



HAL
open science

Grasp'it : une interface cerveau-ordinateur pour l'amélioration de l'apprentissage d'une tâche d'imagination motrice kinesthésique

Sébastien Rimbart, Laurent Bougrain, Romain Orhand, Jimmy Nex, Sylvain Gaborit, Stéphanie Fleck

► To cite this version:

Sébastien Rimbart, Laurent Bougrain, Romain Orhand, Jimmy Nex, Sylvain Gaborit, et al.. Grasp'it : une interface cerveau-ordinateur pour l'amélioration de l'apprentissage d'une tâche d'imagination motrice kinesthésique . 29eme conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine, Aug 2017, Poitiers, France. hal-01568588v1

HAL Id: hal-01568588

<https://inria.hal.science/hal-01568588v1>

Submitted on 25 Jul 2017 (v1), last revised 27 Aug 2017 (v2)

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.

Grasp'it : une interface cerveau-ordinateur pour l'amélioration de l'apprentissage d'une tâche d'imagination motrice kinesthésique

Grasp'it : a brain-computer interface for improving the kinesthetic motor imagery learning

Sébastien Rimbart
Neurosys team/INRIA
sebastien.rimbart@inria.fr

Laurent Bougrain
Neurosys team/LORIA
laurent.bougrain@loria.fr

Romain Orhand
Neurosys team/Université de Lorraine
romain.orhand@inria.fr

Jimmy Nex
Neurosys team
jimmy.nex@contact.fr

Sylvain Gaborit
Neurosys team/Université de Lorraine
sylvain.gaborit7@etu.univ-lorraine.fr

Stéphanie Fleck
Perseus team/Université de Lorraine
stephanie.fleck@univ-lorraine.fr

ABSTRACT

Grasp'it is an innovative Brain-Computer Interface designed to enhance the motor rehabilitation of stroke patients. Our system records users' cerebral activity during the kinesthetic motor imageries (KMI) execution using an electroencephalographic system and gives patients some visual feedback according to the accuracy of the performed imagined task. Grasp'it tends to become a serious game, whose aim is to support the learning and the practice of the KMI tasks in playful and motivating conditions.

CCS CONCEPTS

• **Human-centered computing** → **Virtual reality**

KEYWORDS

Kinesthetic motor imagery; EEG; Brain-Computer Interface; Visual Feedback; Stroke.

RÉSUMÉ

Grasp'it est une interface cerveau-ordinateur innovante conçue pour la réhabilitation motrice des personnes victimes d'un accident vasculaire cérébral. Ce dispositif enregistre l'activité cérébrale de l'utilisateur au cours de la réalisation d'une tâche d'imagination motrice kinesthésique (IMK) et offre un retour visuel rendant compte de la qualité des tâches mentales réalisées. Grasp'it tend à devenir un jeu sérieux dont le but est d'apprendre et de s'entraîner à des tâches d'IMK d'une manière ludique et motivante.

MOTS-CLEFS

Imagination motrice kinesthésique; EEG; Interface cerveau-ordinateur; Retour visuel; AVC.

1 INTRODUCTION

L'imagination motrice kinesthésique (IMK) est une tâche mentale qui consiste en la remémoration d'un mouvement en se focalisant non pas sur l'aspect visuel de l'exécution, mais principalement sur toutes les sensations proprioceptives qui accompagnent le mouvement réel (sensations de pression, chaleur, décharges électrique) [1]. L'IMK génère alors des modulations de l'activité cérébrale au niveau du cortex moteur pouvant être enregistrées grâce à la technique d'électroencéphalographie (EEG). De ce fait, l'IMK est de plus en plus utilisée dans le domaine des interfaces cerveau-ordinateur (*Brain-Computer Interface* en anglais, ou BCI) en



Figure 1 : Présentation générale du système Grasp'it : Le sujet génère des IMKs enregistrées via un casque EEG, le signal est analysé et traité, l'interface visuelle permet à l'utilisateur d'évaluer sa performance et l'invite à s'améliorer.

permettant à un utilisateur d'interagir avec un système *via* sa propre activité électrique cérébrale. Les premiers résultats liés à l'utilisation de ce type de BCIs pour la rééducation du cortex moteur après un accident vasculaire cérébral (AVC) sont particulièrement prometteurs [2]. L'exécution d'IMKs permettrait une forte stimulation du cortex moteur lésé, entraînant alors une plasticité cérébrale et ainsi, une meilleure réhabilitation motrice chez les patients.

