



# Etude des Systèmes Brain Computer Interface

Réalisée par :

M. ALYANAKIAN Théo  
M. BENCHIKH Hakim  
Mme. DOLIMAN Sarah  
Mme. DUREY Emilie  
M. HERBAYS Alexandre  
M. HOUDAYER Axel

MT4  
IATIC4  
IATIC4  
IATIC4  
MT4  
IATIC4

M. LALOUELLE Tanguy  
M. MOITTIÉ Jordan  
M. RAGOT Anthonin  
M. WCISLO Tomasz  
M. ZITOUNI Seiji

SEE4  
MT4  
MT4  
SEE4  
SEE4

## Table des matières

Table des illustrations .....	3
I. Introduction .....	4
II. Fonctionnement .....	5
• Détection du signal électrique .....	5
• Extraction des caractéristiques .....	6
• Traduction des caractéristiques en action .....	6
III. Caractéristiques .....	7
• Systèmes non invasifs .....	7
• Systèmes semi-invasifs .....	8
• Systèmes invasifs .....	8
IV. Cas d'usage .....	9
• Milieu médical .....	9
• Divertissement .....	10
V. Limites de cette technologie .....	11
Références et bibliographies .....	12

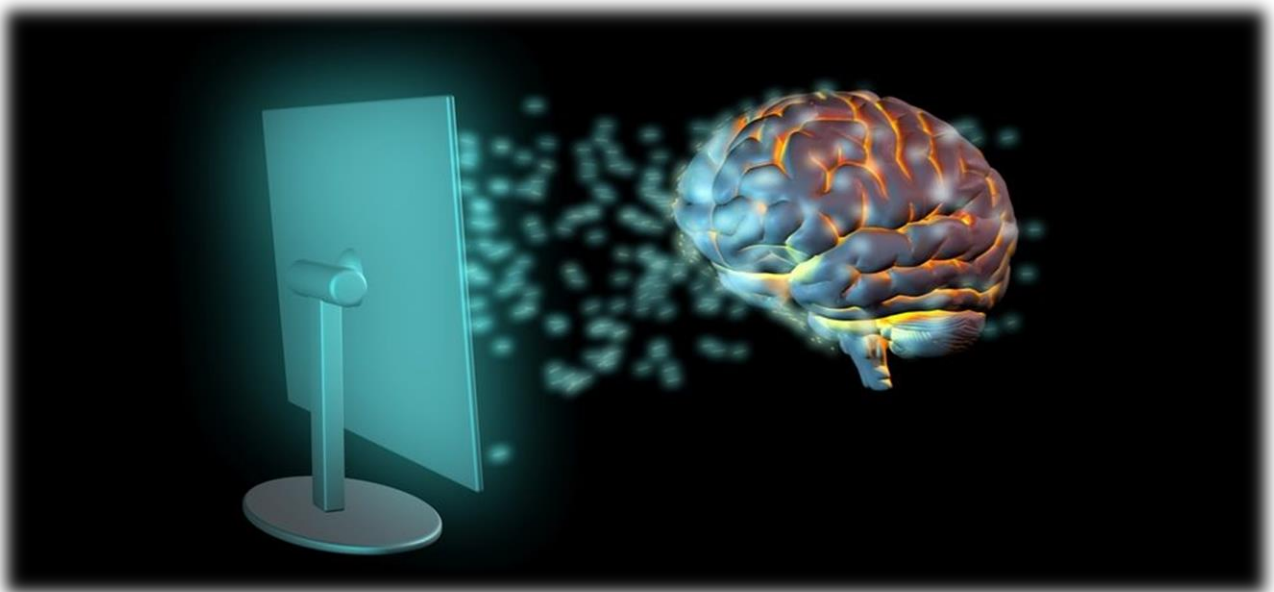
## Table des illustrations

Figure 1 : Schéma traitement de l'information .....	5
Figure 2 : Schéma montrant les étapes du BCI.....	6
Figure 3 : Schéma récapitulatif Brain Interface Control .....	6
Figure 4 : Exemple d'un casque EEG Emotiv .....	7
Figure 5 : Schéma d'une électrode électrocorticographique .....	8
Figure 6 : Schéma système d'enregistrement des neurones intra corticaux .....	8
Figure 7 : Schéma récapitulatif des moyens de BCI.....	8
Figure 8 : Application dans le milieu médical.....	9
Figure 9 : Leslie Baugh utilisant les prothèses.....	10
Figure 10 : Casque VR Neurable .....	10

## I. Introduction

Cette étude a pour but de présenter les systèmes Brain Computer Interface (BCI) ou autrement appelé interface neuronale directe. La plupart des BCI ont été initialement développés pour des applications médicales. Ces dispositifs permettent à leurs utilisateurs d'interagir avec les ordinateurs uniquement par le biais de l'activité cérébrale, souvent dans le but d'une assistance ou d'une amélioration des fonctions humaines de cognition ou d'action qui peuvent s'avérer défaillantes.

