

Étude des corrélats musculaires de la parole intérieure via électromyographie de surface à haute-densité

Sujet de stage 2020-2021 – Master 2 Recherche

Contexte

L'appellation "parole intérieure" désigne la production mentale de parole qui, pour un observateur extérieur, est silencieuse et n'est pas accompagnée de mouvements visibles. Cette parole intérieure est souvent associée (mais pas toujours ni pour tout le monde) à des percepts auditifs ("la petite voix dans la tête") similaires à ceux qui accompagnent la production de parole à voix haute, et se manifeste par exemple lorsque nous lisons, comptons, imaginons des conversations à venir ou nous remémorons des dialogues passés (pour revue, voir par exemple [1, 2]). L'étude des corrélats cérébraux et physiologiques de la production de parole intérieure suggère que la parole intérieure puisse être considérée comme une simulation mentale de la parole à voix haute. Ainsi, parole à voix haute et parole intérieure entretiendraient une relation similaire à celle qu'entretiennent une action exécutée et sa forme imaginée, comme la marche et la marche imaginée.

Cette hypothèse de la simulation motrice est étayée par de nombreuses études en chronométrie mentale suggérant une isochronie entre action imaginée et action exécutée (pour revue, voir [3]), ainsi que par des études en neuro-imagerie suggérant qu'action imaginée et action exécutée recrutent des réseaux cérébraux similaires (avec quelques différences entre les deux modes, voir par exemple [4]) ou par des études en psychophysiologie montrant que les corrélats périphériques (et en particulier musculaires) de la parole intérieure tendent à ressembler à ceux de la parole à voix haute, bien que d'amplitude moindre. Par exemple, différentes études menées au LPNC et au GIPSA-lab suggèrent une augmentation de l'activité électromyographique (EMG) de la lèvre inférieure lors de la parole intérieure par rapport à un état de relaxation, ainsi que lors d'hallucinations auditives verbales chez des patients schizophrènes [5], ou lors de ruminations mentales induites [6]. Pourtant, les recherches récentes sur le décodage de la parole intérieure sont mitigées, certaines études récentes [e.g., 7] et moins récentes [e.g., 8, 9] suggérant que le contenu produit en parole intérieure pourrait bien être décodé à partir de signaux électromyographiques, alors que d'autres études récentes ont des conclusions plus nuancées voire opposées [10].

Objectifs et retombées potentielles

L'objectif de ce stage est tout d'abord théorique et consiste à approfondir l'étude des caractéristiques électromyographiques de la parole intérieure et à tester l'hypothèse selon laquelle le contenu produit en parole intérieure peut être décodé de manière fiable sur la base de signaux musculaires périphériques. Le stage a aussi des retombées technologiques dans le domaine de la télécommunication silencieuse et offre des pistes pour la prise en charge de patients souffrant de troubles de l'articulation ou de la phonation (glossectomie, laryngectomie).

Méthodologie

L'activité musculaire orofaciale sera enregistrée via des grilles d'électrodes d'électromyographie de surface à haute densité (HD-EMG) positionnées sur la partie inférieure du visage (cf. Figure 1) ou sur le cou, pendant la production à voix haute, silencieuse (mais articulée), et intérieure (non articulée) de deux corpus linguistiques. En premier lieu, un corpus important composé de listes de mots ou de non-mots aux caractéristiques articulatoires variables sera recueilli et permettra d'affiner les méthodes de traitement du signal HD-EMG et de décodage de ces signaux via *deep learning*. Un deuxième corpus composé de virelangues aux caractéristiques articulatoires variables sera également enregistré, accompagné de données chronométriques (temps de production).

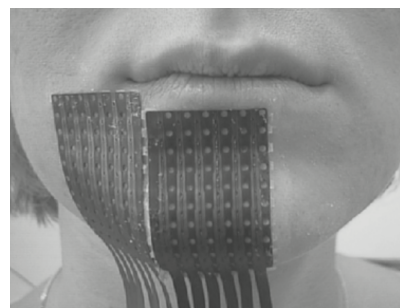


FIGURE 1. Illustration d'un dispositif de collecte de données EMG faciales à haute-densité, issue de [11].

Encart 1: Alternatives expérimentales

Il est important de noter qu'en cas d'impossibilité de collecter des données électromyographiques lors de ce stage (par exemple en raison de l'évolution de la situation sanitaire), l'étudiant-e recruté-e aura la possibilité d'organiser des expériences en ligne, centrées sur la collecte de données chronométriques lors de la production du corpus de virelangues. L'étudiant-e recruté-e aura également la possibilité de participer aux différents développements techniques liés au traitement ou au décodage du signal HD-EMG. Ce travail de traitement du signal pourrait se faire sur des signaux déjà acquis et ne nécessiterait donc pas de nouvelle collecte de données.

