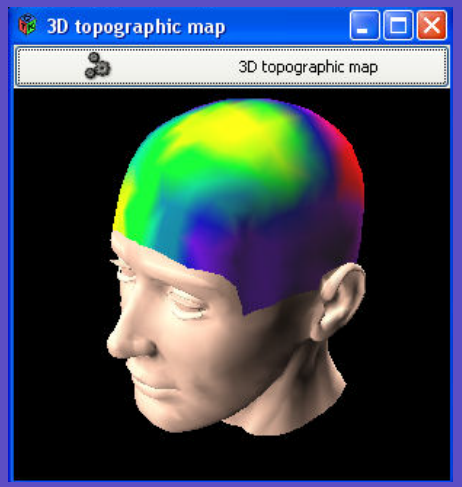
Commander directement par la pensée avec les interfaces cerveau-ordinateur >>

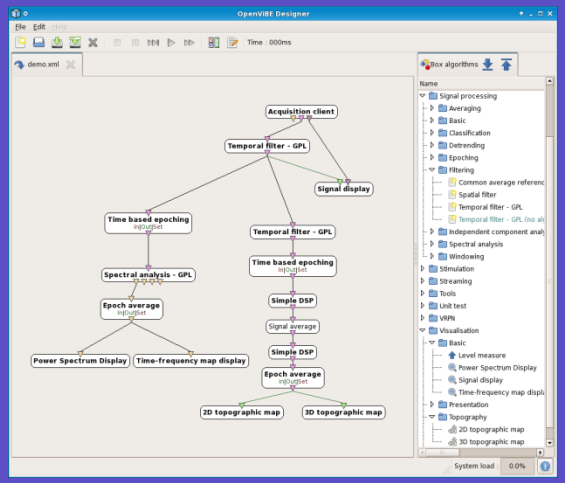
Un tour d'horizon à travers le projet OpenViBE

Anatole Lécuyer (INRIA Rennes)
anatole.lecuyer@inria.fr

INSTITUT NATIONAL
DE RECHERCHE
EN INFORMATIQUE
ET EN AUTOMATIQUE

INRIA





Equipe BUNRAKU – INRIA Rennes

Equipe Projet INRIA, Rennes (Dr. G. Dumont, ENS)

50 personnes (INRIA, INSA, Univ. Rennes 1, ENS)

Réalité virtuelle, humains virtuels, interaction 3D, rendu

Objectif: *Améliorer la simulation et l'interaction avec les environnements virtuels*

Bio

www.irisa.fr/bunraku/anatole.lecuyer
>> anatole.lecuyer@inria.fr

Anatole Lécuyer

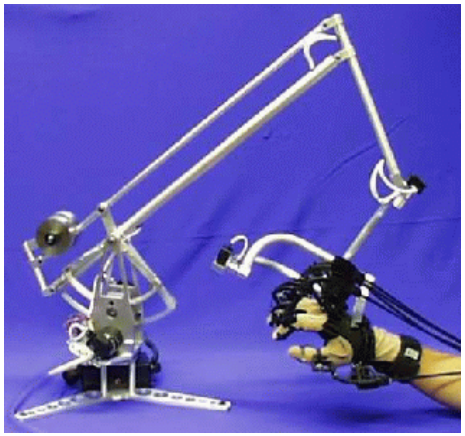
Chargé de Recherche INRIA

Activité (n=12)

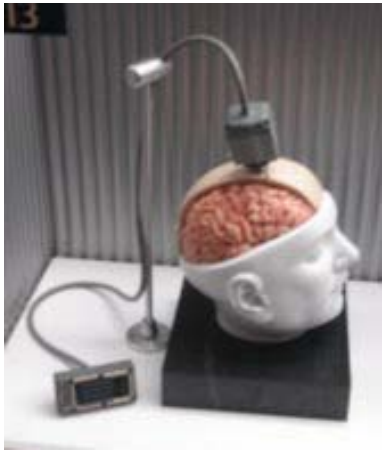
- 5 thèses, 2 postdocs, 2 ingénieurs, 2 stagiaires

Thèmes: Interfaces 3D

- Interfaces Cerveau-Ordinateur
- Interfaces de navigation
- Interfaces haptiques
- Interfaces visuelles



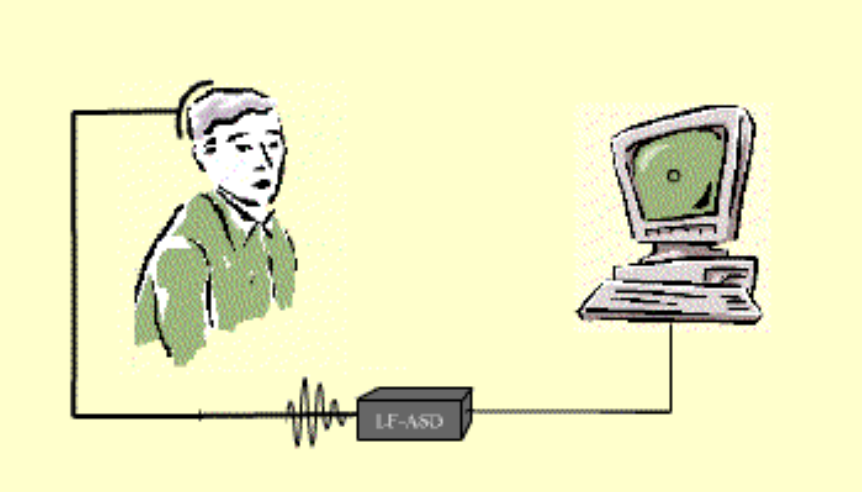
Immersion



Cyberkinetics

Interface Cerveau-Ordinateur (ICO) ?

