



# Interface cerveau machine (capteurs cérébraux)

Présenté par :  
Chanez CHOUGGAR

Encadré par :  
Mme Recanati



# Sommaire

- 1 Présentation de l'interface cerveau machine
- 2 Repères historiques de l'ICM
- 3 Méthodes de recueil du signal cérébral
- 4 Les thèmes d'applications de l'ICM



# Introduction

En cours de développement dans différents laboratoires à travers le monde, les interfaces cerveau-machine (ICM) sont des dispositifs qui devraient permettre à des personnes souffrant de handicaps majeurs de retrouver une certaine autonomie.



- 1
- 2
- 3
- 4

## Présentation de l'interface cerveau machine

Une interface cerveau machine (ICM, ou BCI pour brain computer interface) est un dispositif permettant une communication directe entre le cerveau d'un utilisateur et une machine, ou un ordinateur, sans passer par les voies naturelles constituées de la moelle épinière, des nerfs et des muscles.



- 1
- 2
- 3
- 4

# Electroencéphalogramme EEG

L'électroencéphalogramme (ou EEG) est un examen qui permet de mesurer l'activité électrique du cerveau. Elle désigne la transcription de l'enregistrement sous forme d'un tracé. Il permet d'étudier et de différencier les principaux types d'ondes cérébrales (delta, thêta, alpha et bêta).

Cet examen indolore est principalement utilisé pour diagnostiquer l'**épilepsie**.

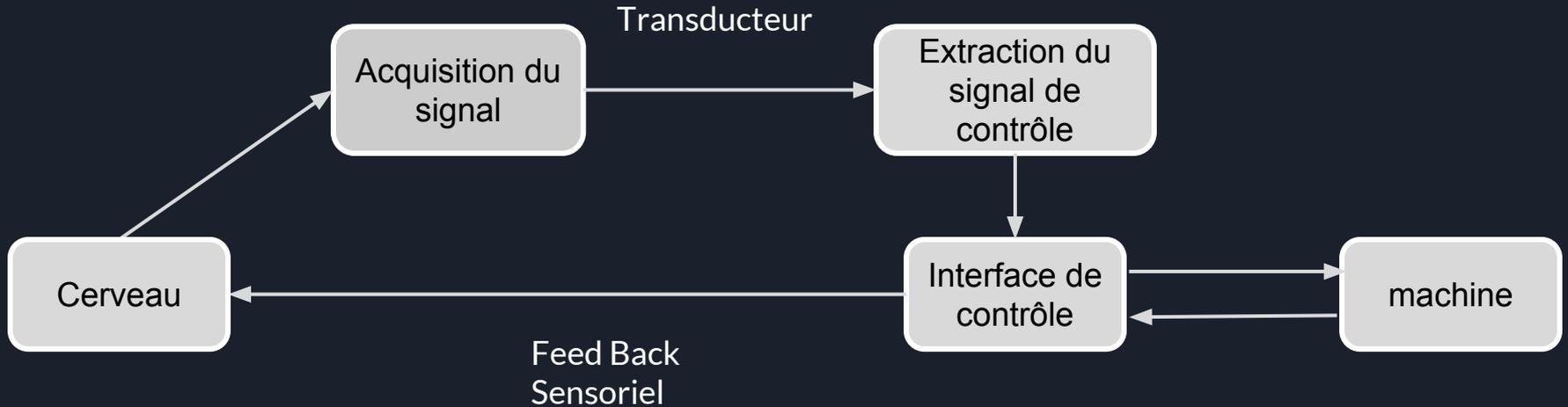
1

2

3

4

# Fonctionnement d'une ICM





1

2

3

4

# Fonctionnement d'une ICM

## Acquisition du signal

On mesure l'activité cérébrale et on la convertit en signal numérique.

## Extraction du signal de contrôle

à partir du signal biologique, on extrait le signal des commandes brutes, appelées signal de contrôle.

## Interface de contrôle

Il s'agit de traduire (et éventuellement d'optimiser) le signal de contrôle en commandes et de contrôler une machine, ou un programme. Une commande intelligente est primordiale pour qu'une ICM soit efficace voire simplement utilisable.

