www.onera.fr

ONERA
THE FRENCH AEROSPACE LAB

PROPOSITION DE SUJET DE THÈSE

Intitulé : Caractérisation d'états physiologiques par apprentissage automatique

Référence : **TIS-DTIS-2024-18**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : septembre-octobre 2024	**Date limite de candidature :** juillet 2024

Mots clés

Machine learning, électroencéphalogramme (EEG), apprentissage automatique, états cognitifs

Profil et compétences recherchées

Traitement du signal, machine Learning, IA

Des connaissances en neurosciences et/ou sciences cognitives seraient un plus

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

L'accroissement continu de la part d'automatisation et d'intelligence artificielle embarquée dans les systèmes technico-industriels rend ceux-ci à la fois de plus en plus capables mais aussi de plus en plus complexes, en particulier dans le domaine aéronautique : pilotes automatiques, systèmes de supervision multi-drones, etc. L'opérateur humain ne disparaît pas pour autant mais son rôle passe progressivement de celui d'un pilote en charge d'une régulation « bas niveau » d'un composant précis du système (*e.g.* contrôler le mouvement de l'avion) à celui d'un superviseur d'un ensemble de fonctionnalités ou d'agents.

Les performances du système humain-machine dépendent alors de nombreux facteurs, tels que l'efficacité intrinsèque des composants autonomes, mais également de l'état courant de l'opérateur en lien avec ses capacités cognitives.

Dès lors, on souhaite s'intéresser à la caractérisation en ligne d'états particuliers de l'opérateur tels que le stress ou la fatigue cognitive (*mental fatigue*), que ce soit durant les phases de définition préliminaire d'un système en interaction avec les humains – en suivant les lignes directrices d'une approche de conception centrée opérateur – ou encore pour permettre l'adaptation en temps réel du fonctionnement du système à celui de l'humain.

Pour ce faire, différentes techniques sont envisageables comme des auto-évaluations sous forme de rapports, mais leur disponibilité et leur exhaustivité restent très limitées et ils souffrent souvent d'une trop grande subjectivité. Il est également possible d'évaluer l'état de l'opérateur par le biais de tâches secondaires (tâches de mémorisation, de calcul mental, etc.)

À côté de cela, l'ouverture du domaine des neurosciences aux champs de l'ingénierie et de la conception des systèmes a permis de mieux caractériser les processus mentaux et cognitifs de l'humain mis en oeuvre lors d'interaction avec un système, par le biais de mesures directes ou indirectes de l'activité cérébrale. Ainsi, la mesure de l'activité électrique du cerveau à l'aide d'électrodes posées sur le scalp, communément appelée électroencéphalographie (EEG) constitue aujourd'hui un outil largement utilisé en neuro-ingénierie. À travers l'obtention d'une grande quantité de données, elle permet d'offrir un aperçu sur l'état cognitif du sujet même si l'utilisation de cette technique demeure pour l'instant assez prospective et peu adaptée au contexte opérationnel.

Cependant, une grande expertise est aujourd'hui nécessaire pour tirer parti de ces différents signaux en raison tout d'abord du fort bruitage de ces données (rapport signal à bruit, artefacts, …) et de la nécessité d'un post-traitement semi-automatique mais supervisé par un expert. D'autre part, elles présentent une importante variabilité inter et intra-sujets qui rend difficile toute généralisation et automatisation complète des processus d'analyse. L'un des défis majeurs rencontrés actuellement dans le domaine des neurosciences consiste ainsi à caractériser au mieux les états cognitifs d'un individu seul à partir de signaux électrophysiologiques. En effet, bien qu'il existe aujourd'hui des techniques qui permettent d'identifier des signatures de l'état de stress ou de fatigue sur la base d'enregistrement de signaux EEG, ces marqueurs sont obtenus en moyennant les données collectées au cours d'une expérience (ex. 100

epochs de 1.5 ms) et ne proposent que des tendances sur la base de données collectées sur un nombre plus ou moins important de sujets (>15). En outre, le traitement direct par des méthodes classiques d'apprentissage machine (*Machine Learning*, ML) telles que Linear Discriminant Analysis (LDA) ou Support Vector Machine (SVM) nécessite au préalable la mise en œuvre de techniques de filtrage spatiales lourdes et relativement peu adaptées à ce contexte.

Il est donc particulièrement intéressant de chercher à identifier des méthodes de classification de ces états physiologiques qui soient robustes aux variations à la fois intra- et inter-individuelles.

Au travers de ce sujet de thèse on souhaite ainsi explorer l'apport de méthodes de type apprentissage machine pour la caractérisation et la reconnaissance de signatures de certains états cognitifs (fatigue, stress, …) dans le contexte aéronautique. On s'appuiera notamment sur :

1) le formalisme de la géométrie Riemannienne qui, couplé au Machine Learning, semble être une voie prometteuse dans ce contexte

2) la disponibilité à l'ONERA de bases de données de signaux physiologiques variées et labellisées.

Les travaux de recherche qui seront menés dans le cadre de cette thèse concernent la définition et la mise au point de méthodologies de classification par apprentissage machine pour :

- caractériser l'état physiologique d'un individu (problématique inter-sujet) ;
- suivre l'évolution de l'état physiologique d'un individu au cours du temps (problématique intra-sujet).

L'objectif sera de mettre au point des métriques robustes permettant de caractériser un état (ou sa variation) sans aucune connaissance a priori sur l'état physiologique initial et à partir d'un volume de données (relativement) limité et caractérisées par un à faible rapport signal à bruit.

Collaborations envisagées

Institut de Neurosciences de la Timone (INT) ou INRIA Bordeaux, Labo IA ONERA

Laboratoire d'accueil à l'ONERA	**Directeur de thèse** *(pressenti, à confirmer)*
Département : DTIS/ICNA	Nom : Emmanuel DAUCÉ
Lieu (centre ONERA) : Salon de Provence	Laboratoire : Institut des Neurosciences de la Timone, Marseille
Contact : Thomas RAKOTOMAMONJY	Tél. :
Tél. : +33 4 90 17 65 11 Email : thomas.rakotomamonjy@onera.fr	Email : emmanuel.dauce@univ-amu.fr

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