



HAL
open science

Interfaces cerveau-ordinateur et jeux sérieux : adaptation aux patients schizophrènes

Charlotte Piau, Marie-Hélène Bekaert, François Cabestaing

► To cite this version:

Charlotte Piau, Marie-Hélène Bekaert, François Cabestaing. Interfaces cerveau-ordinateur et jeux sérieux : adaptation aux patients schizophrènes. IHM'14, 26e conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine, Oct 2014, Lille, France. ACM, pp.189-194, 2014, 10.1145/2670444.2670469 . hal-01090442

HAL Id: hal-01090442

<https://hal.science/hal-01090442v1>

Submitted on 3 Dec 2014

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.

Interfaces cerveau-ordinateur et jeux sérieux : adaptation aux patients schizophrènes

Piau Charlotte

LAGIS, Lille 1
FRANCE
charlotte.piau@outlook.fr

Bekaert Marie-Hélène

LAGIS, Lille 1
FRANCE
marie-helene.bekaert@univ-lille1.fr

Cabestaing François

LAGIS, Lille 1
FRANCE
fancois.cabestaing@univ-lille1.fr

Résumé

Les interfaces cerveau-ordinateur (BCI) peuvent être utilisées comme outil de rééducation pour un sujet en situation de handicap. Leur utilisation dans le cadre d'un handicap moteur a déjà fait ses preuves. Nous proposons ici de les utiliser dans le cadre d'un handicap psychique : la schizophrénie, au travers de jeux sérieux pour la rééducation des troubles psychiques associés. Nous soulignons l'importance d'adapter les BCI utilisées au handicap mais aussi l'importance d'impliquer le patient dès le début du développement des interfaces afin de maximiser ses performances et ainsi faciliter sa réadaptation.

Mots clés choisis par les auteurs

BCI, Handicap, Schizophrenia, Adaptation, Feedbacks, Serious Game

Mot clés de la classification ACM

H.5.m. Human factors, Information interfaces and presentation (e.g., HCI): Miscellaneous.

© ACM, 2014. This is the author's version of the work. It is posted here by permission of ACM for your personal use. Not for redistribution. The definitive version was published in Actes de la 26^{ième} conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine, 2014.
<http://dx.doi.org/10.1145/2670444.2670469>

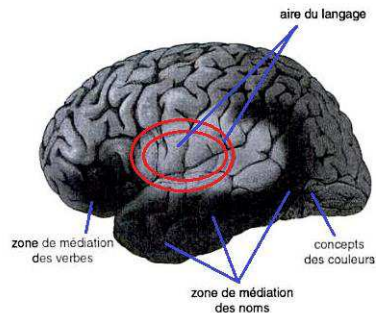


Figure 1. Schéma du cerveau avec localisation en rouge les aires du langage [15].

Introduction

Les interfaces cerveau-ordinateur sont des interfaces homme-machine (IHM) permettant une communication directe entre le cerveau d'un utilisateur et un dispositif externe, tel un bras articulé, un ordinateur ou un fauteuil roulant [21]. L'activité électrique cérébrale est mesurée puis traitée et traduite en commande ce qui permet de piloter le dispositif, sans passer par les canaux usuels que sont les nerfs et les muscles. Dans le cas d'un handicap psychique, les BCI peuvent être utilisées comme outil de rééducation et/ou de réadaptation en complément des traitements médicamenteux.

Dans cet article nous proposons de définir l'adaptation des BCI au patient schizophrène (SCZ) et à son handicap. En première partie nous traitons l'adaptation de l'interface au handicap psychique puis nous verrons l'importance de l'implication du patient.

BCI : adaptation au handicap psychique.

Les troubles psychiques résultent de nombreuses pathologies. Ils peuvent être traités par les médicaments et/ou par la rééducation. Avec la démocratisation de l'outil informatique et notamment avec l'essor des smartphones et tablettes, les jeux sérieux se sont développés comme outil de rééducation ou de réadaptation. Dans le cas de l'autisme, par exemple, ils sont utilisés pour améliorer les compétences linguistiques des patients [2].