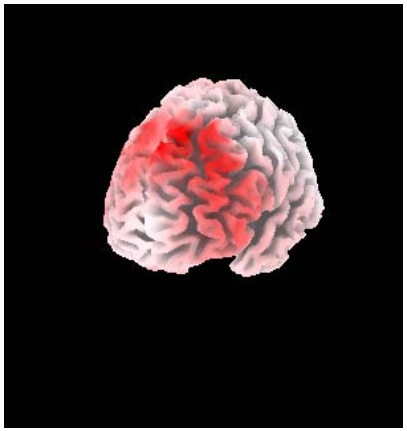
- Système de communication
- Convoyant des messages uniquement via l'activité cérébrale
- « Brain-Computer Interface » (BCI) en anglais



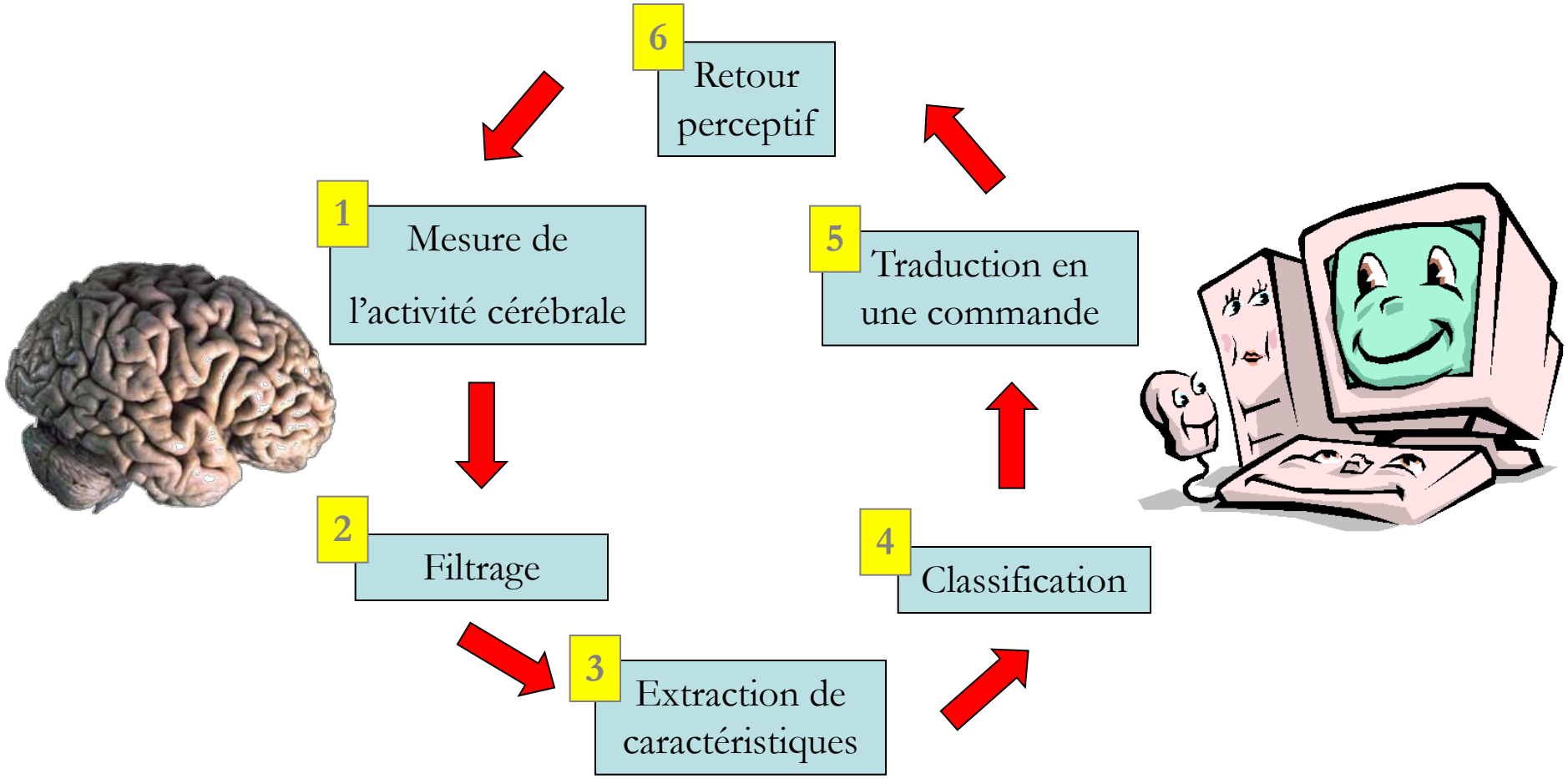
Comment mesurer l'activité cérébrale ?

Échange de courants électriques entre neurones

- Différentes régions et fonctionnalités (motrice, émotions, …)
- Mesurable en surface (ElectroEncéphaloGraphie ou EEG)



