



INSTITUT DE FRANCE
Académie des sciences

Inria



VILLE DE NICE

UNIVERSITÉ
CÔTE D'AZUR 

Académie en région à Nice et Sophia Antipolis

Interfaces cerveau machine: promesses, avancées et questions ouvertes

Maureen Clerc
Inria

Notre propos porte aujourd'hui sur les interfaces cerveau-ordinateur basées sur des mesures non-invasives de l'activité cérébrale. Notre choix se porte sur l'électro-encéphalographie comme instrument de mesure, parce que c'est le seul dispositif portable qui permet d'observer la dynamique de l'activité cérébrale à l'échelle d'une dizaine de millisecondes, ce qui est tout à fait pertinent [5]. Depuis les premiers enregistrements de l'EEG chez l'homme, qui remontent à près d'un siècle, les techniques d'analyse des signaux, de résolution de problèmes inverses ne cessent de révéler toute la richesse de l'information qu'ils contiennent. Dans l'EEG se superposent une multitude de fluctuations de potentiels électriques qui trouvent leur origine dans le cortex, et reflètent l'intégration synaptique des cellules pyramidales contenues dans la matière grise.

Une multitude de phénomènes peut être extraite de l'EEG: oscillations s'établissant à des fréquences particulières, fluctuant en amplitude, en phase, en fréquence, ou déflexions courtes de potentiels électriques, évoquées par des événements particuliers, pointes paroxystiques en épilepsie, ondes lentes du sommeil profond, etc.

Les interfaces cerveau-ordinateur se basent sur des composantes de l'EEG qui sont modulées de manière volontaire par l'utilisateur, et qui sont classifiées ou détectées automatiquement par le système, puis converties en commandes.

On appelle ces composantes de l'EEG des "caractéristiques". Par définition, des caractéristiques sont moins variables que le bruit : il s'agit d'activité cérébrale qui se répète à travers différentes observations. Un des défis du traitement de signaux biologiques est celui de la variabilité de ces caractéristiques : comment identifier des caractéristiques alors qu'elles varient en latence, en amplitude, en durée ? Sur la base d'observations neurophysiologiques, nous pouvons encoder une forme d'invariance à la variabilité lors de la phase d'extraction de caractéristiques. C'est ainsi que nous avons introduit des variantes multi-observation de Matching Pursuit, qui décomposent les signaux EEG tout en se servant de multiples essais pour trouver les atomes optimaux d'un dictionnaire prédéfini [1], ou bien qui exploitent les observations pour apprendre le dictionnaire même [4].

Les caractéristiques cérébrales propices pour les interfaces cerveau ordinateur doivent être suffisamment robustes pour correspondre de manière fiable aux intentions de l'utilisateur [2].

Pour mettre en œuvre des interfaces cerveau ordinateur et les tester en situation d'utilisation, notre équipe s'est focalisée sur la détection de l'onde P300 pour piloter un clavier virtuel chez des patients atteints de sclérose latérale amyotrophique. En collaboration avec le CHU de Nice, nous avons développé notre propre plateforme logicielle, basée sur le logiciel OpenViBE [6], puis réalisé une étude clinique avec 20 patients SLA, montrant que les patients pouvaient utiliser ce système de manière fiable sans aucun entraînement [3]. Pour une utilisation au quotidien, il reste à éliminer l'étape de calibration de la classification des signaux et mettre au point un dispositif de mesure d'EEG ergonomique sans gel conducteur [7]. Seule une attention soutenue à l'ergonomie permettra aux interfaces cerveau ordinateur de sortir du laboratoire et d'être utilisées pour la communication et le contrôle de l'environnement.



Références

- [1] Christian Bénar, Théodore Papadopoulo, Bruno Torrèsani, and Maureen Clerc. Consensus matching pursuit for multi-trial EEG signals. *Journal of Neuroscience Methods*, 180:161–170, 2009.
- [2] Maureen Clerc, Laurent Bougrain, and Fabien Lotte. Introduction. In Maureen Clerc, Laurent Bougrain, and Fabien Lotte, editors, *Les interfaces cerveau-ordinateur 1*, Fondements et méthodes. ISTE, July 2016.
- [3] Sofiane Guebba, Violaine Guy, Théodore Papadopoulo, Mariane Bruno, Maureen Clerc, and Marie-Hélène Soriani. Patient-adapted ergonomic head-set for dry-eeG p300 speller. In *Graz International Brain-Computer Interface Conference*, 2019.

- [4] Violaine Guy, M. H. Soriani, Mariane Bruno, Théodore Papadopoulo, Claude Desnuelle, and Maureen Clerc. Brain computer interface with P300- Speller: usability for disabled patients with Amyotrophic Lateral Sclerosis. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 2017.
- [5] S. Hitziger, M. Clerc, S. SAILLET, C. Bénar, and T. Papadopoulo. Adaptive waveform learning: A framework for modeling variability in neurophysiological signals. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 65(16):4324–4338, April 2017.
- [6] Fabien Lotte, Laurent Bougrain, and Maureen Clerc. Electroencephalography (EEG)-based Brain-Computer Interfaces. In *Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering*, page 44. Wiley, 2015.
- [7] Yann Renard, Fabien Lotte, Guillaume Gibert, Marco Congedo, Emmanuel Maby, Vincent Delannoy, Olivier Bertrand, and Anatole Lécuyer. Openvibe: An open-source software platform to design, test, and use brain–computer interfaces in real and virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 19(1):35–53, 2010.