportées sous forme d'image fixe ou en tant que vidéo.

Les travaux en court se concentre sur des possibles amélioration de l'expérience utilisateur ainsi que sur l'utilisation de la stéréovision pour faciliter la lecture des déformations du maillage.

REFERENCES

- *Jeremy Laforet, Catherine Marque: Sorbonne University, Université de Technologie de Compiègne, CNRS, UMR 7338 BMBI, 60200 Compiègne, France*
E-mail: jeremy.laforet@utc.fr, catherine.marque@utc.fr
 - *Maxime Yochum: LTSI, UMR 1099 Inserm - Université de Rennes 1, SESAME, Campus de Baulieu, 35042 Rennes Cedex, France*
E-mail: maxime.yochum@univ-rennes1.fr
- [1] S. Rihana, J. Terrien, G. Germain, and C. Marque. Mathematical modeling of electrical activity of uterine muscle cells. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 47(6):665–675, Mar. 2009.
 - [2] M. Yochum, J. Laforêt, and C. Marque. An electro-mechanical multiscale model of uterine pregnancy contraction. *Computers in Biology and Medicine*, 77:182–194, Oct. 2016.

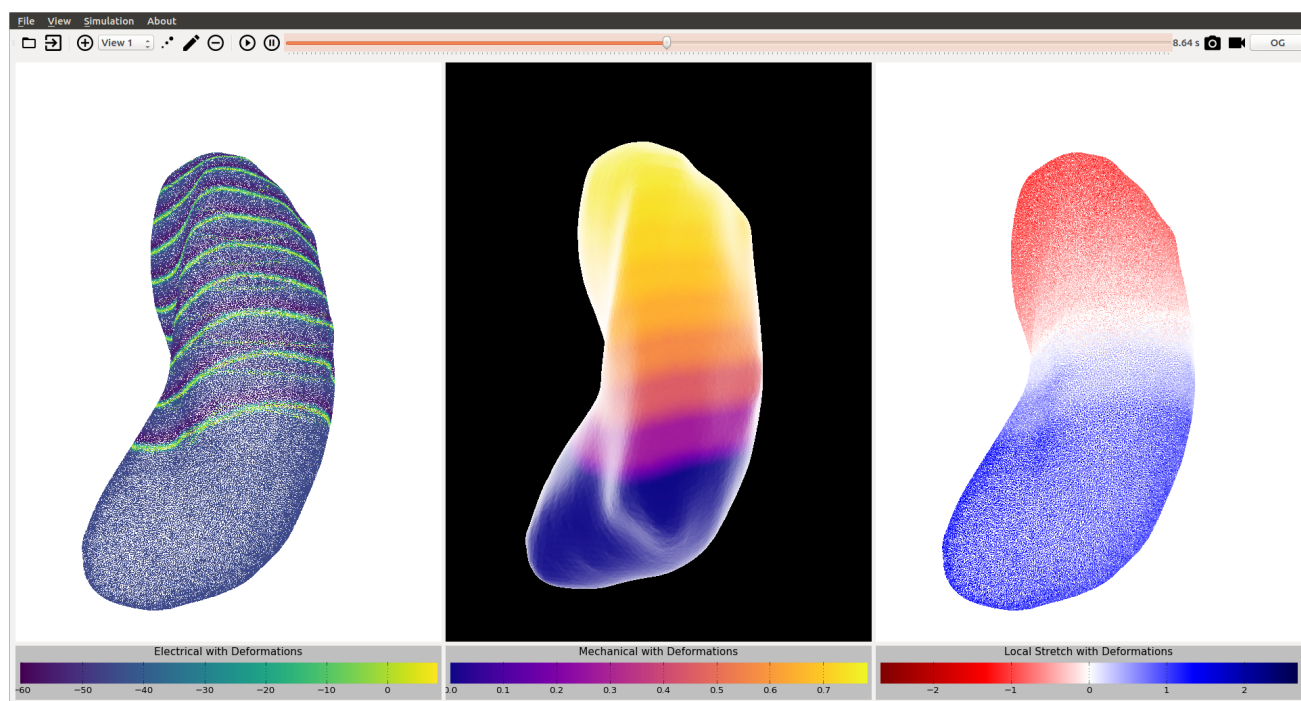


Fig. 1. Exemple d'utilisation de qSurfViewer pour visualiser la simulation d'une contraction utérine (Utilisant un maillage surfacique de l'utérus comprenant 100 000 nœuds). **Gauche**: Activité électrique des cellules musculaires utérine; **Centre**: Force générée par ces même cellules; **Droite**: Étirement actuel du tissu utérin.