Dans notre équipe nous nous focalisons entre autre sur les troubles mentaux liés à la schizophrénie [14] et plus particulièrement les hallucinations verbales auditives (AVH). L'implication des BCI dans le traitement des troubles psychiques est relativement récente et fortement liée à la stimulation cérébrale profonde. Par exemple, elles sont utilisées dans ce cadre, pour les troubles obsessionnels

compulsifs (TOC) ou celui du déficit d'attention avec ou sans hyperactivité [3]. Très peu d'articles traitent de l'utilisation des BCI non invasives pour le traitement des troubles psychiques et plus particulièrement pour ceux liés à la schizophrénie [11].

L'intérêt de l'utilisation du neurofeedback dans ces pathologies est « l'effet de transfert », c'est-à-dire la capacité du patient à employer les stratégies apprises lors des sessions d'entraînement pour réduire ou augmenter son activité neuronale dans une zone déterminée et ce en absence de neurofeedback. A ce jour, des études [1] [16] [18] ont utilisé le neurofeedback chez une population SCZ qui a été capable, par la suite, d'autoréguler son activité neuronale en dehors de tout feedback.

BCI et jeux sérieux pour la gestion des Hallucinations Verbales Auditives

La schizophrénie est la psychose la plus répandue chez l'adulte. Dans 70% des cas, les sujets SCZ souffrent d'AVH qui dans 25 à 30% des cas, sont résistantes à toutes formes médicamenteuses [17].

Les sujets SCZ sont caractérisés par des profils électrophysiologiques particuliers [19]. L'amplitude de leurs ondes thêta et gamma sont par exemple réduites par rapport à un sujet contrôle. Les ondes thêta (4-7hz) sont à la fois impliquées dans l'orientation spatiale et dans la relaxation, tandis que les ondes gamma (30 – 200 Hz) sont impliquées dans les fonctions cognitives hautes, telle que la mémorisation ou le calcul.

Nous proposons d'utiliser les BCI pour aider les patients SCZ souffrant d'AVH. Notre but final est d'entraîner le patient via des jeux sérieux, en dehors de ses périodes de crises. L'entraînement devrait permettre à celui-ci, grâce à l'« effet

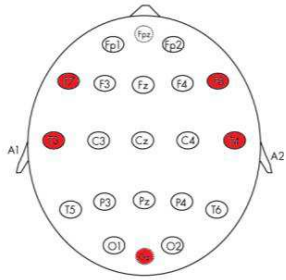


Figure 2. Système 10-20 pour le placement des électrodes. En rouge celles utilisées [8].

transfert », de mettre en œuvre les stratégies apprises à l'entraînement pour réguler son activité neuronale et ainsi influencer sur la fréquence de survenue des AVH ou sur leur sévérité. Pour cela différentes applications BCI, développées via le logiciel Unity [20], sont proposées. Quatre axes de développement sont mis en œuvre :

- L'instrumentalisation du chant ;
- La maîtrise du niveau de relaxation ;
- L'orientation spatiale ;
- L'association consigne-images.

Pour chacun d'eux nous enregistrons les rythmes thêta et gamma en occipital, et au niveau du gyrus temporal supérieur (STG) et du gyrus frontal inférieur (IFG), c'est-à-dire sur l'électrode F7, F8, T3, T4 et Oz (système 10-20) [Figure 1 et 2]. Ces trois zones sont impliquées dans les AVH. En effet avant la survenue d'une AVH, on observe une désactivation des signaux électro physiologiques au niveau des aires du langage : STG et IFG.

Une étude de 1990 montre que les AVH seraient moins fréquentes lorsque le sujet fredonne [7]. L'instrumentalisation du chant dans un jeu sérieux permettrait au sujet SCZ d'apprendre des stratégies musicales applicables lorsqu'il ressent la survenue de sa crise afin d'éviter ou minimiser cette dernière.

La BCI destinée à la maîtrise du niveau de relaxation a pour but d'apprendre au sujet SCZ à mieux synchroniser ses ondes thêta, à l'aide d'un feedback auditif et/ou visuel. L'interface pourrait, par exemple, afficher comme retour visuel un cercle dont il faudrait augmenter par paliers la circonférence, laquelle serait corrélée à la synchronisation des ondes thêta. Une consigne auditive pourrait indiquer la rythmique

d'inspirations/expirations que le patient doit adopter pour faciliter sa relaxation.

