

## Sujet Master 2 Sciences cognitives 2015-2016

### Etude des bases corticales de la vocalisation chez le miniporc grâce à un paradigme d'enregistrement cortical sans fil chez l'animal en comportement

Blaise Yvert, Clinatéc Inserm U1205

[blaise.yvert@inserm.fr](mailto:blaise.yvert@inserm.fr)

**Contexte général :** Les interfaces cerveau-machine (BCI) permettent d'envisager des solutions de réhabilitation pour les personnes sévèrement handicapées, en leur permettant de contrôler directement par leur activité cérébrale soit des effecteurs moteurs externes (bras robotisés<sup>1</sup>, exosquelettes), soit des systèmes de communication (ordinateurs<sup>2</sup> ou tablettes, synthétiseur vocal artificiel<sup>3</sup>), soit bientôt leur propres muscles en contournant la lésion<sup>4</sup>. Les systèmes les plus performants sont ceux utilisant des enregistrements invasifs de l'activité corticale, grâce à des électrodes implantées à la surface du cerveau (électrocorticographie – EcoG) ou dans le ruban cortical (matrices de microélectrodes intracorticales). Ces approches permettent en effet à l'heure actuelle de prédire des événements comportementaux individuels (e.g. trajectoires de mouvements libres, ou encore production de phonèmes individuels<sup>5</sup>) et de contrôler des effecteurs moteurs mettant en jeu jusqu'à 10 degrés de liberté simultanément<sup>6</sup>. Toutefois, un facteur clé du succès d'un système BCI pour une utilisation au long terme est la capacité qu'a le sujet à apprendre au fil des jours à contrôler de mieux en mieux son activité. Ceci n'est cependant possible que si les signaux enregistrés et décodés jours après jours sont stables dans le temps (un sujet ne peut s'adapter si les signaux enregistrés ne sont pas stables)<sup>7</sup>. Or, même si les signaux intracérébraux fournissent une haute résolution de l'activité corticale, les implants utilisés (matrices EcoG ou intracorticales) présentent encore des défauts de stabilité importants.

**Objectif du projet :** Dans ce contexte, notre équipe mène deux axes de recherche complémentaires, l'un méthodologique visant à développer de nouveaux implants intracorticaux invasifs permettant des enregistrements stables de l'activité corticale<sup>8</sup>, et l'autre visant à utiliser ce type d'implants pour développer une interface cerveau-machine pour la réhabilitation de la parole chez le patient aphasique grâce au contrôle d'un synthétiseur vocal artificiel<sup>9</sup>. Le recours à un modèle animal de grande taille est nécessaire à ces deux voies de recherche. D'une part, il est important de pouvoir tester la biocompatibilité des implants corticaux et la stabilité des signaux qu'ils permettent d'acquérir dans une situation aussi proche que possible de celle du cerveau de l'homme. D'autre part le recours à l'animal permet d'acquérir des données corticales permettant de tester les algorithmes de décodage qui pourront être utilisés ensuite dans des protocoles BCI chez l'homme. Dans ce contexte, l'objectif du projet est de mettre en place un paradigme expérimental permettant d'enregistrer chez le miniporc les vocalisations de l'animal simultanément à ses activités corticales recueillies avec des matrices EcoG ou intracorticales. Ces enregistrements s'effectueront dans une configuration comportementale où l'animal est libre de ses mouvements grâce à un système électrophysiologique sans fil commercial. Les différentes vocalisations stéréotypées<sup>10</sup> seront ensuite identifiées et réparties en différentes classes à partir des enregistrements acoustiques. En parallèle, les caractéristiques pertinentes de l'activité corticale (e.g., puissance dans certaines bandes fréquentielles, taux de décharge des neurones) seront extraites des enregistrements neuronaux et cartographiées sur l'anatomie corticale pour déterminer les zones activées lors de la vocalisation. Enfin, des méthodes de classification (LDA, SVM) seront mises en œuvre pour prédire, d'après les caractéristiques de son activité corticale, les différents types de vocalisations produites par l'animal (décodage des activités corticales). Ce projet s'inscrit dans le cadre d'un nouveau financement ANR, qui pourra éventuellement permettre de poursuivre ce travail en thèse.

## Travail envisagé :

- Participation aux chirurgies d'implantation des matrices d'électrodes ECoG ou intracorticales, et aux soins post-opératoires
- Réalisation des expérimentations in vivo pour le recueil des signaux acoustiques et corticaux chez 1 ou 2 animaux.
- Extraction des différentes classes de vocalisation à partir des signaux acoustiques
- Extraction des caractéristiques des signaux corticaux propres à la vocalisation
- Cartographie de ces caractéristiques sur l'anatomie corticale IRM
- Décodage des différents types de vocalisation à partir de ces caractéristiques extraites des signaux corticaux

**Profil recherché :** étudiant de formation ingénieur ou équivalent avec des compétences en traitement du signal et programmation Matlab ou C/C++, et ayant un intérêt pour les neurosciences et un travail interdisciplinaire allant des expérimentations chez l'animal au traitement des données recueillies.

