

## Soutenance de thèse

**Xiaoqi XU** soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA DECISIO et intitulée «*À la recherche d'invariants dans les signaux électroencéphalographiques pour les interfaces cerveau-ordinateur*»

**Le 27 janvier 2023 à 9h00, salle des thèses ISAE-SUPAERO**

devant le jury composé de

Mme Raphaëlle ROY	Enseignant-Chercheur ISAE-SUPAERO	Directrice de thèse
M. Nicolas DROUGARD	Enseignant-Chercheur ISAE-SUPAERO	Co-directeur de thèse
M. Moritz GROSSE-WENTRUP	Professor University of Vienna	Rapporteur
M. Théodore PAPADOPOULO	Directeur de recherche INRIA Sophia Antipolis	Rapporteur
M. Alexandre GRAMFORT	Directeur de recherche INRIA Saclay	Examineur
Mme Kathryn HESS BELLWALD	Professor Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)	Examinatrice
Mme Martina SCOLAMIERO	Assistant professor Royal Institute of Technology (KTH)	Examinatrice
M. Fabien LOTTE	Directeur de recherche INRIA Bordeaux	Examineur

**Résumé :** Une interface cerveau-ordinateur (BCI) est un chemin entre l'activité cérébrale et les actions de la machine. Les signaux cérébraux sont collectés et traités pour obtenir les états mentaux globaux de l'utilisateur qui sont utilisés soit comme une commande explicite pour la machine, soit comme une information implicite. Malgré de nombreux progrès impressionnants, plusieurs grands défis demeurent, parmi lesquels la variabilité du signal d'électroencéphalographie (EEG) entre les sessions et les utilisateurs. Cette thèse de doctorat propose 3 façons d'aborder ce problème. La première d'un point de vue spatial consiste à décomposer spatialement les signaux EEG en espaces propres du Laplacien et à réduire la dimension des données par troncature. Cette technique est indépendante des données et rapide à appliquer. Des expériences sur un grand ensemble de données publiques ont démontré que la précision de la classification était améliorée même en utilisant de petites dimensions. La seconde d'un point de vue temporel est basée sur un outil non paramétrique d'analyse de séries temporelles : la signature de chemin (path signature en anglais). Il fournit des caractéristiques indépendantes de la paramétrisation temporelle et la relation lead-lag entre les voies capturée par la signature de second niveau s'est avérée plus robuste à la variabilité de l'utilisateur que les matrices de covariance lorsqu'elles sont combinées avec des classificateurs riemanniens. La troisième est l'étude de la dynamique spatio-temporelle des signaux EEG via l'analyse des données topologiques (TDA). Une revue complète de la TDA appliquée au traitement de l'EEG a été réalisée. Des méthodes efficaces ont été développées en tenant compte de la spécificité des interfaces cerveau-ordinateur. Toutes les méthodes proposées ont été testées sur des ensembles de données publiques et comparées aux méthodes l'état de l'art tels que les classificateurs riemanniens.

**Mots-clés :** BCI, mathématiques, EEG

**Summary:** Brain-Computer Interfaces (BCIs) provide a means to perform operators' online monitoring in risky settings (e.g. aeronautical context) which is not feasible with subjective and behavioural measurements. However the accuracy is far from optimal because of low signal-to-noise ratio, overlap of features and restricted amount of data. This PhD aims at addressing the above problems and developing a pipeline to process physiological data in an online manner which would be robust to noise, to the work context and the operator.

**Keywords:** BCI, mathematics, EEG