



HAL
open science

Rapport sur la stimulation auditive à usage des interfaces cerveau-machines

Grégoire Cattan, Anton Andreev, Cesar Mendoza, Marco Congedo

► **To cite this version:**

Grégoire Cattan, Anton Andreev, Cesar Mendoza, Marco Congedo. Rapport sur la stimulation auditive à usage des interfaces cerveau-machines. [Rapport de recherche] Gipsa-lab; IHMTEK. 2019. hal-01970139

HAL Id: hal-01970139

<https://hal.science/hal-01970139>

Submitted on 4 Jan 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Rapport sur la stimulation auditive à usage des interfaces cerveau- machines

CATTAN Grégoire

Encadrement Gipsa-Lab :

Congedo Marco
Andreev Anton

Encadrement IHMTEK :

Mendoza Cesar

Vendredi 4 janvier 2019

Introduction

Dans une BCI (Brain-Computer Interface) basée sur un P300 visuel ou un SSVEP (Steady-State Visually Evoked Potential), les utilisateurs sont soumis à une simulation visuelle constante. Outre la fatigue visuelle et tous les troubles liés à l'utilisation des écrans, il a été montré que des fréquences de stimulation visuelle de l'ordre de 1 à 65 Hz induisaient un risque accru d'épilepsie [1], ce qui est typiquement le cas d'un SSVEP classique. Pour contrecarrer ces effets, on étudie la possibilité d'utiliser une stimulation auditive plutôt que visuelle.

Exposition

Recommandations existantes

Il existe dans la littérature deux grandes familles de stimulation auditive dont les principes sont les mêmes que le P300 et le SSVEP. Dans le P300 audio, une succession de bruits sonores différents sont soumis au sujet, lequel dirige son attention vers un son en particulier pour déclencher une action. Dans le cas du SSVEP audio, plus communément appelé ASSR [2] (Auditory Steady-State Response), les cibles sont énoncées à des fréquences différentes, l'effet recherché sur l'EEG étant similaire à celui provoqué par un SSVEP. Plusieurs « guidelines » semblent recommandées par la littérature :

- Il faut regrouper les symboles par catégories [3], [4]. L'exemple le plus courant est celui du P300-speller qui consiste à épeler un mot de l'alphabet. Dans [4] l'alphabet est regroupé par mots qui sont énoncés tour à tour. Par exemple, l'utilisateur se concentre sur le mot « KANG » pour sélectionner une des lettres K, A, N ou G qui seront ensuite épelées individuellement.
- L'utilisation de sons naturels [5], [6] comme la musique ou la voix donnent de meilleurs résultats. En ce qui concerne la musique, [5], [7] ont des conclusions qui divergent. La complexité des sons, des notes de musique ou des harmoniques complexes (violon instrumental par exemple), est peut-être en cause – la deuxième catégorie donnant les meilleurs résultats.
- Dans le cas de l'ASSR, il faut varier la fréquence du stimuli [8], [9].
- La latéralisation d'un son (droite/gauche) n'est pas automatique [10]. En conséquence la position d'un son dans l'espace ne peut être utilisée, seule, comme facteur discriminant pour une BCI audio, mais l'association d'un son à une position unique permet d'améliorer les résultats (comme résumé dans l'introduction de [7]).

Limitations

Néanmoins, et malgré ces recommandations, la BCI audio reste limitée en termes d'acuité, de transfert d'information, voire de charge mentale [3], [4], [6], [7], [11] – il semblerait cependant que dans [6] la prononciation de sons en relation avec les actions possibles ait permis de réduire la charge mentale. Dans [7] il est reporté que la composante visuelle reste la composante essentielle dans tous les P300 mixtes (audio et visuelle), produisant un P300 d'une plus grande amplitude. Enfin, le nombre d'actions potentiellement reconnus est de maximum 9 pour un P300 audio contre plus de 30 pour un P300 visuel [6].

Stimulation mixtes

En ce qui concerne l'usage de l'audio dans une BCI mixte, [3] suggère plusieurs paradigmes possibles. L'usage de stimulation audio et visuel asynchrone donne les meilleurs résultats (on sélectionne simultanément une catégorie avec une simulation visuelle, et une lettre à l'intérieur de la catégorie avec une simulation audio). Néanmoins, elle est lourde en charge mentale. Peut-être moins efficace mais autant, voir plus qu'une stimulation visuelle, l'association synchronisée d'une stimulation visuelle et auditive donne des résultats satisfaisants.