La BCI basée sur l'orientation spatiale, dans un labyrinthe de complexité croissante (nombre d'embranchements croissant, présence ou absence d'impasses et de fausses pistes dans les niveaux supérieurs), est envisagée afin de stimuler les ondes thêta. Le sujet met en œuvre progressivement des stratégies d'orientation spatiale au travers d'une quête type chasse aux trésors. Plus le sujet SCZ améliore ses performances (augmentation de l'amplitude des ondes thêta) plus la complexité de navigation dans l'environnement s'accroît.

La dernière interface (association consigne-images) est basée sur une récente étude qui a démontré la possibilité d'augmenter volontairement les ondes gamma chez des individus sains [9] (Figure 3). Deux phases de jeux y sont proposées : soit la consigne est indépendante de la nature de l'image et de sa position à l'écran ; soit elle est dépendante de la nature de l'image, mais toujours indépendante de sa localisation. A chaque succès (réponse correcte à la consigne), un retour sonore est donné. L'objectif à atteindre est d'augmenter l'occurrence du signal auditif. Il ressort de cette étude qu'entre le premier essai et le dernier, la puissance du signal recueilli sur l'électrode Oz (Figure 2) a considérablement augmenté, principalement dans la bande 30-60 Hz. L'entraînement a donc permis d'augmenter la puissance et la synchronisation des ondes gamma. Une BCI basée sur le même principe d'association consigne-images pourrait proposer au patient SCZ un jeu évolutif (plusieurs niveaux de difficulté et divers scénarii) en fonction de ses performances. Le but étant d'amener progressivement le patient à augmenter son score (corrélé à la puissance du signal dans la bande gamma), à travers des bonus ou des challenges. Si des résultats similaires à l'étude citée étaient obtenus avec des

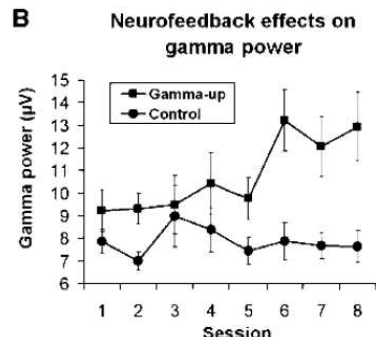


Figure 3. Effets du neurofeedback sur la puissance du signal dans la bande de fréquences gamma au sein du groupe « gamma-up » et du groupe contrôle. Au cours des 8 sessions, il est observé une augmentation de puissance pour la bande gamma (30-60 Hz) [9].

patients SCZ, nous pourrions alors regarder si un entraînement sur le long terme permettrait grâce à l'« effet de transfert » de réduire la sévérité des AVH par l'augmentation de la puissance et de la synchronie des ondes cérébrales dans la bande gamma, comme McCarthy en fait l'hypothèse dans son étude [11].

Adaptation de l'interface à la pathologie

Avant de développer une BCI pour la rééducation ou la réadaptation, il faut connaître et respecter les spécificités de la pathologie. C'est ainsi que pour des personnes épileptiques on évitera d'avoir recours au SSVEP et aux flashes [6].

Dans le cas de la schizophrénie, d'autres contraintes apparaissent. Lorsqu'on se réfère à des études antérieures [5], on voit qu'un sujet SCZ est sensible à certaines interférences visuelles. C'est ainsi qu'un objet animé dans son champ visuel périphérique le détournera de ce qui se situe au centre. Cette haute sensibilité ne concerne que les objets animés. En effet pour un objet interférant par coloration, le sujet SCZ possède une sensibilité équivalente à un sujet contrôlé [4].

