Introduction à la conception expérimentale

Nicolas Farrugia

UE SHS, Neurosciences et Musique, 2024

https://github.com/nicofarr/exp-design

Positionnement du cours

Séances :

1. 16/01 matin : Neurosciences et neuromythes (D. Toquet).
   après-midi : Pratique Musicale (C. Rocher)
2. 23/01 matin : Introduction to Experimental Design (N. Farrugia).
   après-midi : Pratique Musicale (C. Rocher)
3. 30/01 Expériences EEG
4. 06/02 matin : Analyse de données EEG (N. Farrugia).
   après-midi : Pratique Musicale (C. Rocher)
5. 13/02 soir : restitution au Cabaret Vauban

Plan

1. Contexte
   - Musique et Neurosciences
   - Méthodes en neurosciences cognitives
   - Electroencéphalographie (EEG)
2. Fondements de la conception expérimentale
   - Notions clés
   - Types de conception expérimentale
3. Examples
   - Reading time ! Cognitive Neurosciences studies
   - Discussion
4. Experimental design in practice
   - Practice time ! Design your own experiment
   - Presentations / Discussion
5. Conclusion
   - Wrap-up
   - What's next ?

Plan

1 Contexte
- Musique et Neurosciences
- Méthodes en neurosciences cognitives
- Electroencéphalographie (EEG)

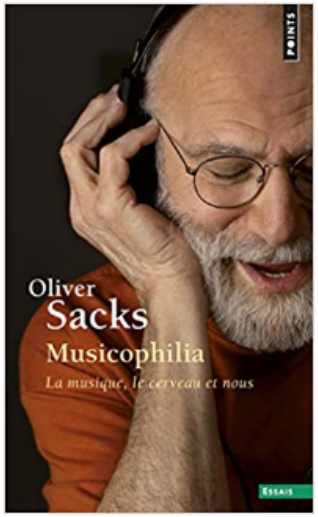
2 Fondements de la conception expérimentale
- Notions clés
- Types de conception expérimentale

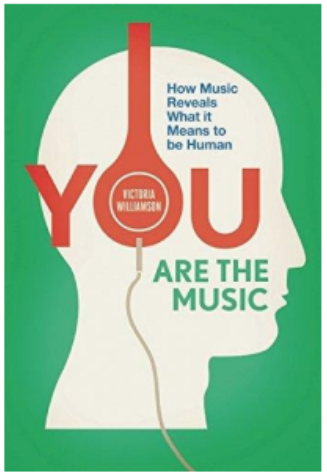
3 Examples
- Reading time ! Cognitive Neurosciences studies
- Discussion

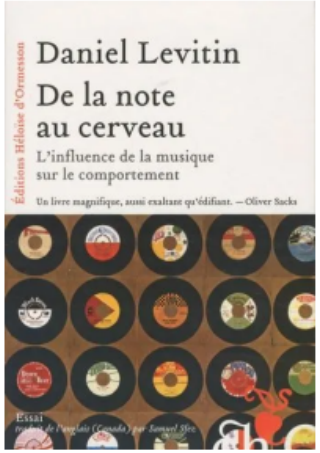
4 Experimental design in practice
- Practice time ! Design your own experiment
- Presentations / Discussion

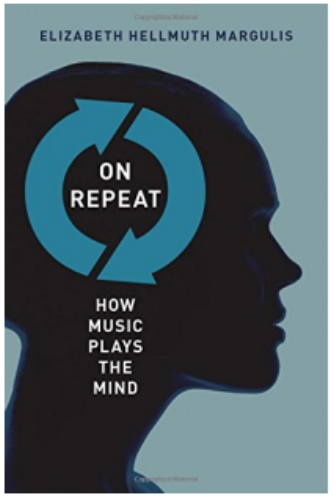
5 Conclusion
- Wrap-up
- What's next ?