---

## Références :

- <sup>1</sup> Chapin, J K, K A Moxon, R S Markowitz, and M A Nicolelis. 1999. "Real-Time Control of a Robot Arm Using Simultaneously Recorded Neurons in the Motor Cortex." *Nat Neurosci* 2 (7): 664–70.
- Hochberg, L R, D Bacher, B Jarosiewicz, N Y Masse, J D Simeral, J Vogel, S Haddadin, et al. 2012. "Reach and Grasp by People with Tetraplegia Using a Neurally Controlled Robotic Arm." *Nature* 485 (7398): 372–75.
- Ifft, Peter J, Solaiman Shokur, Zheng Li, Mikhail a Lebedev, and Miguel a L Nicolelis. 2013. "A Brain-Machine Interface Enables Bimanual Arm Movements in Monkeys." *Science Translational Medicine* 5 (210): 210ra154.
- <sup>2</sup> Birbaumer, N, N Ghanayim, T Hinterberger, I Iversen, B Kotchoubey, a Kübler, J Perelmouter, E Taub, and H Flor. 1999. "A Spelling Device for the Paralyzed." *Nature* 398 (6725): 297–98.
- Hochberg, L R, M D Serruya, G M Friehs, J A Mukand, M Saleh, A H Caplan, A Branner, D Chen, R D Penn, and J P Donoghue. 2006. "Neuronal Ensemble Control of Prosthetic Devices by a Human with Tetraplegia." *Nature* 442 (7099): 164–71.
- <sup>3</sup> Guenther, F H, J S Brumberg, E J Wright, A Nieto-Castanon, J A Tourville, M Panko, R Law, et al. 2009. "A Wireless Brain-Machine Interface for Real-Time Speech Synthesis." *PLoS ONE* 4 (12): e8218.
- <sup>4</sup> Moritz, C T, S I Perlmutter, and E E Fetz. 2008. "Direct Control of Paralyzed Muscles by Cortical Neurons." *Nature* 456 (7222): 639–42.
- <sup>5</sup> Martin, Stéphanie, Peter Brunner, Chris Holdgraf, Hans-Jochen Heinze, Nathan E Crone, Jochem Rieger, Gerwin Schalk, Robert T Knight, and Brian N Pasley. 2014. "Decoding Spectrotemporal Features of Overt and Covert Speech from the Human Cortex." *Frontiers in Neuroengineering* 7 (May): 14.
- Mugler, Emily M, James L Patton, Robert D Flint, Zachary a Wright, Stephan U Schuele, Joshua Rosenow, Jerry J Shih, Dean J Krusienski, and Marc W Slutzky. 2014. "Direct Classification of All American English Phonemes Using Signals from Functional Speech Motor Cortex." *Journal of Neural Engineering* 11 (3): 035015.
- <sup>6</sup> Collinger, Jennifer L, Brian Wodlinger, John E Downey, Wei Wang, Elizabeth C Tyler-Kabara, Douglas J Weber, Angus J C McMorland, Meel Velliste, Michael L Boninger, and Andrew B Schwartz. 2013. "High-Performance Neuroprosthetic Control by an Individual with Tetraplegia." *Lancet* 381 (9866). Elsevier Ltd: 557–64.
- Wodlinger, B, J E Downey, E C Tyler-Kabara, a B Schwartz, M L Boninger, and J L Collinger. 2015. "Ten-Dimensional Anthropomorphic Arm Control in a Human Brain-Machine Interface: Difficulties, Solutions, and Limitations." *Journal of Neural Engineering* 12 (1). IOP Publishing: 016011.
- <sup>7</sup> Ganguly, K, and J M Carmena. 2009. "Emergence of a Stable Cortical Map for Neuroprosthetic Control." *PLoS Biol* 7 (7): e1000153.
- <sup>8</sup> Charvet G, Rousseau L, Billoit O, Gharbi S, Rostaing J-P, Joucla S, Trevisiol M, Chauvet P, Moulin C, Goy F Mercier B, Colin M, Fanet H, Meyrand P, Guillemaud R, Yvert B. (2010) BioMEA: A versatile high-density 3D microelectrode array system using integrated electronics. *Biosens Bioelectron*, 25 : 1889-1896.
- Heim M, Rousseau L, Reculosa S, Urbanova V, Mazzocco C, Joucla S, Bouffier L, Vytras K, Bartlett P, Kuhn A, Yvert B. (2012) Mesoporous microelectrode arrays (MEAs) for low noise recording of neural networks. *J Neurophysiol* 108: 1793-1803.
- Piret G, Hébert C, Mazellier J-P, Rousseau L, Scorsone E, Cottance M, Lissorgues G, Heuschkel M, Picaud S, Bergonzo P, Yvert B (2015) 3D-nanostructured boron-doped diamond for microelectrode array neural interfacing. *Biomaterials*, 53: 173-183.
- <sup>9</sup> Bocquelet F, Hueber T, Girin L, Badin P, Yvert B. 2014. "Robust Articulatory Speech Synthesis Using Deep Neural Networks for BCI Applications." In *Proceedings of the Annual Conference of the International Speech Communication Association (Interspeech)*, 2288–92.
- Bocquelet F, Hueber T, Girin L, Savariaux C, Yvert B (2015) Real-time articulatory speech synthesis for brain-computer interfaces. The 45th Annual Meeting of the Society for Neuroscience, Chicago, October 17-21, 2015.
- <sup>10</sup> Xin, H, J A Deshazer, and D W Leger. 1989. "Pig Vocalizations Under Selected Husbandry Practices." *Transactions of the ASAE* 32 (6): 2181–84.
- Marchant, J N., X Whittaker, and D M. Broom. 2001. "Vocalisations of the Adult Female Domestic Pig during a Standard Human Approach Test and Their Relationships with Behavioural and Heart Rate Measures." *Applied Animal Behaviour Science* 72 (1): 23–39.
- Tallet, Céline, Pavel Linhart, Richard Policht, Kurt Hammerschmidt, Petr Šimeček, Petra Kratinova, and Marek Špinko. 2013. "Encoding of Situations in the Vocal Repertoire of Piglets (Sus Scrofa): A Comparison of Discrete and Graded Classifications." *PLoS One* 8 (8): e71841.