Nous en verrons le fonctionnement, ses caractéristiques ainsi que les divers cas d'usage.



## II. Fonctionnement

Un système BCI comprend quatre composants principaux : l'acquisition du signal, le prétraitement du signal, l'extraction des caractéristiques et la classification.

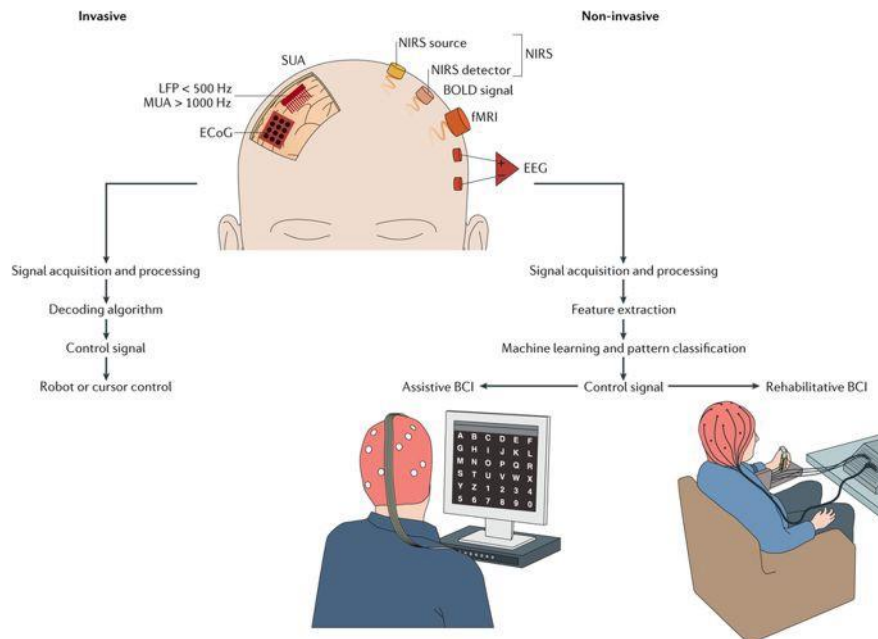


Figure 1 : Schéma traitement de l'information

- Détection du signal électrique

Il existe différentes façons de récupérer les signaux électriques :

- A l'aide d'un casque muni d'électrodes placées sur le crâne, on peut acquérir les signaux cérébraux passant à travers la boîte crânienne. L'ordre de grandeur de ces signaux électriques ne dépasse pas le microvolt et les signaux acquis sont très fortement bruités
- Par des électrodes directement implantées dans les fibres nerveuses

Le traitement du signal se déroule en deux étapes.

- Extraction des caractéristiques

La première étape correspond à l'extraction des fonctionnalités du signal qui codent l'intention de l'utilisateur. Les caractéristiques du signal extraites peuvent être dans le domaine temporel ou le domaine fréquentiel. Les caractéristiques de signal les plus couramment utilisées dans les systèmes BCI actuels incluent : les amplitudes ou latences des potentiels évoqués par l'événement, les spectres de puissance de fréquence (par exemple, les rythmes sensorimoteurs), ou les taux de déclenchement des neurones corticaux individuels. Un algorithme filtre les données numérisées et extrait les fonctionnalités qui seront utilisées pour contrôler le BCI. Dans cette étape, les artefacts de confusion (tels que le bruit à 60 Hz ou l'activité EMG) sont supprimés pour assurer une mesure précise des caractéristiques du signal cérébral.

