

Imageries cérébrales pour les sciences cognitives: bilans et enjeux

Les avancées scientifiques des 20 dernières années dans le domaine des sciences cognitives sont largement tributaires des techniques d'imagerie cérébrale (électrophysiologiques et métaboliques), tant d'un point de vue de la recherche fondamentale que technologique. D'un point de vue fondamental, l'exploration de l'activité cérébrale a permis de mieux comprendre les fonctions cognitives et leurs interactions. Ces techniques d'imagerie ont également conduit à l'émergence de technologies cognitives, tel que les interfaces cerveau-machine et le « mind-reading ». Ces différentes techniques d'imagerie atteignent maintenant une certaine maturité qui permet d'en évaluer posément les forces et les faiblesses, ainsi que les limitations qu'il serait important de dépasser. Faire l'inventaire de ces points et se projeter dans les dix ans qui viennent seront les buts de cet atelier.

Une telle réflexion implique d'asseoir à la même table neuroscientifiques, méthodologistes et mathématiciens. Fort de leur expérience interdisciplinaire, les équipes de l'IFR 131 (Sciences du Cerveau et de la Cognition, Marseille), en étroite relation avec les autres centres français impliqués dans la même démarche, proposent un atelier de réflexion sur le futur de l'imagerie cérébrale dans les sciences et technologies cognitives. Nous avons pour cela identifié les deux thèmes stratégiques suivants.

1. Multi-modalité

Il est désormais devenu classique de présenter la M/EEG et l'IRMf comme étant des méthodes complémentaires d'investigation non-invasives chez l'humain, de part leurs avantages respectifs : résolution temporelle pour la M/EEG et résolution spatiale en IRMf. Pourtant, même si ces arguments théoriques sont avancés depuis les années 90, l'intégration multimodale est encore sous-utilisée en sciences cognitives. Une première explication réside dans les difficultés techniques à surmonter pour combiner plusieurs modalités d'imagerie avec succès (traitement mathématique conjoint, enregistrements simultanés éventuels). Une deuxième raison, plus fondamentale, vient du fait que les origines des signaux sont encore mal comprises ; il est donc encore peu clair si les deux types de modalités sont sensibles ou non aux mêmes activités cérébrales. De même, si la combinaison MEG/EEG semble théoriquement très pertinente, les méthodes pour fusionner ces deux techniques manquent.

Au delà de ces exemples, nous proposons d'évaluer de manière critique 1) quelles sont les combinaisons (parmi le spectre étendu des méthodes d'enregistrements de l'activité cérébrale) qui peuvent offrir une valeur ajoutée, et lesquelles ne semblent pas pertinentes, 2) quels sont les outils nécessaires pour de telles fusions, et 3) quelles sont les forces et les faiblesses des équipes françaises dans ce domaine.

2. Dynamique, variabilité et connectivité cérébrale

Dans leur grande majorité, les signaux acquis par ces différentes techniques d'imagerie possèdent des rapports Signal/Bruit très faibles. L'extraction de l'information pertinente est généralement effectuée par la répétition d'un grand nombre de d'essais afin d'extraire une réponse moyenne (GLM pour l'IRMf, moyennage pour l'EEG et la MEG etc...). Cette extraction de l'information moyenne limite considérablement la nature des traitements réalisables. Par exemple, dans un contexte d'interface Cerveau-Machine, il est essentiel de pouvoir détecter en temps réel les activations cérébrales, ce qui est incompatible avec des processus itératifs. Pour ce qui est de la recherche cognitive et/ou clinique, l'estimation d'un paramètre moyen ignore la variabilité des réponses, rendant très difficile l'étude de la corrélation entre activités cérébrales et performance. De plus, au moins dans le cas de signaux électrophysiologiques, le processus de moyennage induit des distortions temporelles, pouvant conduire à des conclusions erronées. Différentes techniques d'extraction de l'information essai-par-essai existent: analyse en composante indépendantes, apprentissage supervisé (ex. « mind-reading » en IRMf), décomposition du signal (transformée en ondelettes, matching pursuit etc...), et elles possèdent toutes des forces et des faiblesses, à la fois en termes d'efficacité d'extraction du signal, et en termes de charge computationnelle (critique pour les interfaces Cerveau-Machine).

Objectifs

Les objectifs de cet atelier sont de rassembler chercheurs, ingénieurs (issus de la recherche publique et de l'industrie) autour de ces deux problématiques fondamentales pour l'avenir des sciences cognitives. Nous nous proposons:

- d'établir un état de l'art
- d'évaluer le positionnement de la communauté française dans ces domaines, en mettant l'accent sur ses forces et ses faiblesses.
- de fournir une analyse stratégique et des propositions concrètes sur les axes à privilégier à moyen et long terme en France pour répondre aux questions des sciences cognitives modernes.

Organisation

L'atelier aura lieu à Marseille, dans le cadre de l'IFR 131 (Sciences du Cerveau et de la Cognition), et sera organisé sur une journée. Chacun des deux thèmes sera traité pendant une session de trois heures, et une table ronde de synthèse conclura la journée.

- 9h-12h: session "Multi-modalité"
- 13h30-16h30: session "Dynamique, variabilité et connectivité cérébrale"
- 17h-18h: table ronde finale

Chacune des deux sessions se déroulera de la manière suivante:

- un invité, spécialiste du domaine, sera chargé de présenter (45mn) l'état de l'art des techniques existantes, en insistant sur les limites actuelles;
- une présentation (30mn) suivra, portant sur les applications et les enjeux scientifiques en sciences cognitives liés à ce domaine, ainsi que les conséquences scientifiques imposées par les limites des techniques actuelles;
- un membre du comité d'organisation présentera (30mn) ensuite la position de la recherche française au sein de ce panorama, pour permettre d'identifier les aspects stratégiques sur le plan prospectif;
- enfin, une table ronde (1h15mn) aura pour but d'identifier et de proposer les orientations stratégiques à développer en France.

Participants

Si cette proposition est acceptée, le comité d'organisation effectuera dans un premier temps un recensement des équipes françaises (publiques et privées) travaillant à l'interface entre développements méthodologiques et utilisation pratique en imagerie cérébrale. Une liste d'une trentaine d'invités, choisis pour leurs compétences et leurs capacités prospectives, sera ensuite établie, en veillant à assurer la représentativité des différents groupes et thèmes.

Comité d'organisation

Bénar Christian (IFR 131, INSERM U751, Marseille)
Bertrand Olivier (IFR 19 - IFNL, INSERM U821, Lyon)
Burle Boris (IFR 131, UMR 6155, Marseille)
Clerc Maureen (CERTIS, INRIA, Sophia-Antipolis)
Pezard Laurent (IFR 131, UMR 6149, Marseille)
Schwartz Denis (CENIR, Plateau MEG/EEG, Paris)
Takerkart Sylvain (IFR 131, UMR 6193, Marseille)