

PROPOSITION DE SUJET DE THÈSE

Intitulé : Suivi de l'état cognitif par stimulation électrique périphérique non invasive

Référence : **TIS-DTIS-2026-42**

(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : octobre 2026

Date limite de candidature : juillet 2026

Mots clés : EEG, neurosciences, stimulation non invasive, nerf médian, état cognitif, workload, traitement du signal, machine learning, deep learning

Profil et compétences recherchées : traitement du signal, expérimentation EEG, neurosciences, deep learning

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Le suivi de l'état cognitif du pilote est crucial pour la sécurité des vols en aéronautique puisqu'il peut permettre d'alerter en cas de défaillances humaines. Des marqueurs de l'état cognitif (fatigue, stress, ...) sont disponibles, notamment à partir de mesures électroencéphalographiques (EEG). Cependant, ces marqueurs sont en général obtenus dans des conditions contrôlées de laboratoire, et leur exploitation dans un contexte réel de pilotage reste problématique.

Pour répondre à cette problématique, une approche innovante consiste à évaluer la réponse cérébrale à des stimulations périphériques électriques non invasives, délivrées de manière asynchrone et indépendante des activités de pilotage. L'objectif est non plus de mesurer directement l'état cognitif, mais de l'inférer à partir de la manière dont le cerveau réagit à un stimulus maîtrisé. Dans ce contexte, la stimulation électrique non invasive du nerf médian (MNS) constitue une modalité particulièrement prometteuse. En appliquant un courant électrique faible et indolore via des électrodes placées sur l'avant-bras, il est possible de déclencher des réponses cérébrales spécifiques et quantifiables grâce à l'EEG, notamment sous la forme d'un Event-Related Desynchronization (ERD). Des travaux récents menés par l'équipe de S. Rimbart à l'INRIA Bordeaux Sud-Ouest ont montré que cette approche pouvait être utilisée dans le domaine médical, notamment pour la détection des réveils peropératoires pendant l'anesthésie générale [1][2] mais aussi dans le cadre de la neuroprognostication [3]. Ces résultats ouvrent de nouvelles perspectives pour l'évaluation de l'état cognitif dans des environnements complexes comme l'aéronautique. Nous faisons l'hypothèse que la réponse cérébrale induite par la MNS est modulée par l'état cognitif, en particulier par la vigilance et la charge de travail. Les premières analyses réalisées dans le cadre de la collaboration ONERA-INRIA confirment le potentiel de cette approche.

Objectifs scientifiques et méthodologiques

L'objectif de cette thèse est de concevoir et valider une nouvelle méthode de suivi de l'état cognitif, centrée sur l'analyse des modulations cérébrales post-stimulation. Pour atteindre cet objectif, l'étudiant ou l'étudiante sera amenée à :

- Concevoir et réaliser des protocoles expérimentaux adaptés aux contraintes de l'aéronautique (simulateurs de vol ONERA), incluant les modalités de stimulation de la MNS (intensité, fréquence, placement des électrodes).
- Collecter et analyser des données EEG, en laboratoire puis dans des environnements de simulation réalistes.
- Développer des méthodes avancées d'analyse du signal, afin d'extraire des signatures robustes caractérisant la vigilance et la charge de travail.
- Mettre en œuvre des algorithmes de machine learning et deep learning pour la classification et le suivi dynamique de l'état cognitif à partir des réponses cérébrales post-stimulation.

- Évaluer la robustesse et la généralisation de ces algorithmes dans des conditions représentatives de celles rencontrées en vol.

Originalité et impact du projet

Ce projet se distingue par :

- L'intégration d'une technique de stimulation classique (MNS) dans un contexte totalement nouveau : le suivi en temps réel de la vigilance et de la charge de travail en aéronautique.
- L'utilisation de résultats préliminaires récents, obtenus grâce à la collaboration étroite avec l'équipe INRIA Bordeaux Sud-Ouest, montrent le fort potentiel des réponses post-stimulation pour la détection d'états cérébraux.
- Le recours à des algorithmes d'apprentissage automatique et de deep learning pour transformer ces réponses cérébrales en indicateurs opérationnels exploitables en aéronautique.

Encadrement et collaboration

ONERA (Département Traitement de l'Information et Systèmes, Salon-de-Provence) : expertise en neurosciences appliquées, analyse de données physiologiques et simulateurs de vol.

INRIA Bordeaux Sud-Ouest (équipe Potioc, S. Rimbert) : expertise dans les interfaces cerveau-ordinateur, la stimulation du nerf médian et l'analyse EEG avancée.

Références bibliographiques

[1] Rimbert S, Riff P, Gayraud N, Schmartz D and Bougrain L (2019) Median Nerve Stimulation Based BCI: A New Approach to Detect Intraoperative Awareness During General Anesthesia. Front. Neurosci. 13:622. doi: 10.3389/fnins.2019.00622

[2] <https://anr.fr/Project-ANR-22-CE19-0016>

[3] <https://anr.fr/Projet-ANR-24-CE33-3736>

Collaborations envisagées

Inria Centre Université de Bordeaux, Inria Centre Université de Lorraine

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Traitement de l'information et Systèmes

Lieu (centre ONERA) : Salon-de-Provence

Contact : S. Angelliaume

Tél. : 04 90 17 65 12 Email :

sebastien.angelliaume@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : S. Ficarella, S. Rimbert

Laboratoire : ONERA, Inria BSO

Tél. : 04 90 17 01 24

Email : stefania.ficarella@onera.fr

sebastien.rimbert@inria.fr

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>