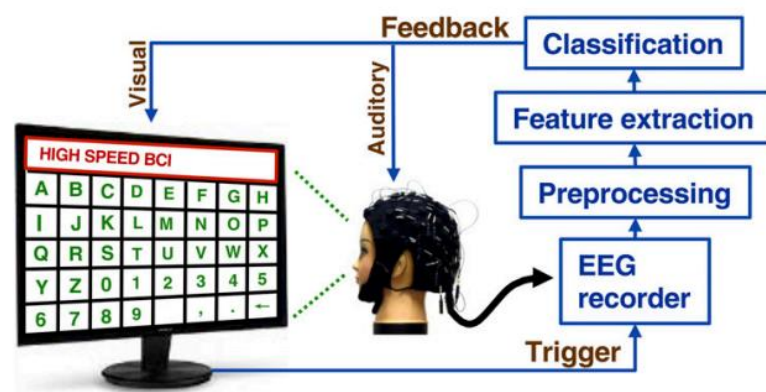


Figure 2 : Schéma montrant les étapes du BCI

- Traduction des caractéristiques en action

La deuxième étape du traitement du signal est accomplie par un algorithme de traduction, qui convertit les caractéristiques du signal extrait en commandes de dispositif. Les commandes ainsi produites produiront une sortie telle que la sélection de lettres, le mouvement du curseur, le contrôle d'un bras de robot ou le fonctionnement d'un autre appareil fonctionnel.

Un algorithme de traduction doit être dynamique pour s'adapter aux changements continus des caractéristiques du signal et pour garantir que la plage possible des caractéristiques spécifiques du signal de l'utilisateur couvre la gamme complète de contrôle de l'appareil.

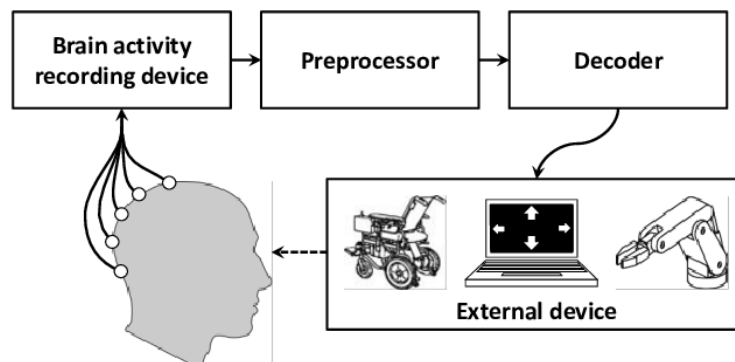


Figure 3 : Schéma récapitulatif Brain Interface Control

### III. Caractéristiques

Les systèmes BCI peuvent être invasifs<sup>1</sup> ou non invasifs. Tout dépendra de la façon dont les signaux électriques sont acquis.

- **Systèmes non invasifs**

Parmi les systèmes non invasifs, il existe actuellement deux technologies principales, l'IMRF et l'EEG.

L'IMRF (Imagerie par résonance magnétique fonctionnelle) mesure l'activité cérébrale en détectant les changements associés au flux sanguin.

L'EEG (Électroencéphalographie) est une méthode physiologique de choix pour enregistrer l'activité électrique générée par le cerveau via des électrodes placées sur la surface du cuir chevelu.

L'IMRF nécessite une machine massive, mais l'EEG, avec des casques grand public comme Emotiv et Neurosky, est devenu davantage accessible à un public plus général.

Les dispositifs non invasifs sont considérés comme les types d'appareils les plus sûrs et les plus économiques. Cependant, ces appareils ne peuvent capturer que des signaux du cerveau humain plus faibles en raison de l'obstruction du crâne.

A noter qu'il existe différentes façons de développer une BCI non invasive. On retrouve l'EEG, MEG (magnétoencéphalographie) ou encore MRT (tomographie par résonance magnétique). Cependant il sera plus courant d'utiliser les signaux EEG car ces derniers sont traités et décodés en signaux de commande, qu'un ordinateur ou un appareil robotique perçoit facilement.



Figure 4 : Exemple d'un casque EEG Emotiv

---

<sup>1</sup> Qui nécessite une opération chirurgicale

- **Systèmes semi-invasifs**

Une électrode électrocorticographique est implantée sous la surface de la boîte crânienne. Cette opération permet d'obtenir des signaux bien moins bruités qu'avec un système non invasif et comporte un risque peu important pour le patient puisque l'électrode est placée sur la dure-mère<sup>2</sup>.

