

Stage de master – Neurofeedback & Intelligence Artificielle

« Comment améliorer la précision du neurofeedback utilisant un système portable fNIRS, à partir de l'IRM ? »

Encadrants/Contacts :

- Empenn: Claire Cury, Pierre Maurel (claire.cury@inria.fr, pierre.maurel@irisa.fr)
- NuMeCan (équipe Eat) : Nicolas Coquery (nicolas.coquery@inrae.fr)

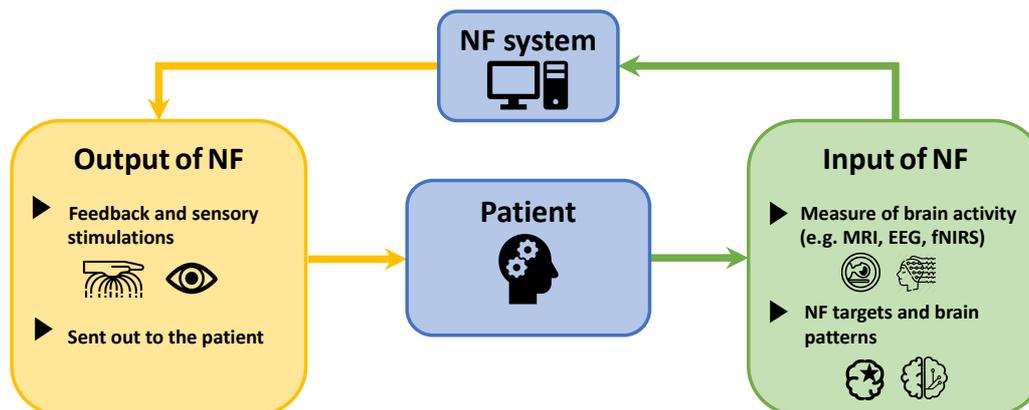
Lieu du stage : ERL U1228 Empenn (Inria/Inserm/CNRS/UR1), UMR 6074 IRISA. Campus de Beaulieu, Rennes.

Durée : 5 à 6 mois, démarrage possible à partir de janvier 2023

Mots-clés : Traitement du signal, modélisation, apprentissage automatique, NIRS, IRM

Contexte :

Le neurofeedback (NF) est une technique non invasive, utilisée en rééducation [1], qui permet de renvoyer en temps réel au sujet (ou patient) un score lui indiquant si son activité cérébrale correspond à l'activité voulue. Par exemple, dans le cadre de la rééducation de la motricité de la main droite après un AVC, une activité dans la région motrice correspondante (et non ailleurs) est attendue. Le neurofeedback est par ailleurs une approche très prometteuse pour améliorer le contrôle des émotions [5]. Pour le neurofeedback, l'activité cérébrale peut être estimée de différents moyens. Les deux modalités classiques sont: l'EEG (électro-encéphalogramme) qui mesure l'activité électrique surfacique du cerveau et l'IRMf (imagerie par résonance magnétique fonctionnelle) qui permet d'estimer l'activité neurovasculaire. Une modalité plus récente, la fNIRS (functional Near Infrared Spectroscopy) permet également de mesurer l'activité hémodynamique mais de manière plus « portable » que l'IRM. Son fonctionnement rend toutefois difficile la mesure des activités cérébrales profondes.



L'équipe Empenn est une équipe de recherche pluridisciplinaire, associant chercheurs du numériques (mathématiques appliquées, informatique) et cliniciens (neurologues, radiologues, psychiatres, spécialistes de la rééducation). Elle étudie depuis plusieurs années l'impact du neurofeedback, et en particulier du neurofeedback multimodal (EEG-IRMf) [2,3], dans la rééducation de pathologies cérébrales telles que les AVC ou la dépression. Elle pilote une plateforme expérimentale, située au CHU Pontchaillou, permettant de telles acquisitions multimodales. Des travaux récents [4], ainsi qu'une thèse en cours, visent à réduire l'utilisation de l'IRM en développant de nouvelles méthodes apprenant à modéliser l'activité de l'IRMf à partir du signal EEG seul ; le but étant d'améliorer le confort des patients en rééducation. Ces premiers résultats sont très prometteurs et suscitent un fort intérêt chez les médecins avec qui nous collaborons.

