

## Stage de Master 2– 2021-2022

### Méthode d'apprentissage basée sur le transport Optimal pour le traitement de la connectivité cérébrale

Encadrants : Pierre Maurel ([Pierre.Maurel@irisa.fr](mailto:Pierre.Maurel@irisa.fr))  
Julie Coloigner ([julie.coloigner@irisa.fr](mailto:julie.coloigner@irisa.fr))

Lieu du stage : Empenn U1228, IRISA, Campus de Beaulieu, Rennes - <https://team.inria.fr/empenn/>

Mots-clés : Apprentissage automatique, Imagerie médicale, Graphes, Graph Signal Processing, transport optimal

#### Contexte et objectifs du stage

Empenn U1228 est une équipe de recherche de l'Université de Rennes I, affiliée conjointement à l'INSERM et à INRIA. Empenn U1228 est composante de l'IRISA (UMR CNRS 6074) et est localisé sur Rennes à la fois sur le campus médical et le campus de sciences. L'objectif de notre unité est d'apporter son expertise dans le domaine des algorithmes automatiques de traitement des signaux et images médicales et autour de méthodes innovantes pour permettre de mieux mesurer le cerveau humain « en action ». Empenn fait collaborer ensemble des cliniciens et des chercheurs en informatique et en apprentissage automatique autour de plusieurs projets portant sur la connectivité cérébrale.

Le cerveau humain est composé d'un réseau complexe formé de dizaines de milliards de neurones, chacun d'entre eux étant relié à 100 000 autres, via les axones qui constituent les faisceaux de fibres de la matière blanche. La cartographie complète des connexions cérébrales, le « connectome », est nécessaire pour comprendre l'organisation fonctionnelle du cerveau et étudier les dysfonctionnements causés par différentes pathologies. Au cours de la dernière décennie, certains projets de recherche tels que le Human Connectome Project (HCP) ont proposé de cartographier les connexions entre les voies neurales qui sous-tendent la fonction et le comportement du cerveau, afin d'améliorer notre compréhension du fonctionnement du cerveau. La modélisation mathématique à partir de la théorie des graphes fournit une approche extrêmement puissante dans l'étude des réseaux cérébraux. En effet, la carte de connectivité peut être représentée par un graphe (comme sur la figure ci-dessous) dans lequel les nœuds représentent les différentes zones corticales et les bords symbolisent les connexions entre ces nœuds.

Établir la relation entre les mesures de connectivité et les maladies est actuellement un challenge en neurosciences. L'apprentissage automatique a donné des résultats intéressants pour étudier le diagnostic de divers troubles neurocognitifs et psychiatriques.

#### Mission

Dans ce stage, nous proposons de modéliser le cerveau sous forme de graphe multimodaux à partir de données d'imagerie par résonance magnétique (IRM) multimodale (imageries fonctionnelle et de diffusion). A partir de ces graphes, nous ambitionnons de développer des approches de Machine Learning basées sur les notions de Traitement de Signal sur Graphe [1-3] et de Transport Optimal [4-6]. En effet, nous prévoyons d'aborder des métriques de transport optimales comme la distance de Wasserstein, adaptées pour nos données de connectivité.