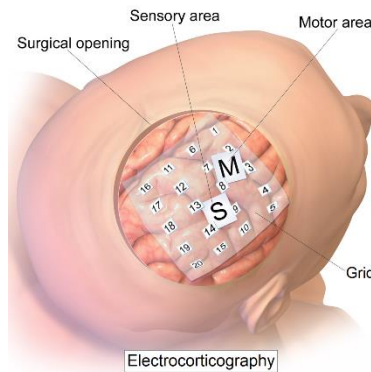


Figure 5 : Schéma d'une électrode électrocorticographique

- **Systèmes invasifs**

Des capteurs permettant de recueillir les signaux électriques sont directement implantés dans le cerveau.

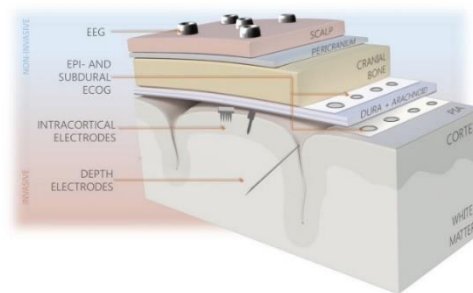


Figure 6 : Schéma système d'enregistrement des neurones intra corticaux

Ce type d'installation est composé d'électrodes directement reliées à la matière blanche (matière contenant les fibres nerveuses) et d'électrode intra corticales. Un système électrocorticographique (ECoG) est effectué à partir d'électrodes placées sur le cortex exposé afin d'enregistrer l'activité électrique du cortex cérébral. Enfin, un système d'EEG est posé sur le cuir chevelu.

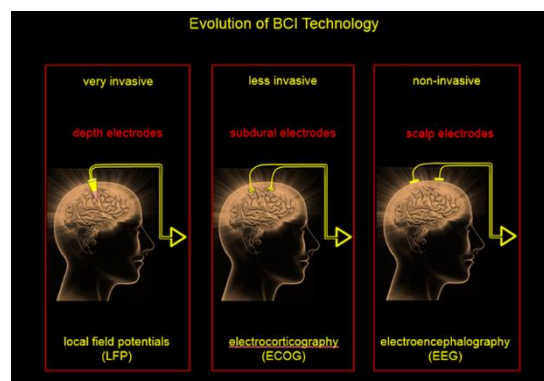


Figure 7 : Schéma récapitulatif des moyens de BCI

<sup>2</sup> Membrane fibreuse, dure et rigide, qui entoure le cerveau



## IV. Cas d'usage

Les systèmes BCI sont centrés sur les applications de contrôle : curseurs, parties du corps paralysées, bras robotiques, numérotation téléphonique, etc. Cependant, une BCI peut également être un outil d'interaction pour les personnes en bonne santé, avec plusieurs applications potentielles dans le domaine du multimédia, de la réalité virtuelle ou des jeux vidéo parmi de nombreuses autres applications potentielles.

Elles trouvent leur application dans de nombreux domaines tels que le milieu médical ou encore le monde du divertissement.

- Milieu médical



Figure 8 : Application dans le milieu médical

Dans le médical, on peut intégrer les BCI pour de la prévention, de la détection et permettre des diagnostics ou encore pour restaurer des fonctionnalités humaines défaillantes.

La fonction de surveillance de l'état mental des systèmes BCI a également contribué à prévoir et à détecter des problèmes de santé tels qu'une structure cérébrale anormale (telle qu'une tumeur cérébrale), un trouble convulsif (tel qu'une épilepsie), un trouble du sommeil (tel qu'une narcolepsie) et un gonflement cérébral (tel qu'une encéphalite).

La rééducation par la mobilité est une forme de rééducation physique utilisée chez les patients ayant des problèmes de mobilité, pour restaurer leurs fonctions perdues et retrouver des niveaux de mobilité antérieurs ou au moins les aider à s'adapter à leurs handicaps acquis. Les personnes souffrant de blessures graves ou d'événements tels que des accidents vasculaires cérébraux peuvent également récupérer complètement.

Dans le domaine des prothèses, une première réussite a pu apparaître avec l'utilisation de deux membres à la fois. La nouvelle technologie s'appelle Modular Prosthetic Limbs (MPL) et est en cours de développement au Laboratoire de physique appliquée (APL) de l'Université Johns Hopkins depuis plus d'une décennie. Après un déplacement de ses nerfs vers les prothèses, le patient réussit à manipuler ses nouveaux bras naturellement.



Figure 9 : Leslie Baugh utilisant les prothèses

- Divertissement

Dans le domaine du jeu vidéo, l'idée d'utiliser le cerveau comme substitut de manette de jeu se développe.

