

---

**Titre :** Représentations basées graphes incluant l'information spatiale pour la classification des signaux EEG.

**Mot clés :** Électroencéphalographie, connectivité fonctionnelle, traitement du signal sur graphe, réseaux de neurones sur graphes, classification, charge mentale, imagerie motrice mentale.

**Résumé :** La connectivité fonctionnelle, estimée à partir de l'électroencéphalographie (EEG), constitue un outil privilégié pour analyser les interactions neuronales grâce à sa haute résolution temporelle et à son caractère non invasif. La modélisation de ces signaux par des graphes est apparue récemment comme une approche prometteuse, mais la plupart des travaux existants négligent encore l'intégration explicite de la configuration spatiale des électrodes. Cette thèse vise à développer des représentations basées sur les graphes pour la classification de la connectivité fonctionnelle à partir de signaux EEG. L'originalité des approches proposées réside dans l'intégration conjointe de la disposition spatiale des électrodes, et des motifs de connectivité. Ces méthodes sont appliquées dans le cadre de classification de la

charge mentale et de l'imagerie motrice dans des interfaces cerveau ordinateur (ICO). Plus précisément, nous proposons (i) une représentation sous forme d'images de la connectivité fonctionnelle, intégrant à la fois la position, le degré et la connectivité des électrodes, permettant une classification par réseaux convolutifs (CNN); (ii) une représentation vectorielle fondée sur des forces d'attraction et de répulsion entre électrodes, utilisée avec des classifieurs classiques tels que les machines à vecteurs de support (SVM); et (iii) l'exploration de différentes approches de graphes traités par réseaux de neurones sur graphes (GNN), combinant informations spatiales et diverses mesures de distance, afin d'identifier la représentation la plus adaptée pour ce type de modèles.

---

**Title:** Spatial-aware Graph-based Representations for EEG signals Classification.

**Keywords:** Electroencephalography, functional connectivity, graph signal processing, graph neural networks, classification, mental workload, mental motor imagery.

**Abstract:** Functional connectivity, estimated from electroencephalography (EEG), is a useful tool for analyzing neural activity due to its high temporal resolution and non-invasive nature. Modeling EEG signals using graphs has emerged as a promising approach; however, most existing studies still overlook the electrode spatial configuration in graph construction. This thesis aims to develop graph-based representations for the classification of functional connectivity from EEG signals. The originality of the proposed approaches lies in the joint integration of electrode spatial arrangement and connectivity patterns. These methods are applied to the classification of mental work-

load and motor imagery within brain-computer interface (BCI) systems. More specifically, we propose: (i) an image-based representation of functional connectivity that incorporates electrode position, degree, and connectivity, enabling classification with convolutional neural networks (CNNs); (ii) a vector-based representation grounded in attractive and repulsive forces between electrodes, combined with classical classifiers such as support vector machines (SVM); and (iii) the exploration of various graph types classified with graph neural network (GNN), leveraging spatial information and different distance measures, to identify the most suitable graph representation for such models.