Fonctionnement d'une BCI

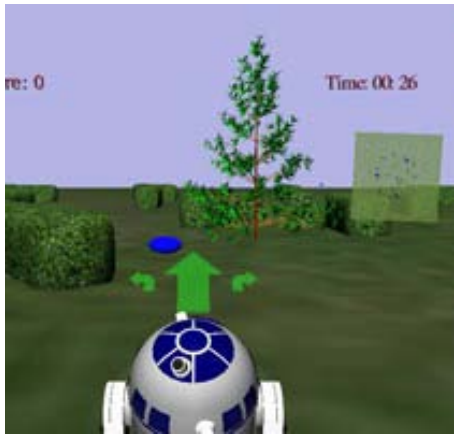


Applications

Handicap : éditeur de texte, prothèses, fauteuil, etc

Pilotage d’engins : robot, véhicules, domotique, etc

Multimédia : jeux, jeux vidéo, internet, TV, téléphone, etc



Vidéo

>> Lecture

Situation actuelle

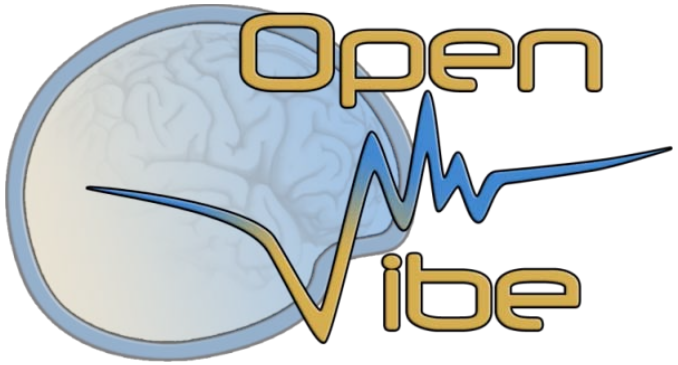
- Pas un rêve, ni de la Science-Fiction
- Des prototypes impressionnant existent
- Domaine de recherche très actif à l'étranger (US, Autriche, Japon, etc)
- Domaine de recherche (était) peu actif en France
- Pas (encore) d'applications grand-public déployées … mais fort potentiel!

Directions de recherche

1. Des capteurs plus efficaces (électronique)
2. Des connaissances sur le cerveau accrues (neuroscience, électrophysiologie)
3. Des traitements des signaux cérébraux plus efficaces (traitement du signal)
4. Une interface globalement plus intelligente (ergonomie, ihm)

Notre activité de recherche

OpenViBE1



Projet ANR (RNTL/2005-2009)

Type : exploratoire

Applications : Handicap, Multimédia

6 Partenaires :

- FT R&D, INRIA (lead), INSERM, GIPSA-LAB, CEA LIST, AFM

Objectif :

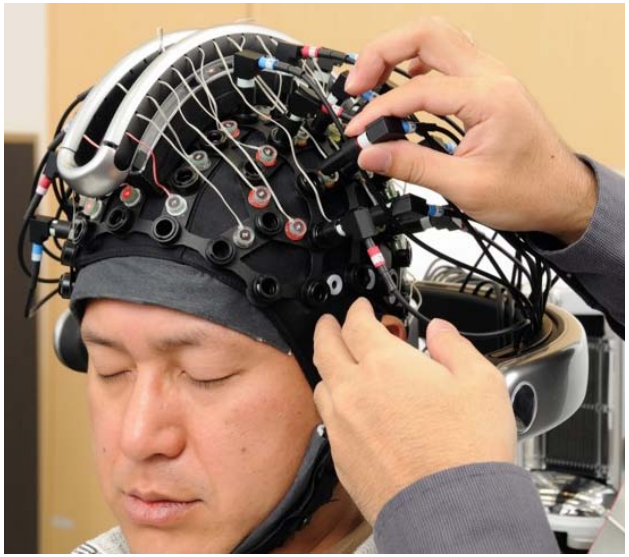
- *développer un environnement logiciel open-source proposant des techniques innovantes pour obtenir des interfaces Cerveau-machine plus efficaces*

Directions de recherche

1. Des capteurs plus efficaces (électronique)
2. Des connaissances sur le cerveau accrues (neuroscience, électrophysiologie)
3. Des traitements des signaux cérébraux plus efficaces (traitement du signal)
4. Une interface globalement plus intelligente (ergonomie, ihm)

Capteurs électriques

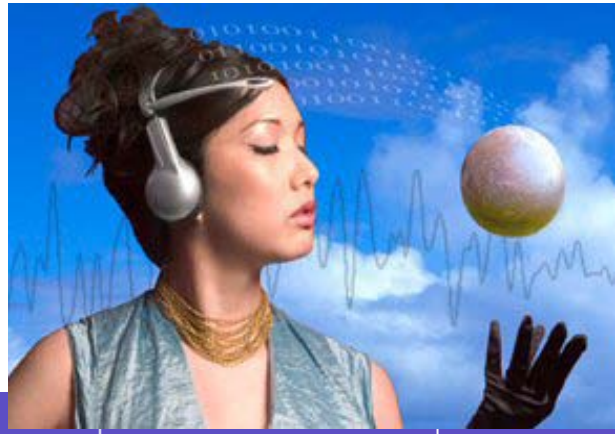
Electrodes de surface // électrodes implantées



Evolution des capteurs

Capteurs parfaits?

- Plus simple (facile à enfiler, peu invasif, peu encombrant, sans fil, sans gel, etc)
- Plus efficace (ratio signal/bruit)
- Moins cher (!)



Directions de recherche

1. Des capteurs plus efficaces (électronique)
2. Des connaissances sur le cerveau accrues (neuroscience, électrophysiologie)
3. Des traitements des signaux cérébraux plus efficaces (traitement du signal)
4. Une interface globalement plus intelligente (ergonomie, ihm)

Vocabulaire mental ?

Vocabulaire mental

Caractéristiques :

- Basé sur des « tâches mentales » connues
- Des tâches faciles à apprendre ou à contrôler par l'utilisateur
- Des tâches détectables dans les signaux électriques par le système

2 catégories principales :

- Endogènes (2/3)
- Exogènes (1/3)

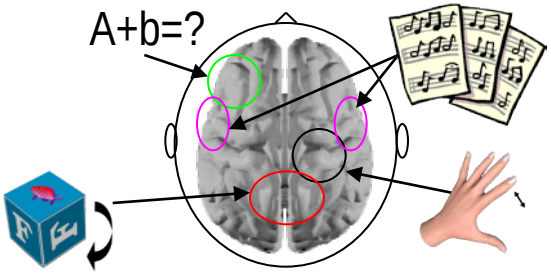
Tâches endogènes

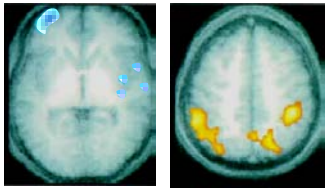
Contrôlées par l'utilisateur
(modulée intérieurement)

