

Stage de master - IRM de diffusion et relaxométrie : vers une utilisation combinée

Encadrants : Olivier Commowick, Unité/Projet Empenn, Inria (Olivier.Commowick@inria.fr)

Lieu du stage : Unité/Projet Empenn, IRISA, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes Cedex, France
<https://team.inria.fr/empenn>

Durée : 5 à 6 mois, démarrage vers mars 2021

Contexte

L'imagerie IRM de diffusion permet l'étude avancée de la microstructure du cerveau, et l'extraction de la structure des fibres nerveuses. A partir d'acquisitions pondérées en diffusion, la première étape consiste à estimer un modèle caractérisant les propriétés de diffusion de l'eau en un voxel donné et ainsi caractériser cette microstructure. De nombreux modèles de diffusion ont été développés récemment et notamment les modèles dits multi-compartiments [1], permettant de modéliser précisément les croisements de faisceaux de fibres en un point donné. De tels modèles apportent de grandes promesses pour la meilleure compréhension de pathologies et l'étude des connexions du cerveau via des algorithmes de tractographie [2].

D'un autre côté, la relaxométrie T2 [3,4] apporte une information quantitative, via la mesure des temps de relaxation des tissus (paramètre capital de la formation des IRM), sur les tissus composant chaque pixel du cerveau. Parmi ceux-ci figure notamment la myéline, marqueur fondamental de l'atteinte du cerveau par certaines pathologies comme la sclérose en plaques [5].

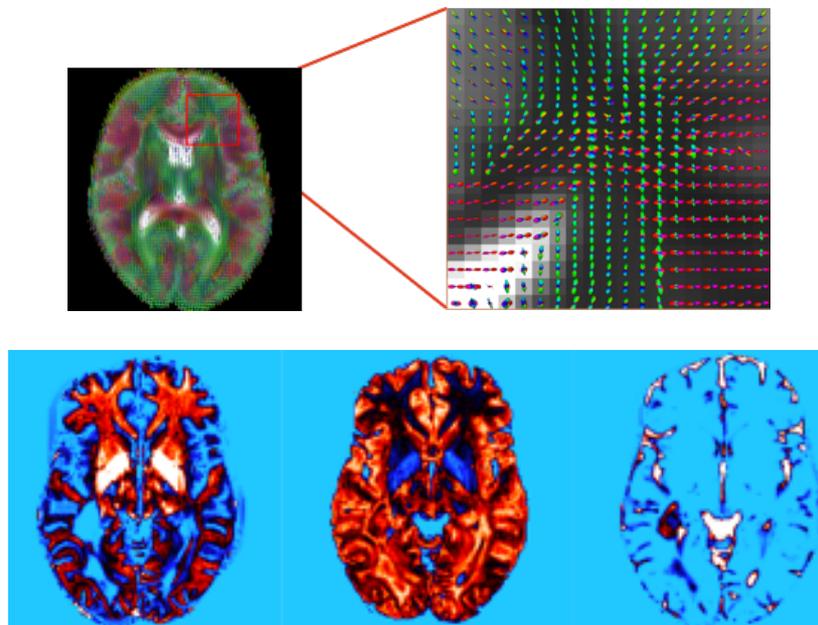


Figure 1. Exemple d'images de diffusion (en haut) et de relaxométrie (en bas)

Ces deux modalités souffrent cependant de problèmes, les rendant complémentaires. Par exemple, l'IRM de diffusion est aveugle à la myéline et les paramètres issus des modèles de diffusion peuvent être biaisés [6]. La relaxométrie, quant à elle, est sensible à l'orientation des fibres nerveuses par rapport au champ magnétique [7], pouvant compromettre l'estimation des paramètres de microstructure dans

certaines régions du cerveau. Il apparaît alors que ces deux modalités pourraient être complémentaires et bénéficier l'une de l'autre pour une meilleure estimation des informations de microstructure.

Objectifs du stage

Dans ce cadre, nous recherchons un stagiaire pour explorer le lien entre ces deux modalités. Après une phase de revue de la littérature existante dans le domaine, l'étudiant s'intéressera donc aux possibilités d'inclure les informations directionnelles issues de la diffusion dans l'estimation de la fraction de myéline, et éventuellement inversement. L'évaluation de telles méthodes pourra se faire grâce à une comparaison aux valeurs attendues anatomiquement et en utilisant la plateforme Neurinfo pour y effectuer des expérimentations spécifiques.

Ensuite, le stage se consacrera à la définition de méthodes d'estimation jointe de paramètres de diffusion et de relaxométrie, exploitant les modèles de formation du signal des deux modalités. D'un point de vue méthodologique, ce stage se focalisera sur les domaines suivants :

- IRM de diffusion et modèles de diffusion
- Relaxométrie et modèles multi-compartiments des tissus
- Estimation de modèles à partir de signaux IRM
- Tractographie, i.e. extraction de fibres nerveuses à partir d'images de diffusion

Localisation

Le stage se déroulera au sein de l'unité Empenn U1228 (<https://team.inria.fr/empenn>, Inria/IRISA, UMR CNRS 6074). Les travaux seront effectués en lien avec la plateforme de recherche IRM Neurinfo (<http://www.neurinfo.org>).

Pré-requis : C++ et/ou Python, éventuellement Matlab, très bonne connaissance des mathématiques appliquées : traitement d'images et du signal, connaissances des séquences et acquisitions IRM.

Références

- [1] E. Panagiotaki, T. Schneider, B. Siow, M. G. Hall, M. F. Lythgoe and D. C. Alexander. Compartment models of the diffusion MR signal in brain white matter: a taxonomy and comparison. *NeuroImage*, vol. 59, no. 3, pages 2241–54, 2012.
- [2] B. Jeurissen, M. Descoteaux, S. Mori and A. Leemans. Diffusion MRI fiber tractography of the brain. *NMR in biomedicine*, vol 32, no. 4, pages e3785, 2019.
- [3] A.L. MacKay and C. Laule. Magnetic resonance of myelin water: An in vivo marker for myelin. *Brain Plasticity*, vol. 2, no. 1, pp. 71–91, 2016.
- [4] K.J. Layton, M. Morelande, D. Wright, P.M. Farrell, B. Moran, and L.A. Johnston. Modelling and estimation of multi-component T2 distributions. *IEEE TMI*, vol. 32, no. 8, pp. 1423–1434, 2013.
- [5] S. Chatterjee, O. Commowick, O. Afacan, S. Warfield, C. Barillot. Tissue microstructure information from T2 relaxometry and diffusion MRI can identify multiple sclerosis (MS) lesions undergoing blood-brain barrier breakdown (BBB). *ISMRM*, 2019.
- [6] M. Frigo, R. Fick, M. Zucchelli, S. Deslauriers-Gauthier, R. Deriche. Multi Tissue Modelling of Diffusion MRI Signal Reveals Volume Fraction Bias. *ISBI 2020*.
- [7] M.J. Knight, B. Wood, et al. Anisotropy of spin-echo T2 relaxation by magnetic resonance imaging in the human brain in vivo. *Biomedical Spectroscopy and Imaging*, vol. 4, no. 3, pp. 299-310, 2015.