## Production du feedback

La dernière étape de fonctionnement d'une ICM est la production d'un retour sensitif (ou feedback). Ce retour, généralement visuel, est extrêmement important puisqu'il permet à l'utilisateur d'apprendre à contrôler l'interface.



1

2

3

4

## Repères historique de l'ICM

- 1929 - Mise en évidence de l'électroencéphalogramme EEG (Berger)
- 1966 - Premiers enregistrements intra-crâniens sur des animaux (Evarts)
- 1973 - Apparition du concept d'interface cerveau-ordinateur (Vidal)
- 1980 - Premières expériences de biofeedback chez l'humain (Elbert)
- 1988 - ICM utilisant les potentiels évoqués (Farwel et Donchin)
- 1990 - Classification de tâches mentales à partir de l'EEG (Keirn)
- 1998 - Première micro-électrode implantée chez l'humain (Kennedy)
- 2004 - Matrice implantée dans le cortex moteur (Cyberkinetics)
- 2006 - Expérimentation de longue durée sur plusieurs patients (Wolpaw)
- 2016 - pilotage une machine par la pensée
- 2018 - mise en évidence de la technique d'imagerie cérébrale dite magnétoencéphalographie MEG

1

2

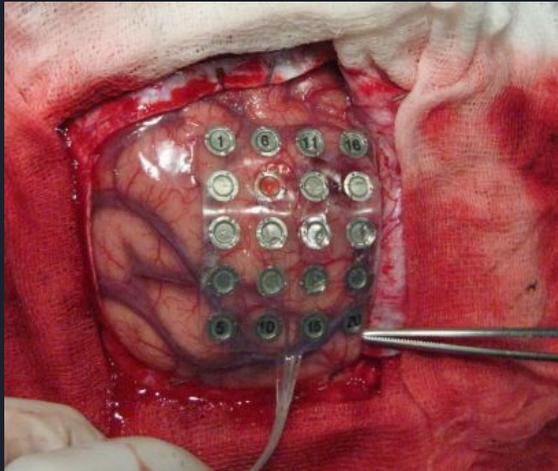
3

4

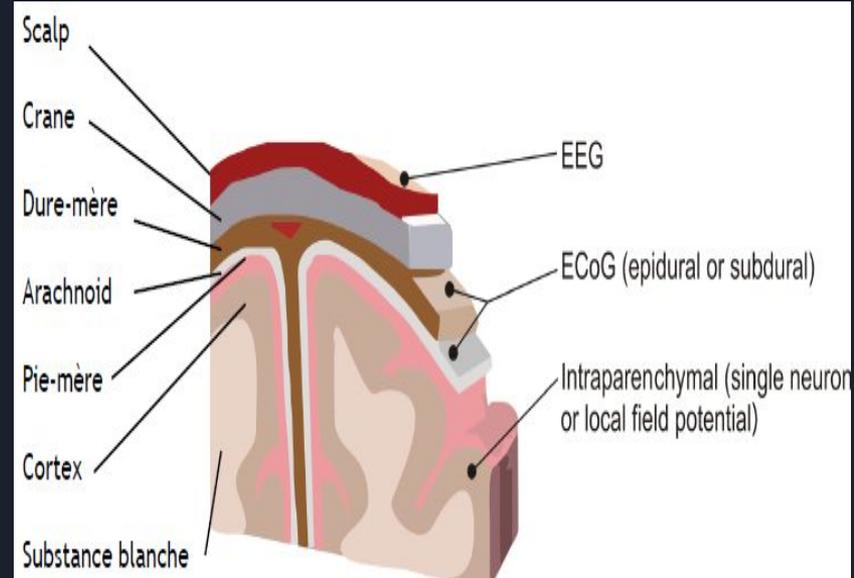
# Méthodes de recueil du signal cérébral

## a. Invasives

Électrodes implantées soit dans le cortex cérébral, soit sous la dure-mère, soit sur la dure mère.



Implantation d'électrodes à la surface du cortex



1

2

3

4

## Exemple : Invasives



*Reach and grasp by people with tetraplegia using a neurally controlled robotic arm.*  
Hochberg, Donoghue et al., Nature, 2012.