Cependant, l'activité électrique cérébrale ne génère pas de retours sensoriels à l'utilisateur, rendant les IMKs très complexes à apprendre et à maîtriser. Ainsi, en l'absence de *feedback*, les patients rencontrent des difficultés à comprendre comment produire des IMKs de qualité, ce qui engendre de la frustration, augmente le temps d'apprentissage de cette tâche et donc de rééducation. Grasp'it est pensé pour répondre à ce besoin.

2 DESCRIPTION DU DISPOSITIF

Grasp'it est une BCI associée à un environnement de réalité virtuelle ludifié permettant à un utilisateur de s'entraîner à générer des IMKs et d'évaluer sa performance *via* un retour visuel (Fig. 1 et Fig. 2). L'interface intègre dans ses principes de conception centrée-utilisateur : i) L'influence de l'affordance et de la connaissance implicite de l'usage d'un objet pour la stimulation des zones motrices pour améliorer la qualité du signal produit. Ainsi, l'utilisateur est invité par l'environnement virtuel à imaginer presser sur une bouteille avec sa main droite. Cette tâche simple, évoquée par un objet connu de tous, est pensée pour améliorer l'IMK du mouvement de préhension. ii) L'importance de fournir un scénario de tâche représentant un défi et un retour pour (auto-) évaluer sa réussite dans la tâche de BCI, éléments déterminant au maintien de la motivation de l'utilisateur. Nous avons donc développé un environnement virtuel présentant un feedback visuel 3D à la première personne répliquant le geste attendu, indiquant à l'utilisateur les moments pour générer des tâches et présentant des paliers de réussite à atteindre, associés à un feedback de la performance d'IMK effectuée via un jet d'eau d'amplitude proportionnelle à l'intensité du signal électrique cérébral généré par l'utilisateur. Ce retour est pensé pour orienter la concentration et la stratégie de l'utilisateur afin qu'il puisse stimuler au mieux son cortex moteur. Le fonctionnement de Grasp'it repose sur trois points importants : l'enregistrement de l'activité cérébrale de l'utilisateur par électroencéphalographie ; l'analyse et la classification du signal EEG et le rendu de cette activité sous forme d'un retour visuel qui se veut porteur de sens et stimulant.

3 FONCTIONNEMENT DU DISPOSITIF

Grasp'it est composé d'un système d'acquisition EEG, d'un ordinateur qui analyse cette activité et d'un écran sur lequel est présentée la performance de l'utilisateur sous la forme d'un retour visuel. Le signal EEG est enregistré grâce à un amplificateur Biosemi ActiveTwo¹ composé de 32 électrodes actives couvrant le cortex moteur et le cortex pariétal en position 10-20.

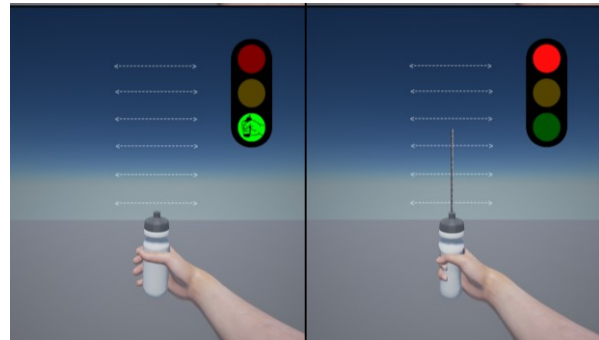


Figure 2 : Illustrations de l'interface visuelle de Grasp'it. 2-A: le feu est vert, l'utilisateur est invité à réaliser la tâche d'IMK; 2-B: pression de la gourde et apparition d'un jet d'eau proportionnel à la réussite de la tâche d'IMK. Une absence de jet au moment du feedback correspond alors à une modulation cérébrale trop faible.

