

Sujet de thèse

Titre : Modélisation mathématique, simulation numérique et application en tomographie optique chez l'enfant prématuré

Mots clés : modélisation mathématique, analyse numérique, simulation, méthode des éléments finis, tomographie optique, NIRS

Unité de recherche : La thèse s'effectuera au

Laboratoire de Mathématiques de Reims ,
EA 4535, Université de Reims-Champagne Ardenne

Unités de recherche associées:

GRAMFC (INSERM U1105, Université de Picardie-Jules Verne)
LAMFA (UMR CNR 7352, Université de Picardie-Jules Verne)

Directeurs de thèse : Stephanie Lohrengel (LMR, Reims), stephanie.lohrengel@univ-reims.fr
Stéphanie Salmon (LMR, Reims), stephanie.salmon@univ-reims.fr
Fabrice Wallois (GRAMFC, Amiens), fabrice.wallois@univ-picardie.fr

Description :

L'électroencéphalographie (EEG) et l'imagerie optique par spectroscopie proche infrarouge (Near InfraRed Spectroscopy, NIRS) sont des techniques largement utilisées pour l'analyse de l'activité cérébrale. Ces techniques sont particulièrement appropriées à l'examen du nouveau-né ou de l'enfant prématuré car elles sont non invasives et peuvent être mises en place au lit du patient. Elles apportent une aide au diagnostic d'une activité cérébrale possiblement pathologique, par la localisation de sources électriques pour l'EEG ou par la détection des flux hémodynamiques et du couplage neurovasculaire pour la NIRS.

Dans le cadre du projet ANR MAIA, nous nous intéressons à la modélisation mathématique de la tomographie optique en neuropédiatrie et plus particulièrement chez le nouveau-né ou le prématuré. La tomographie optique est basée sur l'absorption de la lumière dans l'échelle proche infrarouge des tissus biologiques et en particulier ceux du cerveau. Pour cela, des sources de lumière sont placées à la surface du scalp et des détecteurs mesurent la quantité de lumière qui arrive sur les capteurs après son passage par les différents tissus de la tête.

Dans la littérature, différents modèles sont avancés parmi lesquels l'équation de transfert radiatif et le modèle de diffusion en deux et trois dimensions. Chaque modèle correspondant à un régime particulier, une étude comparative aussi bien sur le plan mathématique que numérique permettra de sélectionner le modèle le plus approprié dans le cas du nouveau-né et de l'enfant.

L'objectif de cette thèse est de construire un modèle mathématique pour la tomographie optique chez le nouveau-né et de l'analyser mathématiquement pour choisir une méthode numérique appropriée à la simulation. Les données NIRS enregistrées par l'équipe médicale associée à ce projet permettront le calibrage du modèle ainsi que sa validation.

Une deuxième étape du projet consiste à exploiter les co-enregistrements de données EEG et NIRS et d'appliquer les algorithmes développés en EEG-NIRS dans des situations cliniques telles que l'épilepsie chez l'enfant.

En effet, la spectroscopie proche infrarouge est basée sur le principe qu'une activité neuronale provoque un changement au niveau des flux hémodynamiques et du métabolisme cérébral. L'objectif sera de développer un modèle mathématique couplé pour le nouveau-né à partir des équations utilisées dans les modèles EEG et NIRS et applicable en clinique.

Références :

1. S.R. Arridge, J.C. Schotland, *Optical tomography: forward and inverse problems*, *Inverse Problems*, 25 (12), 2009.
2. J.-D. Boissonnat, R. Chaine, P. Frey, G. Malandain, S. Salmon, E. Saltel et M. Thiriet, *From arteriographies to computational flow in saccular aneurisms: the INRIA experience*, *Medical Image Analysis*, Volume 9 (2005), Issue 2, pp. 133-143.
3. M. Darbas, M.M. Diallo, A. El Badia et S. Lohrengel, *Sensitivity Analysis for the EEG model in neonates with respect to variations of the conductivity*, soumis.
4. M. Dehaes, K. Kazemi, M. Péligrini-Issac, R. Grebe, H. Benali et F. Wallois, *Quantitative Effect of the Neonatal Fontanel on Synthetic Near Infrared Spectroscopy Measurements*, *Human Brain Mapping* 34 (2013), pp. 878--889.
5. O. Miraucourt, S. Salmon, M. Szopos and M. Thiriet, *Blood flow simulations in the cerebral venous network*, 3rd International Conference on Computational and Mathematical Biomedical Engineering, pp. 187-190 (2013).
6. O. Miraucourt, O. Génevaux, M. Szopos, M. Thiriet, H. Talbot, S. Salmon et N. Passat, *3D CFD in complex vascular systems: A case study*, 6th International Symposium on Biomedical Simulation, pp. 86-94 (2014).
7. A. Azizolhaji, A. Aarabi, F. Wallois, F., *Effects of uncertainty in head tissue conductivity and complexity on EEG forward modeling*. *Human Brain Mapping*, in press, 2016.