L'équipe 'Control of eating behavior' (EAT) de l'UMR NuMeCan a pour objectifs 1- de mieux comprendre les liens existants entre l'alimentation dite occidentale et le développement d'anomalies du comportement alimentaire voire de pathologies du comportement alimentaire, et 2- de valider des interventions innovantes visant à prévenir ou traiter ces anomalies et troubles du comportement alimentaire. L'équipe est composée de scientifiques, cliniciens et techniciens ayant des expertises complémentaires en nutrition, physiologie intestinale, microbiote intestinal, néonatalogie, éthologie, neurobiologie, addictologie, imagerie cérébrale et psychologie de la santé. Récemment, deux projets de recherche clinique sont en cours et cherchent à évaluer l'effet d'un entraînement au neurofeedback sur la connectivité cortico-striatale pour l'amélioration du comportement alimentaire en situation saine ou en situation d'obésité (projets CEMOV et CADOB).

Objectifs du stage :

Les objectifs de ce stage seront l'exploration des liens entre les signaux fNIRS et l'IRMf sur une base de données, de quinze volontaires sains, contenant des données fNIRS couplées à l'IRMf durant une séance de neurofeedback, ceci, avant et après une entraînement de 6 séances de neurofeedback.

Dans un premier temps, cette recherche de lien entre ces deux modalités débutera par une étude bibliographique sur le fonctionnement du signal fNIRS et du signal IRMf, pour mieux comprendre les points communs et les différences.

Dans un second temps, un objectif majeur du stage sera d'utiliser l'apprentissage automatique (*machine learning*) pour apprendre, à partir des séances de neurofeedback fNIRS sous IRM, un modèle permettant d'optimiser la mesure de l'activité cérébrale par la fNIRS, en particulier dans la région appelée cortex préfrontal dorsolatéral (dIPFC). En effet cette zone cérébrale, impliquée dans la prise de décision et le contrôle cognitif, est une cible de choix pour un entraînement au neurofeedback afin d'améliorer le contrôle de la prise alimentaire. Le dIPFC est néanmoins actuellement ciblée de manière *a priori* en choisissant les canaux théoriquement proches de la zone. Seul l'IRM permet à la fois une localisation précise du dIPFC par IRM anatomique et la détection de son signal fonctionnelle intrinsèque mesuré par fMRI. Les signaux de fNIRS et d'IRMf, sont tous les deux issus du couplage neurovasculaire sous-jacent à une activité cérébrale, et permettent possiblement, si acquis simultanément, d'être comparé. Après vérification de la qualité des signaux, une approche consistera à modéliser les liens entre les signaux fNIRS et fMRI. Les liens seront traduits sous forme de contraintes et d'*a priori*, en partant d'un modèle le plus simple possible, et en ajoutant progressivement des contraintes et/ou des *a priori* éventuellement non linéaires.

Prérequis :

Python/Matlab, très bonnes connaissances en traitement du signal et d'images, connaissances en modélisation/apprentissage, connaissances/intérêt en neurosciences et en EEG et/ou IRMf seraient un plus.

Références :

[1] M.Hampson, S.Ruiz, J.Ushiba, Neurofeedback, NeuroImage, Volume 218, 2020, 116473, ISSN 1053-8119, <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.116473>.

[2] M.Mano, A.Lécuyer, E.Bannier, L.Perronnet, S.Noorzadeh, C.Barillot. How to Build a Hybrid Neurofeedback Platform Combining EEG and fMRI. Front. Neurosci., March 2017 <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00140>

[3] G.Lioi, C.Cury, L.Perronnet, M.Mano, E.Bannier, A.Lécuyer, C.Barillot. Simultaneous EEG-fMRI during a neurofeedback task, a brain imaging dataset for multimodal data integration. Scientific Data, 2020 <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0498-3>

[4] C.Cury, P.Maurel, R.Gribonval, C.Barillot. A Sparse EEG-Informed fMRI Model for Hybrid EEG-fMRI Neurofeedback Prediction. Front. Neurosci., 31 January 2020 <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.01451>

[5] A.Godet A, A.Fortier, E.Bannier, N.Coquery, D.Val-Laillet. Interactions between emotions and eating behaviors: Main issues, neuroimaging contributions, and innovative preventive or corrective strategies. Rev Endocr Metab Disord. 2022 <https://doi.org/10.1007/s11154-021-09700-x>