Différents types de tâche

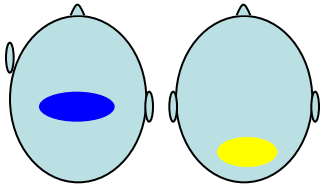
Différentes régions cérébrales

- Imagination de mouvement (mains, pieds, langue)
- Calcul mental
- Association de mot
- Rotation mentale de cube
- Relaxation
- Evocation Visuelle/audio/tactile
- Composition mentale de lettre
- Comptage visuel





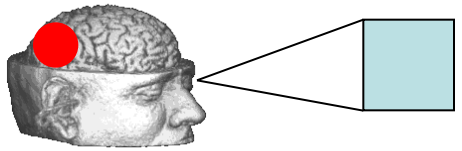
Calcul mental



Rotation d'objet

Tâches exogènes

Activité cérébrale déclenchée par un événement extérieur



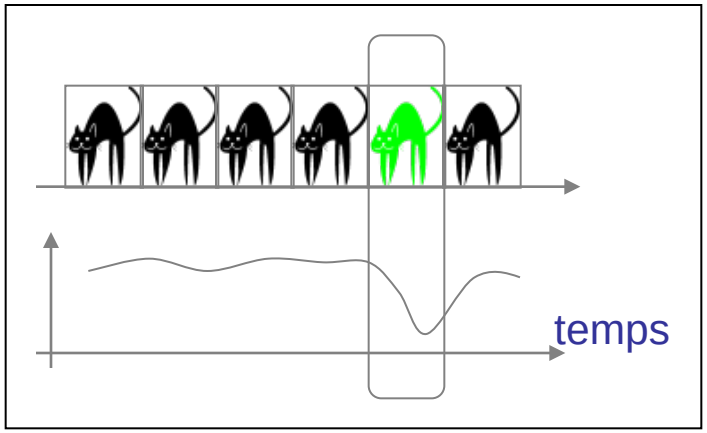
Avantages

- Très stable d'un utilisateur à l'autre
- Pas d'entraînement

SSVEP*

- « Flash » à fréquence donnée
- >> Même fréquence dans une aire cérébrale

* Steady State Visually Evoked Potentials



P300

- Événement important et rare

Exemples

P300 Speller

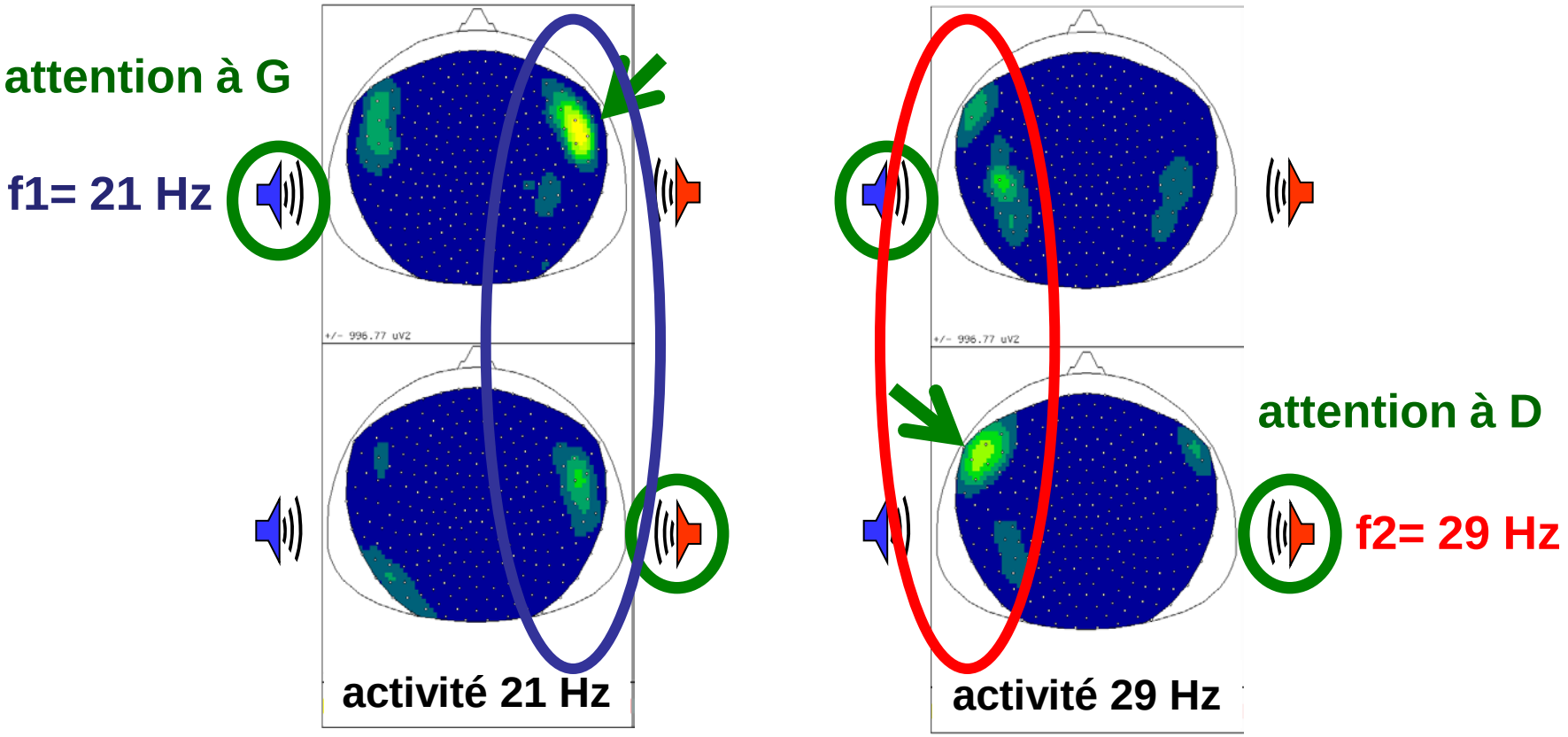
- Editeur de texte par la pensée
- Utilisation du signal P300
- Flasher les lettres (lignes/colonnes) à sélectionner

Curseur et cible

- Manipuler un curseur par la pensée (atteindre une cible
- Contrôle d’un rythme cérébral (rythme « mu »)

Attention auditive orientée (OpenViBE)

Attention sur deux sons modulés en amplitude, un dans chaque oreille



(V. Attina, N. Weisz, E. Maby, G. Gibert & O. Bertrand, Autumn School "From Neural Code to Brain Machine Interface", 2007) – INSERM U821, Lyon

>> un vocabulaire limité?