Travail demandé et compétences requises

Nous cherchons un-e étudiant-e issu-e d'une formation en sciences cognitives afin de participer à la création du protocole expérimental, à la collecte, au traitement, et à l'analyse des données HD-EMG. Plus précisément, un travail bibliographique approfondi sera nécessaire. Il est ensuite attendu que l'étudiant-e participe à la construction de la méthode expérimentale permettant de tester les hypothèses, recueille des données HD-EMG chez un nombre suffisant de participants et fasse preuve d'autonomie concernant le traitement statistique des données recueillies. Il est souhaitable, mais non requis, d'être à l'aise avec les concepts manipulés en contrôle moteur ou en phonétique et d'avoir une expérience avec un logiciel de traitement de données tel que Matlab ou R.

Encadrement et contact

Le stage sera effectué à Grenoble au sein de l'équipe PCMD du Département Parole et Cognition du GIPSA-lab et de l'équipe Langage du LPNC.

Ladislav Nalborczyk
GIPSA-lab, Ladislav.Nalborczyk@gipsa-lab.fr

Maëva Garnier
GIPSA-lab, maeva.garnier@gipsa-lab.fr

Hélène Lœvenbruck
LPNC, helene.loevenbruck@univ-grenoble-alpes.fr

Références

- [1] B. Alderson-Day and C. Fernyhough, "Inner speech : Development, cognitive functions, phenomenology, and neurobiology.," *Psychological Bulletin*, vol. 141, pp. 931–965, Sept. 2015.
- [2] M. Perrone-Bertolotti, L. Rapin, J. P. Lachaux, M. Baciuciu, and H. Lœvenbruck, "What is that little voice inside my head? Inner speech phenomenology, its role in cognitive performance, and its relation to self-monitoring," *Behavioural Brain Research*, vol. 261, pp. 220–239, Mar. 2014.
- [3] A. Guillot, N. Hoyek, M. Louis, and C. Collet, "Understanding the timing of motor imagery : recent findings and future directions," *International Review of Sport and Exercise Psychology*, vol. 5, pp. 3–22, Mar. 2012.
- [4] A. Guillot, F. Di Rienzo, T. MacIntyre, A. Moran, and C. Collet, "Imagining is not doing but involves specific motor commands : A review of experimental data related to motor inhibition," *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 6, 2012.
- [5] L. Rapin, M. Dohen, M. Polosan, P. Perrier, and H. Lœvenbruck, "An EMG study of the lip muscles during covert auditory verbal hallucinations in schizophrenia," *Journal of speech, language, and hearing research*, vol. 56, no. 6, pp. 1882–1993, 2013.
- [6] L. Nalborczyk, M. Perrone-Bertolotti, C. Baeyens, R. Grandchamp, M. Polosan, E. Spinelli, E. H. Koster, and H. Lœvenbruck, "Orofacial electromyographic correlates of induced verbal rumination," *Biological Psychology*, vol. 127, pp. 53–63, 2017.
- [7] A. Kapur, S. Kapur, and P. Maes, "AlterEgo : A personalized wearable silent speech interface," in *Proceedings of the 2018 Conference on Human Information Interaction & Retrieval - IUI '18*, (Tokyo, Japan), pp. 43–53, ACM Press, 2018.
- [8] F. J. McGuigan and C. L. Winstead, "Discriminative relationship between covert oral behavior and the phonemic system in internal information processing.," *Journal of Experimental Psychology*, vol. 103, no. 5, pp. 885–890, 1974.
- [9] J. L. Locke and F. S. Fehr, "Subvocal rehearsal as a form of speech," *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, vol. 9, no. 5, pp. 495–498, 1970.
- [10] L. Nalborczyk, R. Grandchamp, E. H. W. Koster, M. Perrone-Bertolotti, and H. Lœvenbruck, "Can we decode phonetic features in inner speech using surface electromyography?," *PLOS ONE*, vol. 15, p. e0233282, May 2020. Publisher : Public Library of Science.
- [11] B. G. Lapatki, R. Oostenveld, J. P. Van Dijk, I. E. Jonas, M. J. Zwartz, and D. F. Stegeman, "Optimal placement of bipolar surface EMG electrodes in the face based on single motor unit analysis," *Psychophysiology*, vol. 47, pp. 299–314, Mar. 2010.