

Communication homme-machine, Interaction, cerveau et sciences cognitives

François Cabestaing

Laboratoire d'Automatique, Génie Informatique & Signal - UMR8146
Université des Sciences et Technologies de Lille

Les 50 ans de l'Intelligence Artificielle
vendredi 3 novembre 2006



Caractéristiques des IHM

- Débits d'informations : descendant (M vers H), montant (H vers M)
- Ergonomie : facilité d'utilisation, apprentissage, fatigue
- Accessibilité : age, handicap moteur ou mental

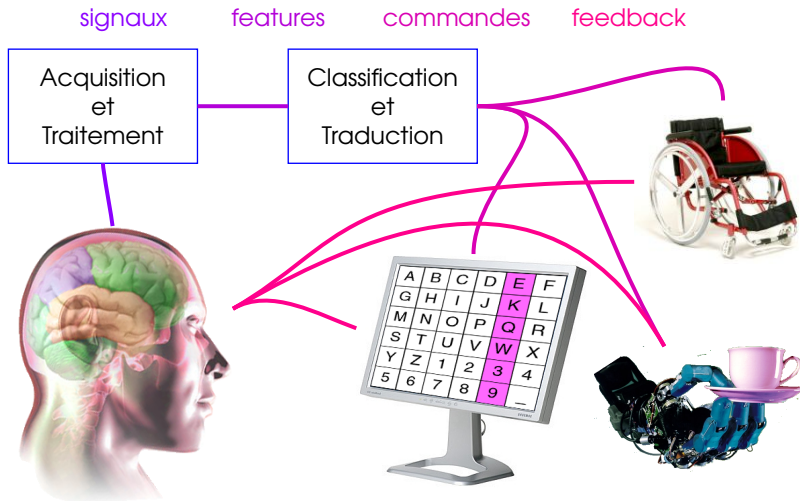
Evolution des interfaces, flux montant

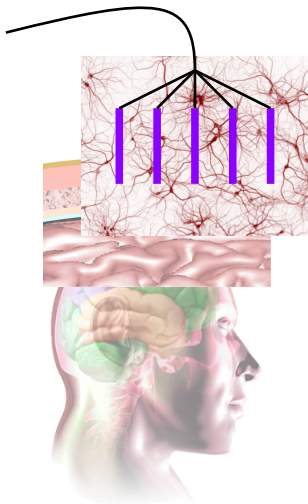
- Actions mécaniques : clavier, souris, trackball, etc...
- Sans contact : commande vocale, suivi du regard, etc...
- Directe : neuroprothèses, interfaces cerveau-machine

BCI (Brain-Computer Interfaces), BMI (Brain-Machine Interface)

- Premières expérimentations dans le milieu des années 80
- 6 labos en 1994 (monde), 38 en 1999, +150 en 2005, environ 10 en France en 2006...

Structure d'une Interface Cerveau-Ordinateur

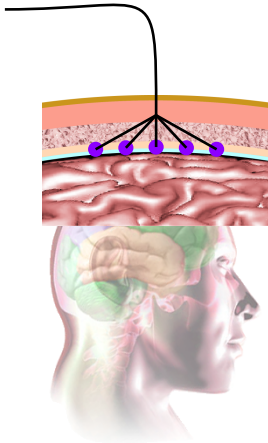




Electrodes implantées

Électrodes implantées dans le cortex

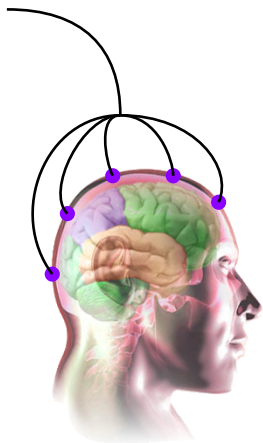
- Résolution spatiale excellente, groupes de neurones
- Méthode invasive, implantation très délicate
- Stabilité et longévité correctes, enregistrements sur plusieurs mois



ECoG : Électro-corticogramme

Grille d'électrodes posées à la surface du cortex

- Résolution spatiale moyenne, de l'ordre de quelques millimètres
- Méthode invasive, mais sécurité bien maîtrisée de nos jours
- Stabilité et longévité correctes, enregistrements sur plusieurs mois

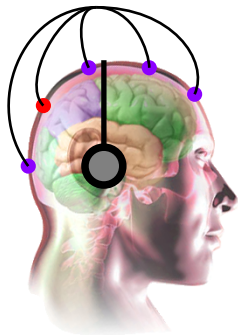
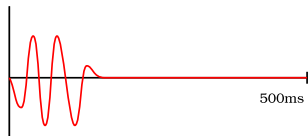