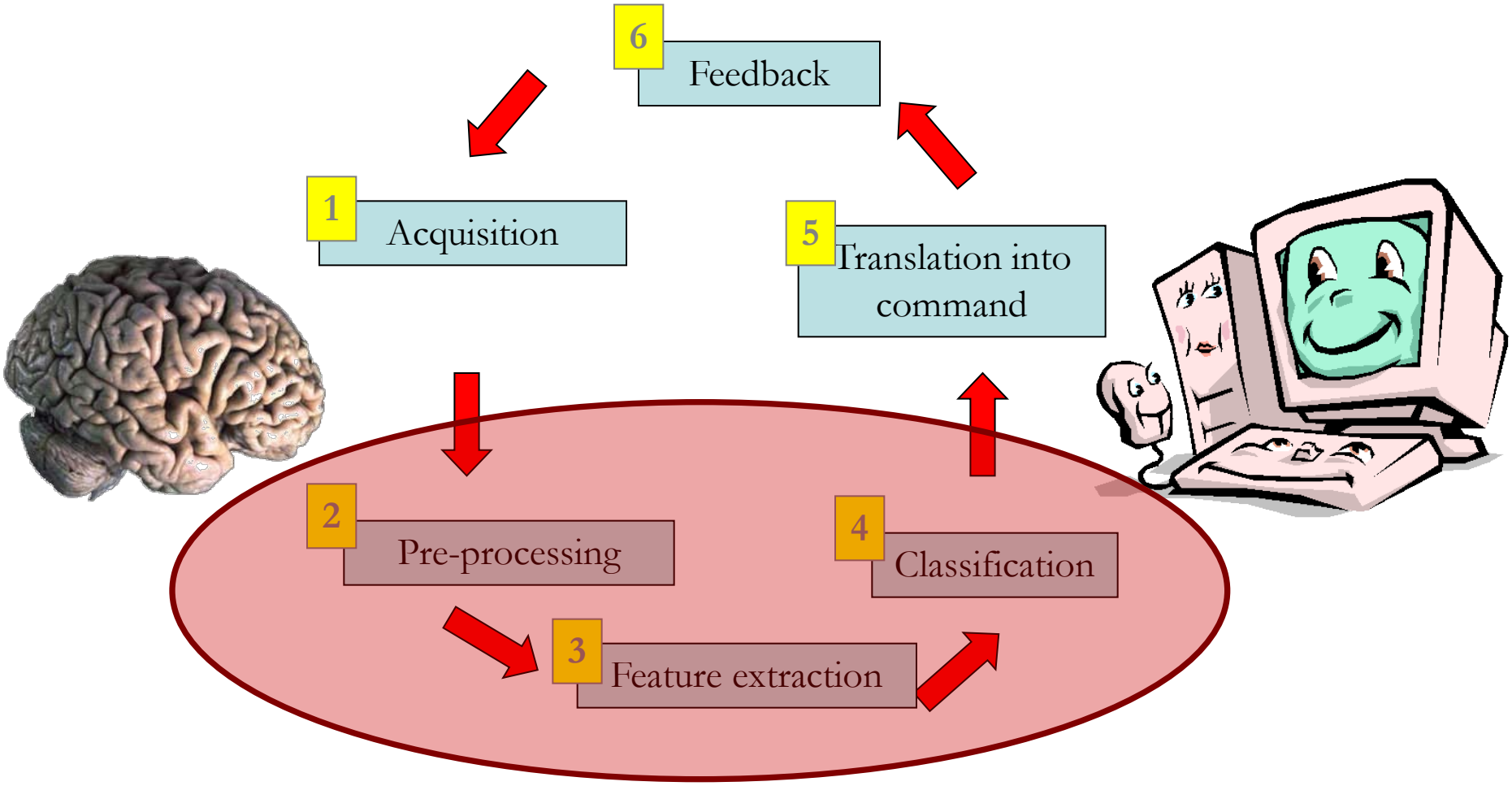
- Pas de « capteurs de pensée »
- Il existe des tâches mentales bien différenciables
- Vocabulaire limité à quelques tâches mentales bien connues
- ~2-6 tâches en pratique (max 8 tâches sur le singe)

>> Travaux nécessaires pour trouver de nouveaux « mots »

Directions de recherche

1. Des capteurs plus efficaces (électronique)
2. Des connaissances sur le cerveau accrues (neuroscience, électrophysiologie)
3. Des traitements des signaux cérébraux plus efficaces (traitement du signal)
4. Une interface globalement plus intelligente (ergonomie, ihm)

Brain-Computer Interface



Extraction de Caractéristiques: Solutions inverses (OpenViBE)

Contexte

- BCI utilisent une information de **surface**

Solution inverse

- Reconstruction de l'activité dans le **volume cérébral**

Avantage

- Information physiologiquement pertinente!

