

## Génération de maillages pour la simulation numérique en santé orientée patient spécifique

Guillaume DOLLÉ, LMR UMR 9008 CNRS, URCA - Reims

La simulation numérique en santé présente des avantages multiples. Elle permet notamment d'explorer de façon non invasive les effets de certains paramètres physiques sur la biomécanique ciblée, ou encore d'inférer des mesures inaccessibles par des appareils d'acquisition. Les approches utilisées de nos jours s'appuient fortement sur des procédés in-silico avec a minima l'objectif de construire des jumeaux numériques de certaines parties du corps.

Pour tenir compte de la variabilité interindividuelle, les simulations numériques doivent tendre vers un paradigme patient spécifique. Nous devons alors nous appuyer sur des données médicales pour définir le domaine de travail, en particulier l'imagerie, dont les modalités d'acquisition peuvent varier. Le passage de l'image médicale à la simulation n'est malheureusement pas immédiat et requiert irrémédiablement une étape de prétraitement qui peut s'avérer complexe.

Dans ce contexte, nous nous intéressons à la génération de maillage pour des méthodes numériques d'éléments finis (FEM) dont l'une des premières étapes de la modélisation consiste à définir un domaine de travail  $\Omega$  à discrétiser spatialement dans une dimension donnée afin de produire un maillage  $\mathcal{T}_h$  conforme au sens des éléments finis. Notons que dans le cas de régions du cerveau,  $\Omega$  peut-être décrit topologiquement comme une réunion de sous-domaines  $\bigcup_{i \in I} \Omega_i$  non nécessairement convexes avec un bord  $\partial\Omega_i$  que nous supposons suffisamment régulier.

Nous présenterons le processus et les difficultés de génération de ces maillages ainsi que certains outils que nous mettons en œuvre dans le cadre de plusieurs projets ANR en santé menés au sein de notre laboratoire. En particulier, nous nous intéresserons au processus de génération de maillages à partir de segmentations de différentes séquences d'acquisition IRM (T2, PC, 4D) et de cystographies, pour extraire respectivement des structures anatomiques 2D/3D du cerveau [2] (régions, réseaux vasculaires) ou encore du système urinaire inférieur chez l'enfant par le même procédé.

Cette approche a été utilisée notamment pour des problèmes inverses en reconstruction de propriétés optiques ou électriques des tissus du cerveau [5, 1] (Électroencéphalographie, Tomographie, IRM) (thèses de B. Sulis [5] et C. Milano), dans le cadre de la modélisation des écoulements sanguins [4] (thèses de P. Mollo et E. Fontaine), mais également dans le cadre de problèmes en Fluide-Structure pour l'étude bio-mécanique de la vessie (thèse de L. Granjean) [3].

- [1] M. Darbas, S. Lohrengel, B. Sulis. *A mathematical model for co-registered data from electroencephalography and diffusive optical tomography*. Math. Model. Nat. Phenom., **20**, 4, 2025. idhal:hal-04615344. doi:10.1051/mmnp/2025001.
- [2] G. Dollé, G. Loron, M. Alloux, V. Kraus, Q. Delannoy, J. Beck, N. Bednarek, F. Rousseau, N. Pas-sat. *Multilabel SegSRGAN - A framework for parcellation and morphometry of preterm brain in MRI*. PLoS ONE, **19**(11), 1–29, 2024. idhal:hal-04576760. doi:10.1371/journal.pone.0312822.
- [3] L. Grandjean, N. Boudaoud, G. Dollé, S. Salmon, M.-L. Poli Mérol. *Modeling of the Child's Lower Urinary Tract*. In *Numerical Mathematics and Advanced Applications (ENUMATH)*. Lisbon, Portugal, 2023. idhal:hal-04744364. Preprint.
- [4] P. Mollo, G. Dollé, S. Salmon, O. Balédent. *Accurate Cerebral Venous Blood Flow Simulations Compared to Real Data*. Math. Model. Nat. Phenom., 2025. idhal:hal-04555008. Preprint.
- [5] B. Sulis. *Analyse multimodale et problèmes inverses pour l'imagerie cérébrale*. Ph.D. thesis, Université de Reims Champagne-Ardenne, 2024.