

Du numérique pour étudier le cerveau

Stéphanie SALMON, Laboratoire de Mathématiques de Reims-FRE CNRS 2011

L'intérêt des simulations numériques pour le vivant n'est plus à démontrer. Elles donnent accès à des informations impossibles à obtenir *in vivo* ou de manière non invasive chez l'homme. Dans cet exposé, nous présentons des modèles et simulations numériques développés lors de projets récents visant à étudier différents aspects du fonctionnement du cerveau.

En premier lieu, nous simulons les écoulements sanguins dans les réseaux artériels et veineux cérébraux, à une échelle macroscopique. Ces réseaux réalistes sont reconstruits à partir d'images angiographiques, en l'occurrence, des données d'IRM de flux. Nous proposons, à ces fins, des méthodes variationnelles spécifiquement adaptées au traitement d'images angiographiques et à la reconstruction des structures tubulaires [1]. Des maillages adéquats pour la simulation sont ensuite construits à partir de la segmentation des vaisseaux sanguins. Les équations de Navier-Stokes sont alors résolues par des méthodes d'éléments finis à l'aide du logiciel FREEFEM++¹ [1]. Puis, nous abordons la question majeure et complexe de la validation de ces simulations numériques. Nous présentons différentes approches permettant de valider ces simulations d'écoulements sanguins en géométries réalistes, en particulier la simulation d'images angiographiques qui permet de retrouver, à des fins comparatives, le réseau initialement imagé [2].

Enfin, nous nous intéressons à une modélisation numérique du système cérébro-spinal. Plus particulièrement, nous considérons la pression intra-crânienne, qui constitue un paramètre vital assurant le bon fonctionnement de notre cerveau. Il n'existe, à ce jour, aucun moyen non invasif de mesurer cette pression intra-crânienne. Nous cherchons donc à obtenir des informations à l'aide de mesures de flux et d'un modèle numérique des écoulements de liquide cérébro-spinal et de son interaction avec les écoulements sanguins [3].

Tous ces travaux sont menés conjointement par des équipes inter-disciplinaires : mathématiques, informatique, bio-physique et médecine [4].

Références

- [1] O. MIRAUCOURT, S. SALMON, M. SZOPOS ET M. THIRIET, *Blood flow in the cerebral venous system: modeling and simulation*, Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering, Vol 20 (5), (2017)
- [2] A. FORTIN, S. SALMON, J. BARUTHIO, M. DELBANY, E. DURAND, *Flow MRI simulation in complex 3D geometries: Application to the cerebral venous network*, Magnetic Resonance in Medicine, DOI:10.1002/mrm.27114, (2018).
- [3] S. GARNOTEL, S. SALMON ET O. BALÉDENT, *Numerical Modeling of the Intracranial Pressure using Windkessel Models*, MathS In Action, 8 no. 1, (2017).
- [4] N. Passat, S. Salmon, J.-P. Armspach, B. Naegel, C. Prud'homme, H. Talbot, A. Fortin, S. Garnotel, O. Merveille, O. Miraucourt, R. Tarabay, V. Chabannes, A. Dufour, A. Jezierska, O. Balédent, E. Durand, L. Najman, M. Szopos, A. Ancel, J. Baruthio, M. Delbany, S. Fall, G. Pagé, O. Gènevaux, M. Ismail, P. Loureiro de Sousa, M. Thiriet, J. Jomier. "From real MRA to virtual MRA: Towards an open-source framework." *MICCAI*, pp. 335–343 (2016).

Stéphanie SALMON, Laboratoire de Mathématiques de Reims-FRE CNRS 2011

Université de Reims Champagne Ardenne

U.F.R. Sciences Exactes et Naturelles

Moulin de la Housse - BP 1039

51687 REIMS cedex 2

stephanie.salmon@univ-reims.fr

¹<http://www.freefem.org>