(Lotte, Lécuyer, Arnaldi, IEEE EMBS 2007)
(Lotte, Lécuyer, Arnaldi, Traitement du signal 2008)
(Lotte, Lécuyer, Arnaldi, IEEE TSP 2009)
(Congedo, Lotte, Lécuyer, Phys. Med. Biol., 2006)

Classification

- Etat de l'art des techniques de classification en BCI

  (Lotte, Congedo, Lécuyer, Lamarche, Arnaldi, Journal of Neural Engineering, 2007),

- Nombreuses techniques innovantes (OpenViBE) :
  Systèmes d'inférence flous, Processus Gaussiens, Modèles de Bayes, Techniques de rejet, etc

  (Zhong, Lotte, Girolami, Lécuyer, Pattern Recognition Letters, 2008),
  (Mattout, Gibert, Attina, Maby and Bertrand, Human Brain Mapping, 2008),
  (F. Lotte, H. Mouchère, A. Lécuyer, ICPR 2008)
  (Lotte, Lécuyer, Lamarche, Arnaldi, IEEE TNSRE, 2007),

>> Liste exhaustive sur le site OpenViBE

Directions de recherche

1. Des capteurs plus efficaces (électronique)
2. Des connaissances sur le cerveau accrues (neuroscience, électrophysiologie)
3. Des traitements des signaux cérébraux plus efficaces (traitement du signal)
4. Une interface globalement plus intelligente (ergonomie, ihm)

Navigation assistée (OpenViBE)

(Lotte et al., Presence, 2010)

Vidéo >>

Extraction automatique de points de passage **(Lamarche, *EG*, 2009)**

Sélection par arbre de décision binaire

Navigation automatique jusqu'au au point sélectionné

(Lotte et al., Presence, 2010)

Resultats

Performance (temps en secondes)

Interaction technique	Navigation task	mean	Overall mean
Proposed technique	Long	158	**165.8±35.5**
	Medium	204.5	
	Short	135	
Scherer's technique [Scherer08]	Long	702	497.2±228.4
	Medium	554.5	
	short	235	

Conclusions

- Explorer un environnement virtuel très grand est possible avec un BCI
- Navigation assistée plus efficace (3 fois plus rapide)
- Travaux futurs : plus d'évaluations

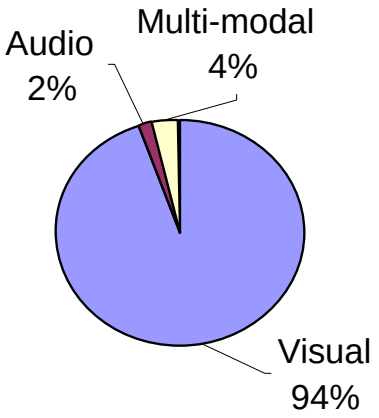
« Feedback »

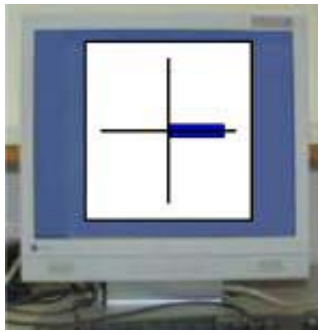
Effet du retour vers l'utilisateur

- Augmente la motivation de l'utilisateur
- Améliore les performances

Type de retour

- Efficacité dépend de la qualité du retour





Barre: 90%

HMD: 92%

Cave: 95%

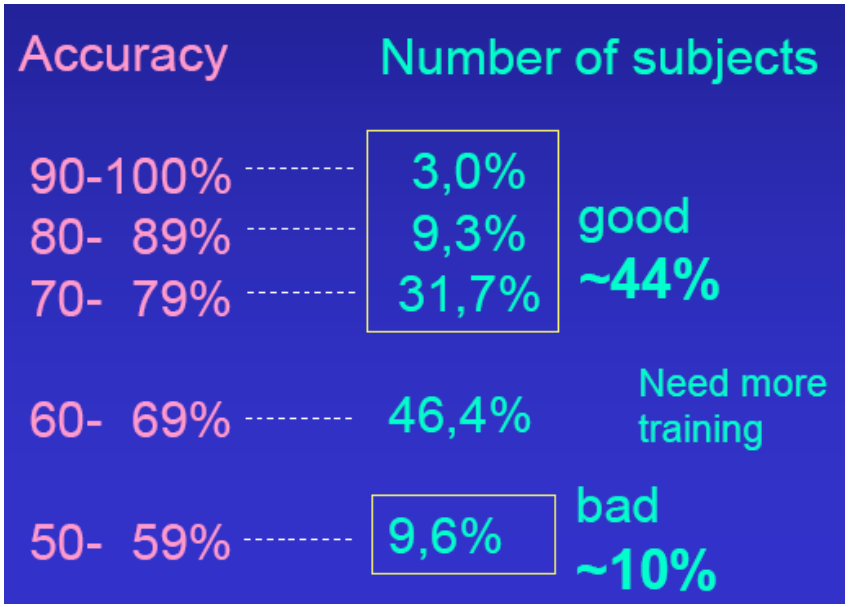
2 tâches mentales : précision moy. sur 4 utilisateurs

Variabilité

Exemple : étude sur 334 sujets (8-90 ans)

Protocole (Université de Graz)