Pour finir, [12] suggère l'association de stimuli sensitifs (vibreux placé sur le visage) avec des stimuli audio. Les résultats sont mitigés.

Conclusion

En conclusion, l'usage de stimuli auditifs synchronisés avec des stimuli visuels fait sens. La stimulation audio seule semble être réservée à des cas particuliers où l'usage de la stimulation visuelle est à proscrire (trouble visuel important, maladie). Toutefois, on retiendra que certaines des recommandations exposées pour les stimuli auditifs gagnerait à être transposées dans le domaine visuel (par exemple la modulation en fréquence, qui peut être aussi accompagné d'une modulation d'amplitude : [8]).

Références

- [1] R. S. Fisher, G. Harding, G. Erba, G. L. Barkley, A. Wilkins, and Epilepsy Foundation of America Working Group, "Photic- and pattern-induced seizures: a review for the Epilepsy Foundation of America Working Group," *Epilepsia*, vol. 46, no. 9, pp. 1426–1441, Sep. 2005.
- [2] R. Luke, A. De Vos, and J. Wouters, "Source analysis of auditory steady-state responses in acoustic and electric hearing," *NeuroImage*, vol. 147, pp. 568–576, Feb. 2017.
- [3] X. An, J. Höhne, D. Ming, and B. Blankertz, "Exploring Combinations of Auditory and Visual Stimuli for Gaze-Independent Brain-Computer Interfaces," *PLoS ONE*, vol. 9, no. 10, Oct. 2014.

- [4] S. C. Kleih, A. Herweg, T. Kaufmann, P. Staiger-Sälzer, N. Gerstner, and A. Kübler, "The WIN-speller: a new intuitive auditory brain-computer interface spelling application," *Front. Neurosci.*, vol. 9, Oct. 2015.
- [5] J. Heo, H. J. Baek, S. Hong, M. H. Chang, J. S. Lee, and K. S. Park, "Music and natural sounds in an auditory steady-state response based brain-computer interface to increase user acceptance," *Comput. Biol. Med.*, vol. 84, pp. 45–52, May 2017.
- [6] J. Höhne and M. Tangermann, "Towards User-Friendly Spelling with an Auditory Brain-Computer Interface: The CharStreamer Paradigm," *PLoS ONE*, vol. 9, no. 6, Jun. 2014.
- [7] M. Huang, I. Daly, J. Jin, Y. Zhang, X. Wang, and A. Cichocki, "An exploration of spatial auditory BCI paradigms with different sounds: music notes versus beeps," *Cogn. Neurodyn.*, vol. 10, no. 3, pp. 201–209, Jun. 2016.
- [8] A. M. Dreyer and C. S. Herrmann, "Frequency-modulated steady-state visual evoked potentials: A new stimulation method for brain-computer interfaces," *J. Neurosci. Methods*, vol. 241, pp. 1–9, Feb. 2015.
- [9] J. Thielen, P. van den Broek, J. Farquhar, and P. Desain, "Broad-Band Visually Evoked Potentials: Re(con)volution in Brain-Computer Interfacing," *PloS One*, vol. 10, no. 7, p. e0133797, 2015.
- [10] "Exogenous orienting of attention in hearing: a virtual reality paradigm to assess auditory attention in neglect patients - Semantic Scholar." [Online]. Available: [/paper/Exogenous-orienting-of-attention-in-hearing%3A-a-vir-Guilbert-Cl%C3%A9ment/2d7b9868ee2e23ffde01d21ed12a608118690d8e](#). [Accessed: 28-Feb-2018].
- [11] L. Demany, Y. Bayle, E. Puginier, and C. Semal, "Detecting temporal changes in acoustic scenes: The variable benefit of selective attention," *Hear. Res.*, vol. 353, pp. 17–25, Sep. 2017.
- [12] H. Mori, S. Makino, and T. M. Rutkowski, "Tactile and bone-conduction auditory brain computer interface for vision and hearing impaired users #x2014; Stimulus pattern and BCI accuracy improvement," in *Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA), 2014 Asia-Pacific*, 2014, pp. 1–7.