Après que le casque EEG ait été installé sur l'utilisateur, celui-ci apprend à maîtriser la tâche d'imagination motrice [3]. Puis, une phase de calibration est réalisée afin de permettre au système de s'adapter à son activité cérébrale, et d'afficher un retour visuel plus juste. L'analyse du signal EEG est ensuite effectuée avec le logiciel openViBE². Ce logiciel va enregistrer le signal EEG en temps réel et l'analyser afin de procéder à la phase de classification, c'est-à-dire la phase durant laquelle le signal EEG de l'utilisateur est évalué. La classification est effectuée à l'aide d'une analyse linéaire discriminante et d'un algorithme CSP³. Avant chaque tâche d'IMK, un feu tricolore (Fig. 2) indique à l'utilisateur quand faire la tâche d'IMK (rouge : ne rien faire ; orange : en préparation ; vert : tâche d'IMK). La synchronisation de l'ensemble de nos éléments est assurée par des scripts LUA et des scripts Python. Par ailleurs, ces scripts Python convertissent les données pour qu'elles puissent être interprétables par notre dernière interface développée avec l'Unreal Engine⁴, modifiée pour intégrer un client VRPN⁵. Ce client reçoit des ordres d'affichage en continu du serveur VRPN inclus dans OpenViBE, et fournit l'information visuelle adéquate à l'utilisateur (actualisation du feu tricolore, fermeture de la main et apparition du jet d'eau).

4 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Dans cet article de démonstration nous avons décrit Grasp'it, un environnement BCI pour améliorer la rééducation des patients post-AVC. Cette interface en cours de développement fait actuellement l'objet des premiers tests utilisateurs selon une approche comparative dans le but de valider les grands principes de design, évaluer son acceptabilité et son utilisabilité mais également améliorer sa jouabilité *via* une approche de co-design impliquant directement les patients et les thérapeutes. Prochainement, plusieurs nouveaux éléments de ludification (badges, succès, scores, niveaux de jeu,...) seront implémentés pour augmenter les possibilités d'autoévaluations, la motivation et la persévérance des utilisateurs. De plus, un *feedback* haptique sera mis en place afin de renforcer la stimulation de la boucle sensorimotrice.

¹ <https://www.biosemi.com/products.htm>

² <http://openvibe.inria.fr/>

³ Common Spatial Pattern

⁴ <https://www.unrealengine.com/what-is-unreal-engine-4>

⁵ Virtual-Reality Peripheral Network

ACKNOWLEDGMENTS

Ce travail a été partiellement soutenu par le projet Inria BCI-LIFT.

REFERENCES

- [1] Guillot A, Collet C, Nguyen V.A, Malouin F, Richards C, and Doyon J. (2009) Brain activity during visual versus kinesthetic imagery: an fMRI study. *Hum Brain Mapp*, vol. 30, no. 7, pp. 2157–217.
- [2] Cincotti F, Pichiorri F, Arico P, Aloise F, Leotta F, de VicoFallani F, MillanJdel R, Molinari M, Mattia D. (2012). EEG-based Brain-Computer Interface to support post-stroke motor rehabilitation of the upper limb. *ConfProc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2012:4112-5.
- [3] Rimbart S, Fleck S, Nex J, and Bougrain L. (2016) Nécessité d'un protocole d'apprentissage progressif pour la maîtrise d'une imagination motrice après un AVC. *28ième conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine*, Fribourg, Suisse. pp.10-12.