

HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES

Date de la soutenance : **26 novembre 2024**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Monsieur MATTOU Jérémie**

Titre des travaux : « *Un voyage en électroencéphalographie : entre héritage centenaire et modernité* »



Résumé

Cette année nous célébrons un siècle d'électroencéphalographie (EEG), une technique pionnière qui permet de mesurer l'activité cérébrale in vivo et de manière non-invasive. Aujourd'hui, l'EEG est devenu un outil incontournable, notamment dans les services dédiés à l'épilepsie, aux troubles du sommeil et en réanimation. Au fil des décennies, cette méthode a captivé l'imaginaire des scientifiques, mais aussi des artistes et du grand public. Il y a cinquante ans, en pleine guerre froide, le cinéma la présentait comme un détecteur de mensonge. Au même moment, les premiers capteurs de magnétoencéphalographie (MEG) ont vu le jour, et les premiers dispositifs tête entière ont émergé un quart de siècle plus tard. Plutôt que de supplanter l'EEG, la MEG a ouvert la voie à de nouveaux développements, notamment en matière de localisation des sources corticales des signaux mesurés à la surface du crâne. Et l'EEG s'est modernisée pour aller vers des systèmes haute-densité, à électrodes actives.

Je suis entré en Electroencéphalographie par le chemin ouvert aux ingénieurs et physiciens. Loin des questions de Neurosciences, j'ai d'abord travaillé à développer des méthodes de résolution de ce problème inverse dit mal posé, qui vise à estimer les générateurs corticaux des faibles fluctuations de potentiel électrique (et de champ magnétique, en MEG) mesurables sur le scalp.

A travers mes travaux de doctorat, à Paris, puis de post-doctorat, à Londres, j'ai abordé les principaux éléments de ces méthodes de résolution : (i) le problème direct, autrement dit le modèle biophysique qui à partir de l'activité des réseaux de neurones corticaux prédit leur expression électromagnétique sur le scalp ; (ii) les informations de différentes natures (biophysique mais aussi anatomiques et fonctionnelles) que l'on peut exploiter pour contraindre la reconstruction de l'activité corticale ; (iii) les méthodes d'inférence probabiliste ou Bayésienne, qui permettent de combiner ces contraintes de manière optimale, et même d'interroger les données pour évaluer leur pertinence respective. Ces travaux font l'objet de la première partie (**Part I – Estimating cortical activity from EEG and MEG data**). Mon post-doctorat m'a aussi permis de me familiariser avec les questions de neurosciences cognitives et les approches computationnelles pour aborder notamment les fonctions de perception, d'apprentissage, et de prise de décision, avec pour objectif de faire le lien entre psychologie expérimentale (l'observation du comportement) et neurophysiologie (l'observation de l'activité cérébrale). Là encore les approches Bayésiennes se révèlent particulièrement puissantes, et notamment comme analogie des calculs réalisés par le cerveau lui-même, pour faire sens de son observation du monde et mettre à jour ses connaissances.

J'ai eu la chance d'être recruté comme chercheur à l'INSERM, à Lyon, où j'ai essentiellement contribué à faire progresser deux axes de recherche, qui sont de plus en plus amenés à se nourrir l'un l'autre. L'un porte sur l'interprétation fonctionnelle des signaux EEG et plus particulièrement des réponses évoquées. C'est l'objet de la deuxième partie (**Part II – Interpreting and modeling evoked responses**). L'autre porte sur l'utilisation de l'EEG pour des applications de type interfaces cerveau machine à visée clinique. C'est l'objet de la troisième partie (**Part III – Brain-Computer Interfaces, theoretical and applied works**). L'enjeu ici est d'analyser les signaux EEG en temps réel et de les interpréter en termes cognitifs (l'intention, la commande ou l'état mental qu'ils reflètent).

La dernière partie est consacrée à des projets s'inscrivant dans la continuité de mes travaux, tant en recherche fondamentale qu'appliquée. L'un de mes objectifs est de participer à l'avènement du deuxième centenaire de l'EEG, en oeuvrant à sa démocratisation et son expansion vers de nouvelles applications cliniques (**Part IV – Perspectives**).