Le premier projet de la startup américaine Neurable, la courte démo du jeu vidéo « Awakening », est une première ébauche à cette idée. Ce jeu se joue à l'aide d'un casque VR équipé d'un capuchon interne d'électrodes lisant l'activité électrique qui se produit au niveau du cortex cérébral. En rafales régulières, des modèles d'activité électrique commencent à émerger. Les neurones qui se déclenchent à l'unisson sous forme d'onde sont détectables par EEG.

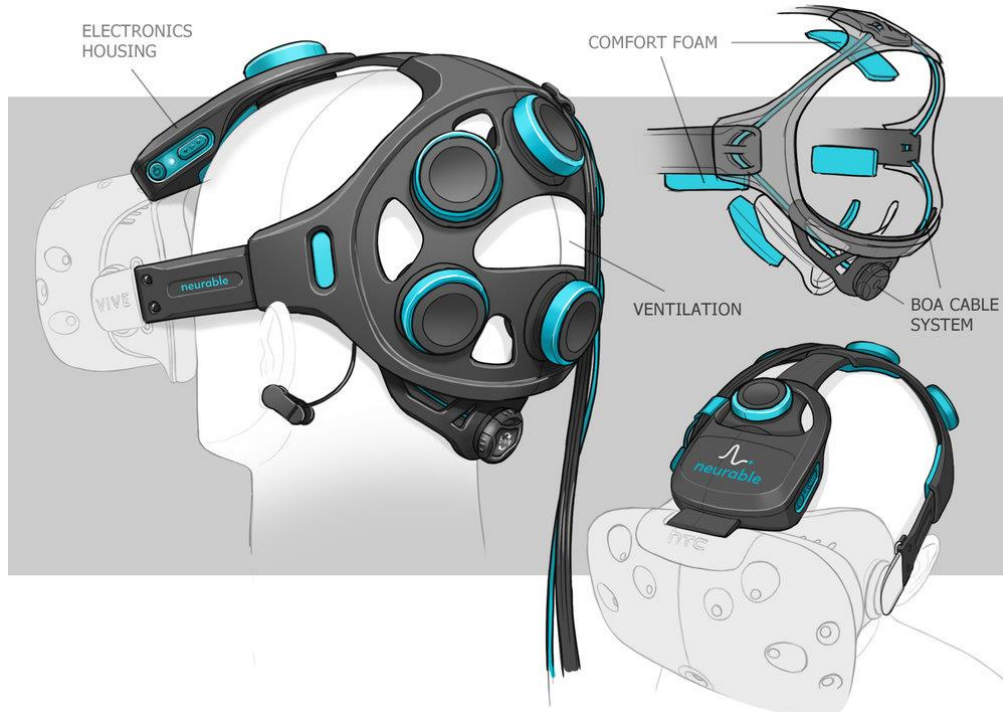


Figure 10 : Casque VR Neurable

## V. Limites de cette technologie

L'un des plus gros problèmes dans les BCI non invasifs est que les signaux cérébraux sont faibles et très variables. C'est pourquoi il est difficile de former un classificateur et de l'utiliser.

Notons également que pour obtenir des signaux de très bonne qualité, il est préférable d'utiliser des méthodes invasives. Or celles-ci comportent un coût financier plus élevé et un risque pour le patient. En effet, étant donné que l'implant est en contact direct avec le tissu, il doit être constitué de matériaux qui peuvent l'interfacer sans provoquer d'effets toxiques, allergènes ou autres effets nocifs. Mais chaque individu est différent et peut réagir négativement à ces implants.

De plus, l'inconvénient significatif de l'utilisation des sondes intra corticales est leur longévité limitée. Le mécanisme d'autodéfense du corps, commence presque immédiatement après l'insertion de l'objet étranger et entraîne un flux d'événements ultimement responsable de la détérioration de l'électrode et de la formation de tissu cicatriciel autour du site d'implantation.



## Références et bibliographies

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3497935/>

<https://amitray.com/brain-computer-interface-compassionate-ai/>

<https://pdfs.semanticscholar.org/5088/ab0900ef7d06023796f651f4ee5fa0fb36a0.pdf>

<https://team.inria.fr/potioc/bci-2/>

<https://medium.com/dxlab-design/how-will-brain-computer-interfaces-change-your-life-aa89b17c3325>

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5725438/>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110866515000237>

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3497935/>

<https://medicalxpress.com/news/2015-10-fast-noninvasive-brain-computer-interface.html>

<https://www.pinterest.fr/pin/149252175127497910/>