RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ONERA
THE FRENCH AEROSPACE LAB

www.onera.fr

PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DTIS-2026-09**
(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Salon de Provence

Département/Dir./Serv. : DTIS/ICNA

Tél. : 04 90 17 01 38

Responsable(s) du stage : N. Lantos, A. Choplin

Email. : nicolas.lantos@onera.fr

DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : ICIHS, IAD

Type de stage : ☒ Fin d'études bac+5 ☒ Master 2 ☐ Bac+2 à bac+4 ☐ Autres

Intitulé : Reconstruction de sources associées aux paramètres d'un modèle d'espace tangent Riemannien. Application à l'électroencéphalographie (EEG).

Sujet :

L'ouverture du domaine des neurosciences aux champs de l'ingénierie et de la conception des systèmes a permis notamment de mieux caractériser l'état mental et cognitif de l'humain en interaction avec un système (pilotage et/ou supervision), par le biais de mesures directes ou indirectes de l'activité cérébrale : L'électroencéphalographie (EEG) consiste par exemple, à utiliser plusieurs électrodes posées sur la surface de la tête pour mesurer l'activité électrique instantanée du cerveau. Méthode non invasive et peu coûteuse, elle constitue un outil largement utilisé en neuro-ingénierie pour offrir un aperçu de l'état cognitif du sujet.

De nombreux algorithmes ont été développées au cours des dernières décennies pour tirer l'information pertinente de ces signaux temporels afin, par exemple, de classifier la charge de travail ou l'état de fatigue d'un individu. Une des méthodes de classification de référence présentée dans [Lotte2018] est appelée « *Minimum Distance to Riemann Mean* » (MDRM). Cet algorithme consiste « simplement » à calculer des distances entre les matrices de covariance des différents signaux (*i.e.* électrodes) EEG. La subtilité et la pertinence de cet algorithme réside dans le choix de la métrique (riemannienne) utilisée pour calculer les distances entre ces matrices. En effet, les matrices de covariance vivent dans un espace « courbe » qui ressemble localement à un espace Euclidien, on parle de variété. Munie d'une métrique riemannienne, la variété riemannienne permet de calculer des distances plus précises et plus robustes entre des matrices de covariance. Par ailleurs, en chaque « point » de notre variété (ici, une matrice de covariance) on peut y associer un espace tangent muni, lui, d'une métrique euclidienne avec toutes les facilités qu'elle procure : calcul trivial des distances et applicabilité des algorithmes classiques.

A des fins d'explicabilité, la reconstruction numérique des sources associées à un phénomène neurologique particulier permet aux neuroscientifiques de confirmer (ou non) la pertinence des résultats numériques obtenus, voire de poser de nouvelles hypothèses quant à l'effet de certaines tâches ou conditions sur les états cognitifs. Sous l'hypothèse d'un modèle bruité de mélange linéaire des sources, l'article [Kobler2021] propose un algorithme robuste et efficace de reconstruction.

Les objectifs de ce stage consistent premièrement à comprendre l'algorithme présenté dans [Kobler2021] et les principales références citées (entre autres [Sabbagh2020]) et dans un second temps, à implémenter en Python cet algorithme de reconstruction de sources. Le code devra être validé sur données simulées. En fonction de l'avancée des objectifs, votre travail pourra être intégré dans le code maison de classification de la charge mental dans un contexte aéronautique [Choplin2025] afin qu'il soit validé sur les données expérimentales disponible à l'ONERA.

Références :

[Lotte2018] F. Lotte, L. Bougrain, A. Cichocki, M. Clerc, M. Congedo, A. Rakotomamonjy, and F. Yger, « A Review of Classification Algorithms for EEG-based Brain-Computer Interfaces: A 10-year Update », Journal of Neural Engineering, vol. 15, no. 3, 2018.

[Sabbagh2020] D. Sabbagh, P. Ablin, G. Varoquaux, A. Gramfort, and D. A. Engemann. « Predictive regression modeling with meg/eeg : from source power to signals and cognitive states. » NeuroImage, 222:116893, 2020.

[Kobler2021] R. J. Kobler, J.-I. Hirayama, L. Hehenberger, C. Lopes-Dias, G. R. Müller-Putz, and M. Kawanabe. « On the interpretation of linear riemannian tangent space model parameters in m/eeg ». In 2021 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), pages 5909-5913, 2021.

[Choplin2025] A. Choplin, T. Rakotomamonjy, L. Perrinet, N. Lantos, S. Angelliaume, « Classification of Mental Workload Spatial Effects using Riemannian Manifold », 8th annual conference on Cognitive Computational Neuroscience (CCN), Amsterdam, 2025.

Est-il possible d'envisager un travail en binôme ? Non

Méthodes à mettre en oeuvre :

☐ Recherche théorique ☐ Travail de synthèse

☒ Recherche appliquée ☒ Travail de documentation

☐ Recherche expérimentale ☐ Participation à une réalisation

Possibilité de prolongation en thèse : Non

Durée du stage : Minimum : 5 Maximum : 6 mois

Période souhaitée : printemps/été 2026

PROFIL DU STAGIAIRE

Connaissances et niveau requis :	Ecoles ou établissements souhaités :
Algèbre Linéaire, Python (Numpy).	Master 2 - Ecoles d'Ingénieur (Centrale, Telecom, …) et Universités