- imagination de mouvements
- main vs. pied; ou main gauche vs. main droite



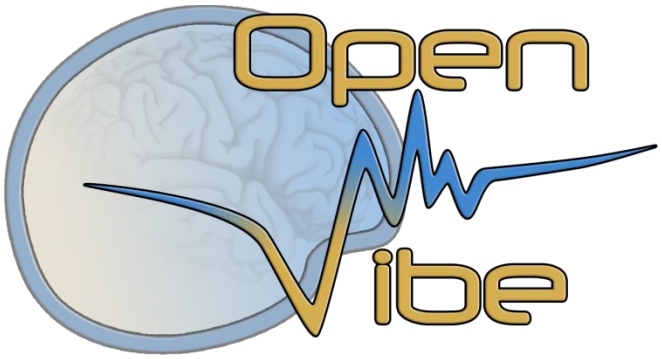
Logiciel OpenViBE

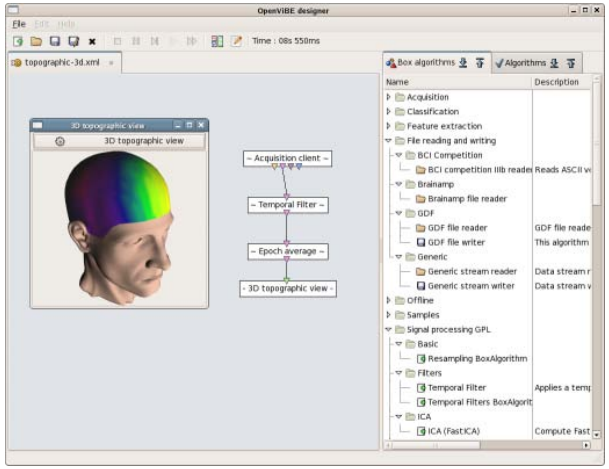
“OpenViBE software”

- A software platform to design, test and use Brain-Computer Interfaces
- A software platform for *real-time* and *on-line* processing of cerebral data (EEG, ECoG, MEG, etc)

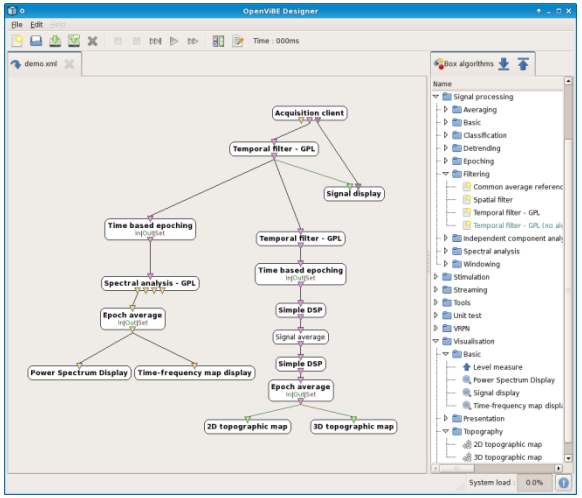
  >> acquisition, pre-processing, processing and display of cerebral data

>> Free and open-source





Key features



Modularity and re-usability

set of software modules, >> easily add new modules and extend functionalities

Multiple-users facilities

programmers vs. non-programmers >> researchers in signal-processing, medical doctors, videogame designers, etc

Portability

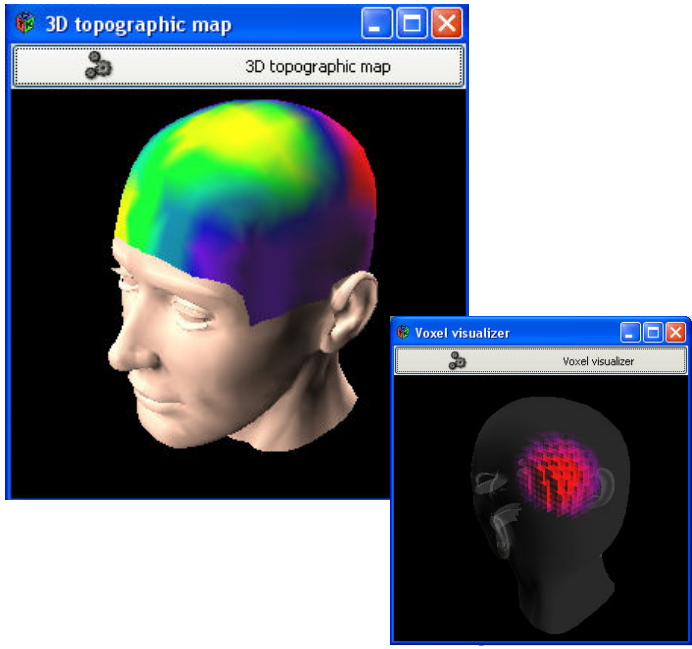
independent from hardware, acquisition machine, operating systems, etc

High-performance

should take advantage from multithread or multi-core architectures or computer clusters to decrease computation time

Connection with virtual reality (VR)

compatible with VR software and hardware, includes virtual reality displays

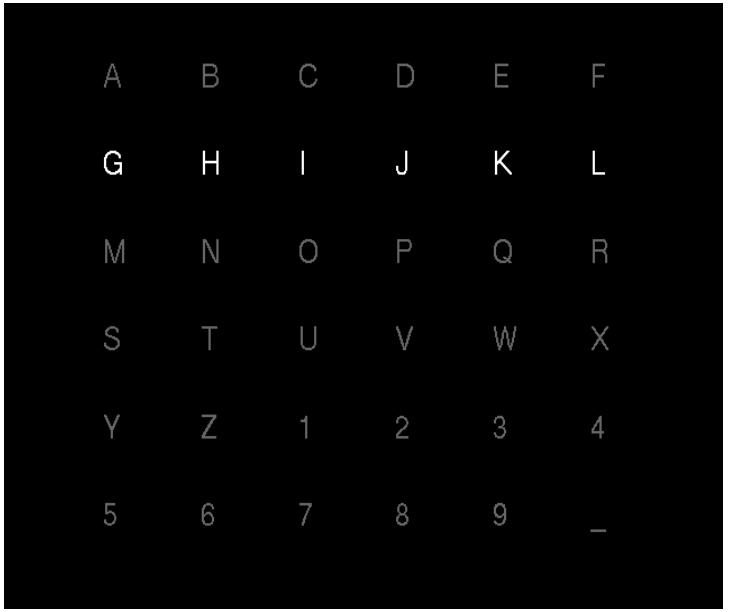


Existing scenarios

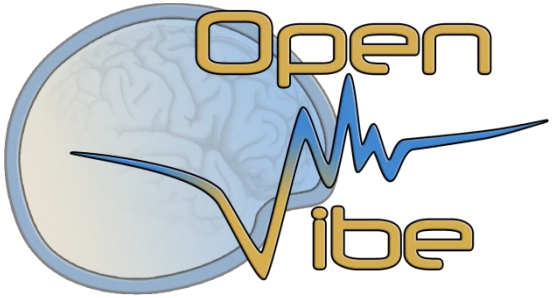
Entertaining applications (motor imagery)