EEG : Électro-encéphalogramme

Ensemble d'électrodes placées sur le cuir chevelu

- Résolution spatiale faible, de l'ordre du centimètre dans le meilleur des cas
- Sécurité élevée, méthode non invasive
- Stabilité et longévité médiocres, difficulté d'utilisation sur des périodes prolongées

BCI utilisant le potentiel évoqué par un stimulus



Potentiel évoqué auditif

- Stimulus : impulsions auditives
- Latence : 30-80 ms

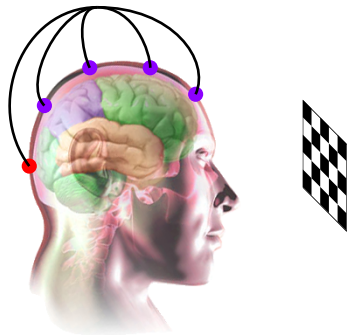
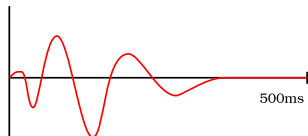
Potentiel évoqué visuel

- Stimulus : damier clignotant
- Latence : 100-150 ms

P300, cognitif

- Stimulus + action cognitive
- Latence : 300-500 ms

BCI utilisant le potentiel évoqué par un stimulus



Potentiel évoqué auditif

- Stimulus : impulsions auditives
- Latence : 30-80 ms

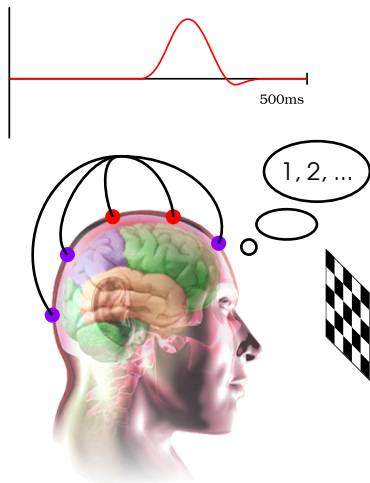
Potentiel évoqué visuel

- Stimulus : damier clignotant
- Latence : 100-150 ms

P300, cognitif

- Stimulus + action cognitive
- Latence : 300-500 ms

BCI utilisant le potentiel évoqué par un stimulus



Potentiel évoqué auditif

- Stimulus : impulsions auditives
- Latence : 30-80 ms

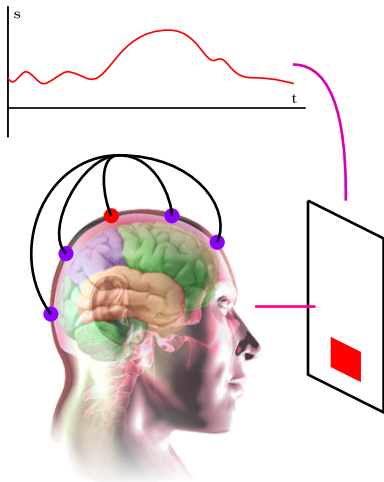
Potentiel évoqué visuel

- Stimulus : damier clignotant
- Latence : 100-150 ms

P300, cognitif

- Stimulus + action cognitive
- Latence : 300-500 ms

BCI par contrôle des rythmes cérébraux (bio-feedback)



Extraction d'un signal

- Signal simple ou composé
- Filtré, transformé

Affichage compréhensif

- Visuellement simple
- Temps-réel

Apprentissage

- Contrôle grâce au feedback
- Long mais efficace

Que peut apporter l'IA au développement de BCI efficaces ?

Apprentissage : interaction entre deux systèmes adaptatifs

- L'utilisateur, qui apprend à maîtriser le système
- L'interface, qui s'adapte aux caractéristiques de l'utilisateur
- Assez complexe lorsque les deux apprentissages sont simultanés

L'apport de l'IA dans ce contexte

- Apprentissage efficace, intégrant une constante remise à jour (Machine Learning)
- Reconnaissance d'éléments caractéristiques dans les signaux (Pattern Recognition)
- Modélisation des connaissances, l'individu étant considéré en tant que "grand système"



Que peuvent apporter les BCI à l'IA ?

Augmentation du débit d'informations (flux montant)

- 1990 : environ 5 bits par minute
- 2005 : BrainGate, contrôle 2D d'un curseur et validation, soit l'équivalent d'une souris : 10 bits par seconde
- Peut-on imaginer que le débit autorisé par les BCI suivra une loi de Moore ?

Une autre modalité de communication

- Interface "rapide", pouvant communiquer rapidement au système les réactions de l'individu
- Prise en compte directe d'autres paramètres intervenant dans la communication (émotions, fatigue)