

Titre: Apprentissage few-shot pour les systèmes BCI

Laboratoire: Equipes 2AI, DECIDE. IMT Atlantique (Brest)

Mots clés: Interfaces Cerveau Machine, Apprentissage Profond, *Few-shot*, Traitement du signal

Encadrement: Vincent Gripon (vincent.gripon@imt-atlantique.fr) , Giulia Lioi (giulia.lioi@imt-atlantique.fr), Bastien Padeloup (bastien.padeloup@imt-atlantique.fr)

Description du Projet:

Les systèmes type brain-computer interface (BCI)¹ ont pour but d'améliorer le quotidien de personnes en situation de handicap lourd. De tels systèmes consistent généralement en un nombre réduit de capteurs faiblement invasifs (souvent des capteurs électroencéphalographiques, EEG), visant à extraire des données d'intention de l'utilisateur, afin de les transformer en une action adéquate, telle que la mise en mouvement d'un fauteuil électrique, ou le clic sur un ordinateur. Si le BCI suscite un fort intérêt pour le grand public et les entreprises, l'impact des systèmes BCI est toutefois limité par leur faible utilisabilité, car la plupart des solutions proposées restent des prototypes de laboratoire². Les raisons sont à chercher dans l'incapacité des algorithmes «classiques» de traitement des signaux à extraire de manière robuste des informations pertinentes des signaux cérébraux en présence de diverses sources de bruit et avec une quantité limitée de données disponibles.

Les performances exceptionnelles des réseaux de neurones profonds dans de très nombreuses tâches de classification de signaux complexes offrent une piste très prometteuse pour améliorer la recherche en BCI. Toutefois, ces performances s'expliquent notamment par la capacité de ces outils à extraire de l'information à partir de larges banques de données, et semblent donc incompatibles avec le faible nombre de données annotées des systèmes BCI. La faible disponibilité des données d'entraînement n'est toutefois pas un problème spécifique aux interfaces cerveau machines. En effet, de nombreux autres domaines souffrent d'une difficulté à disposer de grandes quantités de données annotées. Dans cette veine, l'approche du *few-shot learning*³ a émergé. Les travaux de ce domaine visent à classifier un grand nombre de données non annotées, entraînant un modèle sur quelques (typiquement entre une et cinq) données d'apprentissage annotées.

L'objectif de la thèse est d'une part d'exploiter les approches *few-shot* pour améliorer les systèmes BCI dans le but de les rendre plus largement applicables, et également d'autre part d'améliorer les méthodes de *few-shot learning* en exploitant la structure des données

sous forme de graphes⁴, en se servant des données de neuroimagerie comme support. Cette thèse mêle donc à la fois des aspects appliqués, aux retombées pratiques directes, ainsi que des aspects plus fondamentaux, pouvant trouver des applications dans de nombreux autres domaines.

Les équipes de recherche

Cette thèse s'appuiera sur la collaboration entre deux équipes d'IMT Atlantique de Brest: l'équipe 2AI (Département Mathematical and Electrical Engineering) et l'équipe DECIDE (Département LUSSI), ainsi que des collaborateurs nationaux (Fabien Lotte, directeur de recherche INRIA Bordeaux) et internationaux (Université de Montréal). Ces équipes sont reconnues pour leurs travaux en apprentissage avec peu d'exemples dans le domaine de la vision par ordinateur (Vincent Gripon), traitement de données complexes (Bastien Padeloup) et traitement de données de neuroimagerie dans un contexte de BCI (Giulia Lioi).

Profil recherché

Le candidat idéal devrait avoir :

- Un master en mathématiques appliquées, apprentissage automatique ou traitement du signal ;
- Des connaissances théoriques, techniques et pratiques en mathématiques et algèbre linéaire ;
- De compétences en programmation utilisant Python (par exemple sklearn et PyTorch) ;
- Un intérêt prononcé pour l'analyse de données du vivant.

Comment postuler

Les candidats doivent envoyer leur dossier de candidature complet par courrier électronique à vincent.gripon@imt-atlantique.fr, giulia.lioi@imt-atlantique.fr, bastien.padeloup@imt-atlantique.fr.

Avec:

1. Lettre de motivation ;
2. CV complet avec liste de contributions ;
3. Lettres de recommandation (de préférence envoyées directement par le mentor).

References:

1. Wolpaw, J. R., Birbaumer, N., McFarland, D. ., Pfurtscheller, G. & Vaughan, T. Brain-computer interfaces for communication and control. *Commun. ACM* **54**, 60-66 (2011).
2. Lotte, F., Larrue, F. & Mühl, C. Flaws in current human training protocols for spontaneous Brain-Computer Interfaces: lessons learned from instructional design. *Front. Hum. Neurosci.* **7**, 1-11 (2013).

3. Snell, J., Swersky, K. & Zemel, R. Prototypical Networks for Few-shot Learning. *Adv. Neural Inf. Process. Syst.* 4077-4087 (2017). doi:10.12783/dtetr/mcee2017/15746
4. Ortega, A., Frossard, P., Kovacevic, J., Moura, J. M. F. & Vandergheynst, P. Graph Signal Processing: Overview, Challenges, and Applications. *Proc. IEEE* **106**, 808-828 (2018).