Université de Rennes

Direction de la Recherche et de l'Innovation

Appel à projets - Année 2026

Contrats doctoraux «Ordinaires»

ECOLE DOCTORALE : MATISSE **POLE DE RECHERCHE : Mathématiques-numérique**

Unité de recherche d'accueil

Unité de Recherche : IRISA, UMR 6074

Equipe : Empenn

Encadrement

Directeur de thèse : Julie Coloigner **Unité de recherche** : Empenn

Employeur/Établissement d'origine :

HDR : X oui • non **Nb de thèses en cours** : 5

Mail : julie.coloigner@irisa.fr **Tél**. : 02 99 84 22 13

Co-directeur de thèse : Laurent Albera **Unité de recherche** : LTSI

Employeur/Établissement d'origine :

HDR : X oui • non **Nb de thèses en cours** : 3

Mail : laurent.albera@univ-rennes1.fr **Tél.** : 02 23 23 62 20

Sujet

Titre : Des données EEG–IRM à l'identification du réseau épileptogène : modélisation inverse contrainte et apprentissage

Mots clés : Électroencéphalographie, Neuroimagerie et problème inverse, optimisation, réseaux de neurones déroulés

Cotutelle internationale (oui/non) : NON **Si oui, préciser l'établissement et le pays de rattachement** :

Descriptif (15-30 lignes) :
Contexte socioéconomique et scientifique ; Les hypothèses et questions posées ; Les grandes étapes de la thèse et démarche ; Approches méthodologiques et techniques envisagées

Contexte : L'épilepsie est un trouble neurologique chronique qui touche environ 1 % de la population mondiale, soit près de 600 000 personnes en France. Dans près de 30 % des cas, les traitements antiépileptiques se révèlent inefficaces pour contrôler la survenue des crises. Ces épilepsies pharmacorésistantes sont qualifiées de partielles ou focales lorsque leur origine est localisée dans une région cérébrale relativement circonscrite. Dans ce contexte, la chirurgie peut constituer une option thérapeutique curative, à condition que la zone focale responsable des crises soit unique et suffisamment éloignée de régions cérébrales hautement fonctionnelles, impliquées notamment dans le langage ou la motricité. Lors d'une crise, ces régions sont le siège d'une activité neuronale intense et anormalement synchronisée, s'organisant en un réseau épileptogène (Bartolomei et al., 2017). Qu'il s'agisse d'une chirurgie de résection ou d'une approche palliative telle que la stimulation électrique, l'enjeu majeur est alors d'identifier avec précision, pour chaque patient, la ou les régions cérébrales épileptogènes.

Objectifs : L'objectif de cette thèse est de développer des outils performants pour l'identification du réseau épileptogène, en exploitant conjointement les données d'électroencéphalographie (EEG) et d'imagerie par résonance magnétique (IRM) du patient. Cette thèse s'appuie sur l'introduction d'un a priori spatio-temporel, fondé sur l'hypothèse que le réseau épileptogène est constitué de sources épileptiques potentiellement corrélées et que la propagation de l'activité électrique s'effectue préférentiellement le long des fibres de la substance blanche. Dans cette perspective, deux axes méthodologiques complémentaires seront explorés. Le premier concerne l'estimation de la connectivité structurelle cérébrale à partir d'IRM de diffusion (IRMd), permettant de caractériser les fibres de la substance blanche (Dam et al., 2024). Le second vise à exploiter la connectivité fonctionnelle issue de l'IRM fonctionnelle (IRMf) afin d'informer le modèle inverse et de contraindre l'estimation du réseau épileptogène (Coloigner et al., 2017). Ces informations multimodales seront intégrées de manière cohérente pour améliorer la précision et la robustesse de la résolution du problème inverse.

Approche méthodologique : Nous proposons de reformuler le problème contraint d'identification du réseau épileptogène comme un problème d'optimisation, consistant à minimiser une fonction objectif définie comme la somme d'un terme d'attache

aux données, tenant compte du modèle, et d'un ou plusieurs termes de régularisation intégrant des informations de connectivité structurelle ou fonctionnelle (Hammond et al., 2013 ; Kojčić et al., 2021,Noorzadeh et al., 2017). Des paramètres de régularisation interviennent afin d'assurer un compromis optimal entre la fidélité aux données et l'incorporation des contraintes a priori. Les approches classiques reposent généralement sur un choix empirique de ces paramètres, qu'il s'agisse des coefficients de régularisation ou des hyperparamètres algorithmiques, ce qui peut limiter la robustesse et la généralisation des méthodes proposées (Joud et al., 2024). Plus récemment, les réseaux de neurones déroulés (unrolled neural networks) ont émergé comme une alternative prometteuse, en combinant de manière explicite des schémas d'optimisation itératifs et des techniques d'apprentissage (Ablin et al., 2019). Une telle stratégie d'optimisation sera explorée et adaptée dans le cadre de cette thèse.

Références

Ablin, P., Moreau, T., Massias, M., & Gramfort, A. (2019). Learning step sizes for unfolded sparse coding. Advances in Neural Information Processing Systems, 32.

Bartolomei, F., Lagarde, S., Wendling, F., McGonigal, A., Jirsa, V., Guye, M., & Bénar, C. (2017). Defining epileptogenic networks: contribution of SEEG and signal analysis. Epilepsia, 58(7), 1131-1147.

Coloigner, J., Phlypo, R., Coates, T. D., Lepore, N., & Wood, J. C. (2017). Graph lasso-based test for evaluating functional brain connectivity in sickle cell disease. Brain connectivity, 7(7), 443-453.

Dam, S., Batail, J. M., Robert, G. H., Drapier, D., Maurel, P., & Coloigner, J. (2024). Structural Brain Connectivity and Treatment Improvement in Mood Disorder. Brain connectivity, 14(4), 239-251.

Joud, Carla, Albera, Laurent, Merlet, Isabelle, et al. SOS-MUSIC, a subspace approach for EEG source imaging promoting sparsity of active sources. In : 2024 32nd European Signal Processing Conference (EUSIPCO). IEEE, 2024. p. 1601-1605.

Noorzadeh, S., Maurel, P., Oberlin, T., Gribonval, R., & Barillot, C. (2017, September). Multi-modal EEG and fMRI source estimation using sparse constraints. In International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (pp. 442-450). Cham: Springer International Publishing.

Ce document est à renvoyer par la direction de l'unité de Recherche aux animateurs du Pole Recherche et à l'école Doctorale pour le 13 février 2026 au plus tard