

**OFFRE DE THESE EN INFORMATIQUE / NEURO-ANATOMIE
(LIFAT TOURS – INRAE NOUZILLY)****BOURSES COFINANCEES - REGION CVL - INRAE**

Titre : Apprentissage profond sur graphes pour l'analyse et la comparaison morphofonctionnelle d'encéphales.

Noms, prénoms et équipes de rattachement du / de la / des directeur.trice.s de la thèse

- Jean-Yves Ramel (PR HDR) – LIFAT Université de Tours – ED MIPTIS
- Elodie Chaillou (CR HC HDR) – INRAE PRC - ED SSBCV 59
- *En collaboration avec l'équipe iBrain, INSERM (C. Destrieux, F. Anderson)*

**Résumé du projet de thèse**

L'essor de **méthodes d'imagerie cérébrale** génère une masse considérable de données morphologiques et fonctionnelles. Pour autant, leur exploration puis leur comparaison au cours du temps pour un individu (développement et vieillissement), entre individus (variabilité au sein de l'espèce), et plus encore entre espèces différentes n'ont pu être que partielles. **Nous proposons de modéliser ces données sous forme de graphes, puis d'utiliser les approches récentes de l'intelligence artificielle pour mieux les analyser.**

Cette démarche a déjà été initiée par un consortium pluridisciplinaire réunissant des chercheurs en neuroanatomie, en biologie animale et en informatique ainsi que des neurochirurgiens lors des projets Régionaux NeuroGéo et [Neuro2Co](#) (LIFAT, INRAE, INSERM). Elle a abouti à la création de [SILA3D](#), une plateforme logicielle, en accès libre permettant la représentation des données anatomo-fonctionnelles sous forme de graphes grâce à une segmentation sémantique interactive des images [1, 2].

Dans ce contexte, la thèse proposée vise à créer de nouveaux algorithmes d'analyses et de comparaisons anatomo-fonctionnelles d'encéphales à l'aide de méthodes classiques (théorie des graphes) mais aussi plus récentes (réseaux de neurones profonds sur graphes (**GNN, geometric deep learning ...**)).

Les objectifs généraux de cette thèse sont :

- Spécifier différentes stratégies de modélisation des données sous forme de graphes. Pour cela, des données morphologiques et fonctionnelles issues de différentes modalités d'imagerie, notamment IRM structurelle et tractographie, seront combinées à l'aide de différentes approches à définir. Le ou la doctorante utilisera deux jeux de données d'ores et déjà acquises : a) IRM ex vivo à très haut champ du tronc cérébral humain (iBrain et NeuroSpin) [5, 10]; b) IRM in vivo d'agneaux en croissance (PRC et PIXANIM) [8].
- Étudier les différences entre individus (variabilité du tronc cérébral humain) et au cours du temps (suivi du développement cérébral de l'agneau de la naissance à l'âge adulte [7,8,9]). Le ou la doctorante proposera plusieurs méthodes de comparaison de graphes exploitant les avancées récentes dans le Deep Learning sur Graphes (GNN) [3, 4, 11].

Les défis scientifiques associés à ces objectifs sont **(1)** développer de nouvelles méthodes d'apprentissage profond sur graphes pour la détection et la classification de sous-structures particulières dans un encéphale (classification semi-supervisée de nœuds) [3, 11]; **(2)** de développer de nouvelles méthodes d'apprentissage profonds sur graphes pour la comparaison, la discrimination, et la classification d'encéphales (classification supervisée ou non supervisée de graphes) [4, 11].

Tout au long de son projet doctoral, l'étudiant.e mettra en œuvre une démarche de participative design incluant l'ensemble des participants afin d'assurer des échanges pluridisciplinaires constants tout au long du travail et garantissant l'obtention de résultats innovants et opérationnels.

Qualifications

Les candidats doivent être titulaires d'un master ou d'un diplôme d'ingénieur dans un domaine lié à l'informatique ou aux mathématiques appliquées, avec de solides compétences en programmation (en particulier librairies pour l'apprentissage profond). Une expérience en analyse d'images médicales ou en neuro-anatomie sera un plus. Les candidats doivent avoir des capacités à rédiger des rapports scientifiques et à communiquer des résultats de recherche lors de conférences en anglais.