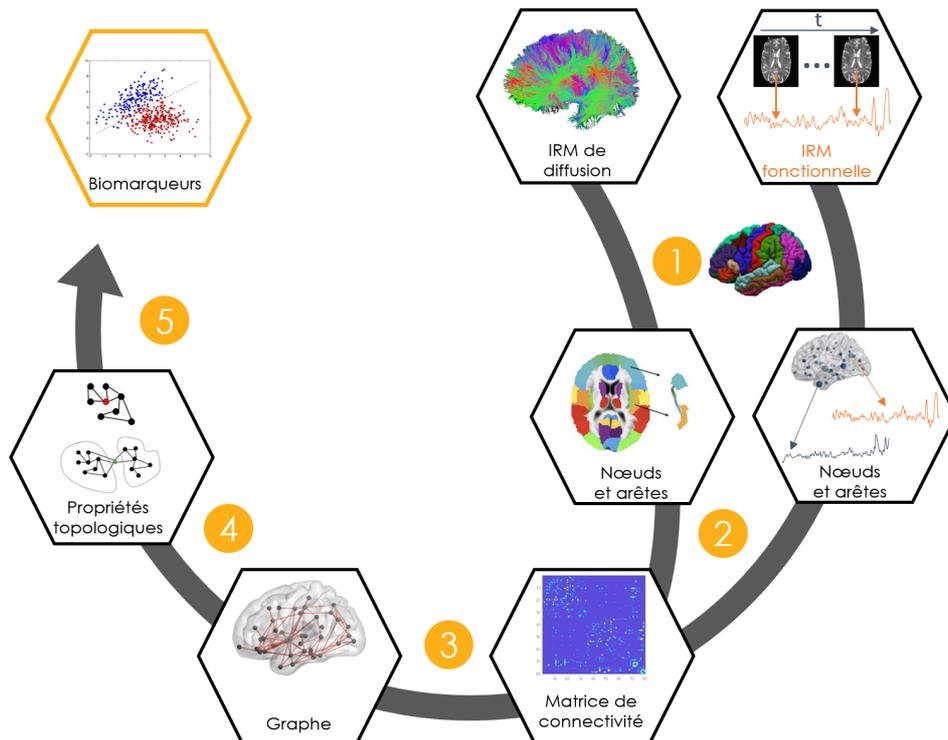


Figure 1. Modélisation et analyse des réseaux neuronaux.

Ce stage nécessitera :

1. La prise en compte de la littérature existante dans le domaine et l'implémentation des méthodes adaptées au problème rencontré
2. La prise en main des logiciels et des technologies utilisées (C++, Python et Matlab en particulier)
3. Le développement : conception, codage, tests, documentation

### Localisation

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

### Compétences scientifiques et techniques requises

#### Compétences requises

- Formation solide en mathématique (apprentissage automatique) et statistique
- Connaissances en informatique : Python, Matlab, C++, Linux, etc.

#### Qualités requises

- Rigueur, autonomie, curiosité scientifique et technique, esprit d'initiative, bonnes aptitudes relationnelles, passionné par les nouvelles technologies
- Maîtrise de l'anglais technique et scientifique

#### Compétences souhaitées

- Connaissances en machine learning et en traitement du signal et des images. Une connaissance de librairies python seraient un plus.

### Références :

- [1] Shuman, D. I., Narang, S. K., Frossard, P., Ortega, A., & Vandergheynst, P. (2013). The emerging field of signal processing on graphs. *IEEE Signal Processing Magazine*.
- [2] Huang, W., Bolton, T. A., Medaglia, J. D., Bassett, D. S., Ribeiro, A., & Van De Ville, D. (2018). A graph signal processing perspective on functional brain imaging. *Proceedings of the IEEE*, 106(5), 868-885.
- [3] Brahim, A., & Farrugia, N. (2020). Graph Fourier transform of fMRI temporal signals based on an averaged structural connectome for the classification of neuroimaging. *Artificial Intelligence in Medicine*, 106, 101870.
- [4] Courty, N., Flamary, R., Tuia, D., & Rakotomamonjy, A. (2016). Optimal transport for domain adaptation. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 39(9), 1853-1865.
- [5] Ricaud, B., Borgnat, P., Tremblay, N., Gonçalves, P., & Vandergheynst, P. (2019). Fourier could be a data scientist: From graph Fourier transform to signal processing on graphs. *Comptes Rendus Physique*, 20(5), 474-488.
- [6] Flamary, R., F evotte, C., Courty, N., & Emiya, V. (2016). Optimal spectral transportation with application to music transcription. *arXiv preprint arXiv:1609.09799*.