Mental speller (P300 evoked potential)

Neurofeedback



FAQ



Available on INRIA gForge

Official website : http://openvibe.inria.fr

License LGPL V2+

C++, GTK, OGRE3D

Hardware independent ; LINUX, Windows ; EEG, MEG, etc

Usable with MATLAB

On-line documentation, FAQ
www.irisa.fr/bunraku/OpenViBE/openvibe-x.x.x-documentation/index.html

Installation kits (>> designer.exe for windows)

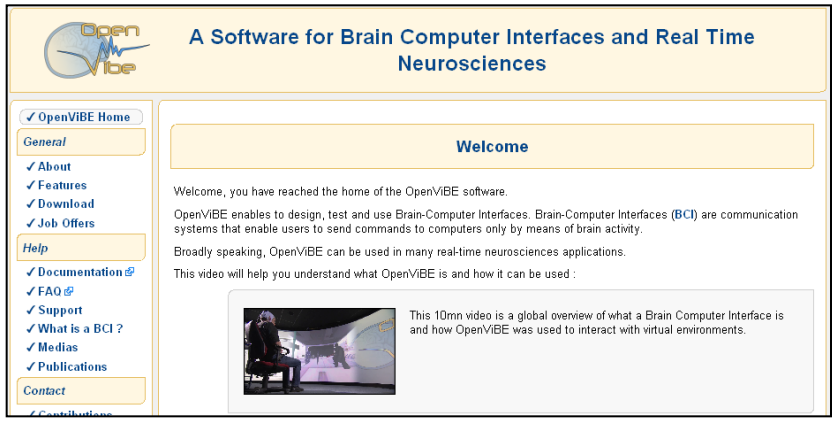
Tutorials (videos, examples)

Diffusion

Disponible depuis Mai 2009

Site Web : chiffres (été 2009)

- 35k visites
- 25k visiteurs différents
- 800k hits
- 2k téléchargements
- 1,2k consultations Installation page



Utilisateurs

1. INRIA Rennes (Bunraku team), France
2. INRIA Nancy (Cortex team), France
3. INRIA Sophia (Athena team), France
4. INSERM, France
5. GIPSA-Lab, France
6. CEA-List, France
7. LAGIS, France
8. LENA, France
9. INSA Rouen, France
10. Fraunhofer, Germany
11. I2R A-Star, Singapore
12. Swinburne University of Technology, Australia
13. Université de Bielefeld, Germany
14. TecDataAG, Germany
15. University of Twente, Netherlands
16. Université de Bordeaux 2, France
17. Ghent University, Belgium
18. Ecole Centrale d'Electronique, France
19. University of Applied Sciences Technikum Wien, Austria
20. University of Sharjah, United Arab Emirates
21. ESIEA, France

Etc..

First training to OpenViBE software (Rennes, January 15-16 2009)

Suite ?

OpenViBE2

Projet ANR « CONTINT » (2009-2012)

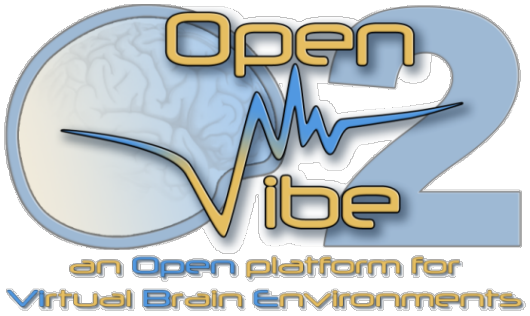
Applications : jeu vidéo

9 Partenaires

- INRIA, INSERM, CEA, GIPSA-Lab, CHART, CLARTE, UBISOFT, KYLOTONN, BLACK-SHEEP

Objectif :

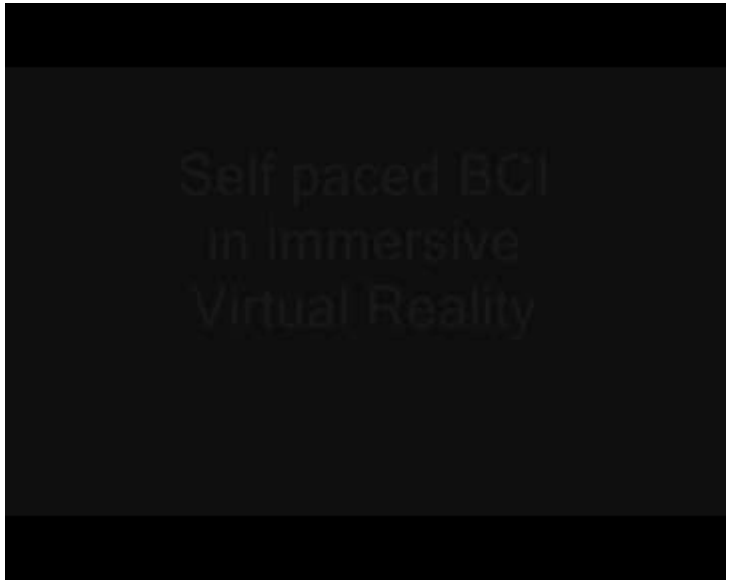
- Adaptation automatique du contenu et de l'interaction avec les univers virtuels à partir de l'activité cérébrale de l'utilisateur



Merci ; Questions?

Contact

anatole.lecuyer@inria.fr

Website

http://openvibe.inria.fr