

TITRE DU PROJET : Apport de l'intelligence artificielle dans le développement de nouvelles approches de régulation émotionnelle basées sur le contrôle de l'activité neurophysiologique

1) Renseignements administratifs sur la direction de thèse (1 page maximum) :

Directeur de thèse HDR :
Nom : GABRIEL
Prénom : DAMIEN

2) Descriptif du projet de thèse (devra inclure les rubriques suivantes) :

Nom et label de l'unité de recherche : Laboratoire de Recherches Intégratives en Neurosciences et Psychologie Cognitive - UMR INSERM 1322

Localisation : UFR Santé, bâtiment Rabelais, Université de Franche-Comté, 19 rue Ambroise Paré, 25030 Besançon Cedex, France

Nom du directeur de thèse : Damien GABRIEL

Adresse courriel du contact scientifique : dgabriel@chu-besancon.fr

Description du projet :

Les émotions peuvent biaiser nos décisions, surtout lorsque nous faisons face à des risques majeurs. Il est donc essentiel d'être capable de réguler ses émotions pour limiter leur impact sur le processus de prise de décision.

Ces dernières années de nouvelles approches de régulation émotionnelle basées sur le contrôle de l'activité neurophysiologique (cérébrale, cardiaque, etc.) ont vu le jour, avec des résultats prometteurs. Le neurofeedback est un de ces outils. Cette technologie repose sur l'électroencéphalographie (EEG), dispositif qui capte des ondes cérébrales caractéristiques de certaines émotions et qui permet en temps réel de restituer ces émotions au sujet ou au patient. Au sein du laboratoire de Recherches Intégratives en Neurosciences et Psychologie Cognitive - UMR INSERM 1322 a été développé un dispositif de neurofeedback original, issu d'une collaboration entre neuroscientifiques et artistes, et dans laquelle les émotions sont représentées sous une forme « artistique et visuelle ». Concrètement, le sujet est équipé d'un casque permettant de recueillir les ondes cérébrales et il visualise à l'aide de billes sur un écran d'ordinateur sa capacité à contrôler ses émotions : les billes évoluent par exemple de manière anarchique dans le cercle, et à mesure que le sujet parvient à se mettre dans l'état émotionnel visé, les billes s'agglomèrent au centre du cercle. Nos recherches en cours montrent que ce type de représentation, plus compréhensible pour un sujet de ce qu'est son état émotionnel que des histogrammes par exemple, pourrait améliorer la capacité à réguler les émotions (Gabriel et al., 2019).

Les dispositifs de neurofeedback axés sur la reconnaissance des émotions reposent sur le fait que les émotions sont reconnues grâce à l'analyse des signaux EEG. Cependant, l'extraction efficace des caractéristiques et la classification précise des signaux EEG liés aux émotions constituent de sérieux défis. En effet, ces dispositifs basés sur l'EEG ont un faible rapport signal/bruit, souffrent d'une faible résolution spatiale et sont antistatiques par nature. Ces contraintes s'aggravent encore en raison de la fluctuation des impédances des électrodes, des mouvements oculaires, des actions musculaires et des variations de l'état mental des utilisateurs. Tous ces aspects compliquent encore l'analyse de la dynamique cérébrale et la classification des signaux hétérogènes liés au neurofeedback. Dans ce contexte, les techniques d'intelligence artificielle apparaissent comme prometteuses pour améliorer la détection des émotions avec les dispositifs de neurofeedback et par voie de conséquence la régulation émotionnelle. L'intelligence artificielle peut fournir une nouvelle façon d'enregistrer l'activité des ondes cérébrales humaines pour comprendre le fonctionnement amélioré de l'activité cérébrale humaine et la reconnaissance des émotions. En outre, l'essor récent de l'autodécision et des algorithmes améliorés, tels que l'apprentissage automatique, pourrait permettre d'explorer davantage et de dépasser les limites des applications contrôlées par le cerveau.

Ce projet de thèse propose donc d'intégrer l'intelligence artificielle aux dispositifs de régulation émotionnelle. Récemment, les méthodes d'apprentissage automatique basées sur les mesures EEG ont gagné en popularité en particulier dans le domaine des interfaces homme-machine. Cependant, il est important de souligner que l'application de l'intelligence artificielle à l'EEG se heurte à des défis majeurs, principalement liés à la grande variabilité inter et intra sujets des signaux cérébraux. Au cours d'un précédent travail de thèse, cette complexité a pu être perçue et nous avons pu montrer que les travaux publiés souffraient d'un manque de répliquabilité criant ainsi que d'inexactitudes constantes dans leurs rapports techniques, qui nuisent gravement à l'interprétabilité de leurs revendications souvent élevées en matière de performance (Joucla et al., 2022). Afin de surmonter ces défis, de nouveaux modèles, comme ceux exploitant la géométrie Riemannienne et donc la corrélation entre les signaux des différentes électrodes, ont été récemment développés, offrant ainsi des perspectives prometteuses pour améliorer la fiabilité et la précision de l'analyse EEG par intelligence artificielle.

Ce travail de thèse se propose de poursuivre le travail de thèse précédent en s'axant sur la régulation émotionnelle et en s'appuyant sur de nouvelles approches d'intelligence artificielle.

Au cours de sa thèse, il sera demandé au candidat :

- 1- De déterminer les meilleures méthodes de détection des émotions à partir de mesures neurophysiologiques. Ces mesures seront priorisées sur l'EEG, mais pourront être élargies à d'autres outils (NIRS, activité cardiaque), seuls ou en combinaison, afin d'améliorer la détection d'un état émotionnel.
- 2- D'évaluer l'apport de l'intelligence artificielle dans des tâches de régulation émotionnelle. Intégré dans les logiciels de neurofeedback de l'équipe ces méthodes de basées sur l'intelligence artificielle seront évaluées chez des volontaires sains et chez des populations pathologiques afin d'une part de constituer une base de données et d'autre part de juger de leur pertinence.
- 3- De développer de nouveaux outils technologiques de régulation émotionnelle plus proches du ressenti des sujets. A partir de collaborations entre ingénieurs,

neuroscientifiques, artistes... il s'agira de développer un outil qui soit au plus proche de ce qu'est un état émotionnel pour un individu, afin qu'il puisse ressentir ces émotions à partir des données recueillies grâce aux algorithmes d'intelligence artificielle.

Financement du projet :

Ce projet étant un projet transversal entre le laboratoire de Recherches Intégratives en Neurosciences et Psychologie Cognitive, le centre d'investigation clinique du CHU de Besançon et la plateforme de neuroimagerie fonctionnelle et neurostimulation, il bénéficie de financements provenant de plusieurs projets académiques et industriels. Bien que ce soit un projet avant tout académique, plusieurs entreprises ayant montré leur intérêt pour l'utilisation de ces dispositifs.

Le matériel de neuroimagerie EEG et NIRS qui sera utilisé dans cette thèse est en partie financé par la région Bourgogne Franche-Comté et en partie financé ainsi que par le prix accessit de la Fondation Marina Picasso obtenu par le directeur de thèse.

Connaissances et compétences requises : Pour mener à bien ce projet, des compétences en traitement du signal et en intelligence artificielle sont indispensables, ainsi qu'une appétence forte pour les neurosciences. Une expérience dans le traitement de données EEG est un plus.

Résumé en français et anglais (limité chacun à 1800 caractères)

Préciser le domaine de compétence dans la liste ci-dessous (2 choix possibles maximum – ne pas modifier les intitulés : ils sont imposés par certains sites web) :

Psychologie, neurosciences
Sciences de l'ingénieur

Mots clés : Régulation émotionnelle, machine learning, neurophysiologie