Informations et candidature

Les candidatures doivent comprendre les documents suivants au format électronique : i) une brève lettre de motivation indiquant les raisons de votre intérêt pour ce projet ; ii) un CV détaillé décrivant votre formation antérieure et votre parcours de recherche en rapport avec le poste ; iii) les relevés de notes pour les diplômes de master ; iv) éventuellement, les coordonnées de personnes pouvant vous recommander.

Veuillez envoyer votre dossier de candidature à jean-yves.ramel@univ-tours.fr et elodie.chaillou@inrae.fr

Une première sélection aura lieu, puis des entretiens seront proposés entre avril et fin mai.

Le poste débutera en octobre 2022 avec un salaire de 1 975 euros brut/mensuel (montant légal des contrats doctoraux en France) et sera situé à Tours, France.

Idéalement située au cœur de la France (Val de Loire), à une heure de Paris et à 2 heures 30 de l'océan atlantique, Tours est une ville vivante et dynamique.

Bibliographie

- [1] Galisot G, Brouard T, **Ramel JY**, **Chaillou E**. (2019) A Comparative Study on Voxel Classification Methods for Atlas based Segmentation of Brain Structures from 3D MRI Images. VISIGRAPP International Conference p341-350
- [2] Zhuang X, Galisot G, **Ramel JY** et al. (2019) Evaluation of algorithms for Multi-Modality Whole Heart Segmentation: An open-access grand challenge. Medical Image Analysis 58
- [3] Xiaoxiao Li, Yuan Zhou, Nicha Dvornek, et al. BrainGNN: Interpretable Brain Graph Neural Network for fMRI Analysis, Medical Image Analysis, Volume 74, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.media.2021.102233>.
- [4] Abu-Aisheh Z, Raveaux R, **Ramel JY**, Martineau P. (2015) An Exact Graph Edit Distance Algorithm for Solving Pattern Recognition Problems. 4th International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods [URL NetworkX](#)
- [5] Lechanoine F, Jacqueson T, Beaujoin J, Serres B, Mohammadi M, Planty-Bonjour A, **Andersson F**, Poupon P, Poupon C, **Destrieux C** (2021) WikiBS: an online atlas to manually segment the human brainstem at mesoscopic scale. Neuroimage 236.
- [6] Menant O, **Andersson F**, Zelena D, **Chaillou E**. (2016) The benefits of magnetic resonance imaging methods to extend the knowledge of the anatomical organisation of the periaqueductal gray in mammals. J Chem Neuroanat 77:110-120. doi: 10.1016/j.jchemneu.2016.06.003.
- [7] **Chaillou E**, Tillet Y, **Andersson F** (2012) MRI Techniques and New Animal Models for Imaging the Brain in book: When Things Go Wrong - Diseases and Disorders of the Human Brain (doi: 10.5772/35834)
- [8] **Love SA**, Haslin E, Bellardie M, **Andersson F**, Barantin L, Filipiak I, ... **Chaillou E**. (2021). Maternal deprivation and milk replacement affect the integrity of gray and white matter in the developing lamb brain. Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.4714660>
- [9] **Siwiaszczyk M**, Yebga Hot R, Morisse M, Calandrea L, Barrière D, Beaujoin J, ... **Chaillou E**. (2021). Quail (Coturnix japonica) brain MRI template and whole-brain atlas [Data set]. Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.4700523>
- [10] **Destrieux C**, Fischl B, Dale A, Halgren E (2010): Automatic parcellation of human cortical gyri and sulci using standard anatomical nomenclature. Neuroimage 53:1-15.
- [11] Rozemberczki B, Scherer P, He Y, Panagopoulos G, Astefanoaei M, Kiss O, Beres F, Collignon N, Sarkar R. (2021) PyTorch Geometric Temporal: Spatiotemporal Signal Processing with Neural Machine Learning Models. arXiv preprint arXiv:2104.07788