De ce fait les applications développées doivent être les plus simplistes possibles, à la fois dans le graphisme, dans le nombre d'objets animés et leurs interactions et éviter les interférences. Par exemple, dans les applications de type labyrinthe classique, l'utilisateur peut se repérer grâce à un plan situé en périphérie où sa position est marquée par un symbole clignotant. Dans un jeu sérieux de type labyrinthe, ce symbole animé perturberait l'utilisateur SCZ et le détournerait de son objectif. Dans la mesure où c'est le mouvement qui entraîne la perturbation, nous proposons d'avoir recours à une coloration de la zone incluant sa position dans le labyrinthe lui-même.



Figure 4. Visuel de l'interface Hand-ball proposée par OpenVibe [13].

L'implication du patient, mise en œuvre d'une conception centrée sur l'utilisateur.

Les travaux de Nijboer [12], montrent que le succès d'une BCI dépend du niveau d'implication de l'utilisateur, c'est-à-dire de la motivation dont il va faire preuve pour interagir avec la machine. Or la motivation est dépendante de multiples paramètres subjectifs, de la personnalité ou de l'âge de l'utilisateur.

C'est ainsi qu'entre un sujet de 40 ans et un sujet de 20 ans l'affinité avec le visuel proposé va changer, de même pour deux sujets de même âge selon leurs goûts et centres d'intérêts.

Récemment notre équipe a mené une expérience avec un sujet sain, lycéen, sur l'utilisation de différentes interfaces cerveau-ordinateur proposées dans le logiciel Open-Vibe [13]. Le but de l'expérience était d'observer le ressenti d'un sujet jeune vis à vis du visuel et de comparer en terme de performance les images motrices choisies pour atteindre l'objectif. Il a été observé que pour les applications dont le design le décourageait (P300 speller), les performances obtenues étaient significativement basses et la phase d'entraînement anormalement longue.

Le logiciel Open-Vibe propose un jeu très simple (Figure 4) dont la commande est réalisée par imagerie motrice, grâce à des électrodes positionnées sur le cortex moteur. Lorsque le sujet imagine un mouvement de la main droite, classiquement un mouvement d'ouverture-fermeture de la main, le ballon se dirige du centre (position de repos) vers la cage de droite, et vice-versa. Quand ce même lycéen a été amené à utiliser le jeu de hand-ball, il s'est approprié l'application dès la première utilisation et a dépassé nos attentes en réussissant dès le premier essai à exécuter la tâche d'imagerie mentale motrice demandée.

On voit au travers de cette petite expérience à quel point la motivation est importante, mais aussi à quel point le retour perceptif proposé va permettre à l'utilisateur de s'immerger facilement ou non dans la tâche qui lui est demandée.

De même l'image motrice utilisée est à personnaliser en fonction de l'utilisateur. Dans le cadre du jeu de handball nous avons proposé à notre lycéen d'utiliser différentes imageries motrices pour voir si l'image choisie influe sur la performance. Certaines imageries motrices ont été proposées par l'équipe (dribbler, écrire, pianoter...), d'autres ont été choisies spontanément par le sujet (frapper à une porte, essorer une éponge, ...). Nous avons constaté que les performances obtenues variaient sensiblement en fonction de l'image choisie. La meilleure performance a été obtenue lors d'une tâche d'imagerie libre, le patient choisissant lui-même l'image motrice à exécuter, celle de l'éponge.

On peut supposer qu'à l'instar de notre lycéen, les jeunes sujets seront naturellement attirés vers les interfaces proches des jeux vidéo actuels. Alors que des sujets plus âgés préféreront des interfaces moins recherchées et plus simples dans leur design, des applications moins intuitives, plus rationnelles et plus monochromes.

Références

- [1] Bolea A.S., Neurofeedback treatment of chronic inpatient schizophrenia, *J Neurother*, 14 (2010), 47-54.
- [2] Carter C.M., Using Choice with Game Play to Increase Language Skills and Interactive Behaviors in Children with Autism, *Journal of Positive Behavior Interventions*, 3 (2001) 131-151.

Dans le cas des patients SCZ, et de nombreuses pathologies invalidantes, le sujet présente souvent une fatigabilité accrue et des déficits d'attention. Il est important de tenir compte de ces limites à la fois dans la durée des parties et dans la complexité de l'environnement présenté. Une étude réalisée en 2013 sur 61 sujets sains, montre par exemple que l'utilisation d'une BCI comme interface de jeu, nécessite un temps d'adaptation lié à la difficulté d'utilisation de cet outil [10].