*Decoding motor imagery from the posterior parietal cortex of a tetraplegic human.*  
Aflalo, Andersen et al., 2015



- 1

- 2

- 3

- 4

## Méthodes de recueil du signal cérébral

### b. Non-invasives

Le patient porte **un casque en tissu équipé de multiples électrodes** pour mesurer l'électroencéphalogramme (EEG). La résolution spatiale est limitée et la durée d'enregistrement ne dépasse guère la journée. Toutefois ce système est peu cher, facile d'utilisation et permet d'envisager de nombreuses applications, y compris pour le grand public. De fait, c'est aujourd'hui le mode d'enregistrement le plus utilisé.



1

2

3

4

## Comparaison entre les interfaces invasives et non-invasives

### Avantages

<i>Invasives</i>	<i>Non-invasives</i>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Très bonne qualité de signal</li><li>• Meilleure performance et fiabilité</li><li>• rapide, plus grand nombre de commandes disponibles, charge mentale moins élevée car tâche plus intuitive</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aucun risque</li><li>• Portatif</li></ul>



1

2

3

4

## Comparaison entre les interfaces invasives et non-invasives

### Inconvénients

#### *Invasives*

- Risques liés à la neurochirurgie et au matériel implanté
- Utilisation confinée dans un environnement spécialisé
- Réaction immunitaire contre les électrodes

#### *Non-invasives*

- Mauvaise qualité du signal
- Moins rapide, moins de commandes, « charge mentale » plus importante
- Durée de maintien des électrodes limitée
- Aspect esthétique non optimal
- Nécessité d'un tiers pour la pose des électrodes et mise en place du système
- Lourdeur de la mise en place



- 1
- 2
- 3
- 4

## Les thèmes d'application de l'ICM

### Neurofeedback :

Le neurofeedback (du grec «neuron» = tendon, fibre, nerf; de l'anglais «feedback» = retour d'information). L'idée est d'enregistrer l'activité électrique neuronale et de permettre au cerveau de la corriger s'il y a un trouble. Cette technique est utilisée dans des cas de troubles du déficit de l'attention, de stress post-traumatique ou encore d'insomnie. En France, les protocoles ne sont pas encore normalisés, ce qui rend cette pratique difficile à évaluer.

[Illustration](#)

1

2

3

4

## Les thèmes d'application de l'ICM

### Loisirs : jeux, multimédia, loisirs créatifs





- 1
- 2
- 3
- 4

## Les thèmes d'application de l'ICM

**Diagnostic** : détection de la conscience, bilan neuropsychologique, ...

La conscience émerge des milliers de milliards de connexions entre notre environnement, notre corps et notre cerveau. Dès 5 mois, l'activité cérébrale d'un bébé repose sur les mêmes mécanismes que ceux d'un adulte, mais le temps de traitement des informations est plus long. Peu à peu, mécanismes et connexions s'accélèrent, à deux ans un enfant commence à avoir conscience de lui-même.

grâce à l'imagerie cérébrale, les scientifiques parviennent à dessiner les contours de la conscience

[Cécile Denjean : Voyage dans notre conscience \(documentaire Arte\)](#)



- 1
- 2
- 3
- 4

## Les thèmes d'application de l'ICM

**Supplémentation motrice** : exosquelettes, stimulation électrique fonctionnelle, commande d'un fauteuil roulant, ...

L'exosquelette est une nouvelle révolution technologique dans le domaine de la médecine, c'est un appareil destiné aux handicapés afin de réduire leur dépendance et de leur permettre de mener une vie normale.

[Illustration](#)



# Conclusion

Ce travail permet d'avoir une vision globale sur la notion d'interaction entre le cerveau humain et la machine, de voir différentes révolutions technologiques dans l'aide aux personnes infirmes. Ces dernières bénéficient d'une indépendance quasi totale dans leur quotidien.



# Références

<https://www.arte.tv/fr/videos/sciences/#article-anchor-6661>

<https://www.youtube.com/watch?v=kOzdQdxhYK0>

<https://www.youtube.com/watch?v=ICx-rk4PR0I>

<https://www.youtube.com/watch?v=Xhatxu3q49E>

<https://www.youtube.com/watch?v=erMmms6dkCw>

<https://www.youtube.com/watch?v=sHmviVqWOZg>