Il est donc important lors du développement de l'interface de prendre en compte à la fois la pathologie visée mais aussi l'âge et la personnalité des utilisateurs, afin de garantir une implication haute et ainsi avoir une garantie de résultats.

Conclusion

Quel que soit le handicap que vise à pallier les BCI, il est important d'adapter ces interfaces à la pathologie du sujet mais aussi au sujet lui-même. C'est pourquoi dans notre future collaboration avec le CHR de Lille, le patient sera impliqué dès le début de l'étude afin d'adapter l'outil à sa pathologie. Ainsi le sujet se sentira impliqué et cette implication maximisera les scores de performance.

- [3] Clausen J., Bonding Brains to Machines: Ethical Implications of Electroceuticals for the Human Brain, *Neuroethics*, 6-3 (2013), 429-434.

- [4] Ducato M.G. et al. Attentional capture in schizophrenia: Failure to resist interference from motion signals, *Cognitive Neuropsychiatry*, 13 (2008), 185-209.

- [5] Ducato M.G. et al., Attentional capture in schizophrenia and schizotypy: Effect of attentional load, *Cognitive Neuropsychiatry*, 13 (2008), 89–111.
- [6] Fisher, R. S. et al., Photic and Pattern induced Seizures: A Review for the Epilepsy Foundation of America Working Group, *Epilepsia*, 46-9 (2005), 1426-1441.
- [7] Green M.F. and Kinsbourne M., Subvocal activity and auditory hallucinations: Clues for behavioral treatments?, *Schizophrenia Bulletin*, 16-4 (1990), 617.
- [8] Jasper H.H., Report of the committee on methods of clinical examination in electroencephalography: 1957, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 10-2 (1958), 370–375.
- [9] Keizer A.W. et al., The effect of gamma enhancing neurofeedback on the control of feature bindings and intelligence measures, *Int J Psychophysiol*, 75-1 (2010), 25-32.
- [10] Liarokapis, F. et al., Assessing Brain-Computer Interfaces for Controlling Serious Games. Dans *Actes VS-Games* (Sep. 2013).
- [11] McCarthy-Jones S., Taking Back the Brain: Could Neurofeedback Training Be Effective for Relieving Distressing Auditory Verbal Hallucinations in Patients With Schizophrenia?, *Schizophrenia Bulletin*, 38-4 (2012), 678–682.
- [12] Nijboer F. et al., Ethical, psychological and social implications of brain-computer interface application in paralyzed patients. Dans *AAI Workshop* (Sep. 2006).
- [13] Open-Vibe : <http://openvibe.inria.fr/>
- [14] Piau C. and Bekaert M-H., Utilisation des Interfaces Cerveau Ordinateur par des patients schizophrènes présentant des hallucinations verbales auditives. Dans *Handicap 2014* (June 2014).
- [15] Rondal J.A. and Seron X., Troubles du langage: bases théoriques, diagnostic et reeducation, *Edition Mardaga*, (1999), 19.
- [16] Ruiz S. et al. Acquired self-control of insula cortex modulates emotion recognition and brain network connectivity in schizophrenia, *Hum Brain Mapp.*, 34-1 (2013), 200-2012.
- [17] Shergill, S. S. et al., Auditory hallucinations: a review of psychological treatments. *Schizophrenia Research*, 32 (1998), 137–150.
- [18] Surmeli T, Ertem A, Eralp E, Kos IH. Schizophrenia and the efficacy of qEEG-guided neurofeedback treatment: a clinical case series, *Clinical EEG Neurosci*, 43-2 (2012), 133-144.
- [19] Uhlhaas P.J. and Singer W., Abnormal neural oscillations and synchrony in schizophrenia, *Nature Reviews Neuroscience*, 11-2 (2010), 100–113.
- [20] Unity <http://unity3d.com/>
- [21] Wolpaw, J. R. et al., Brain-computer interfaces for communication and control. *Clin Neurophysiol*, 113 (2002), 767–791.