Neuroscience et musique



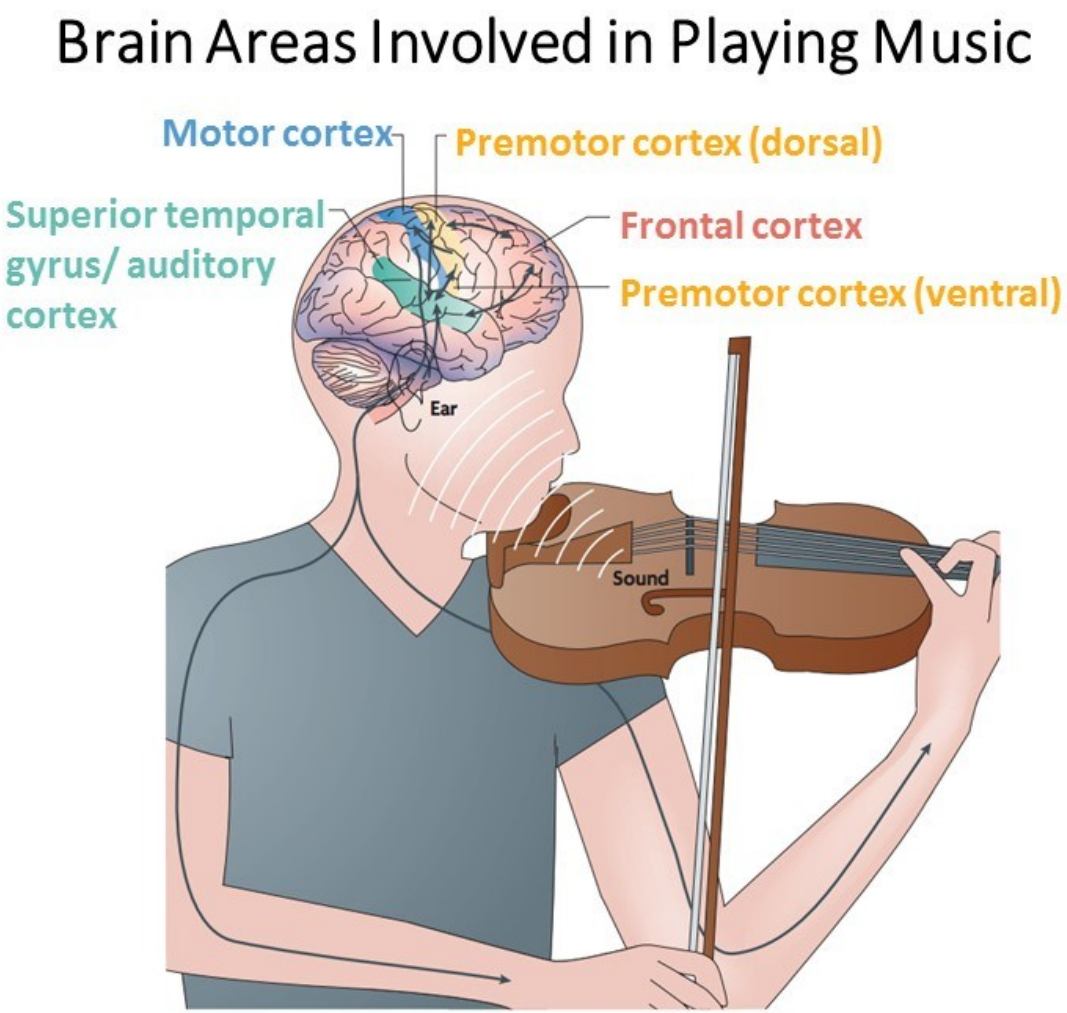






Neuroscience et musique

La musique stimule un vaste réseau cérébral



Source: Zatorre et al. (2007). When the brain plays music: auditory–motor interactions in music perception and production. *Nature Reviews Neuroscience*, *8*(7), 547-558.

Musique et plasticité

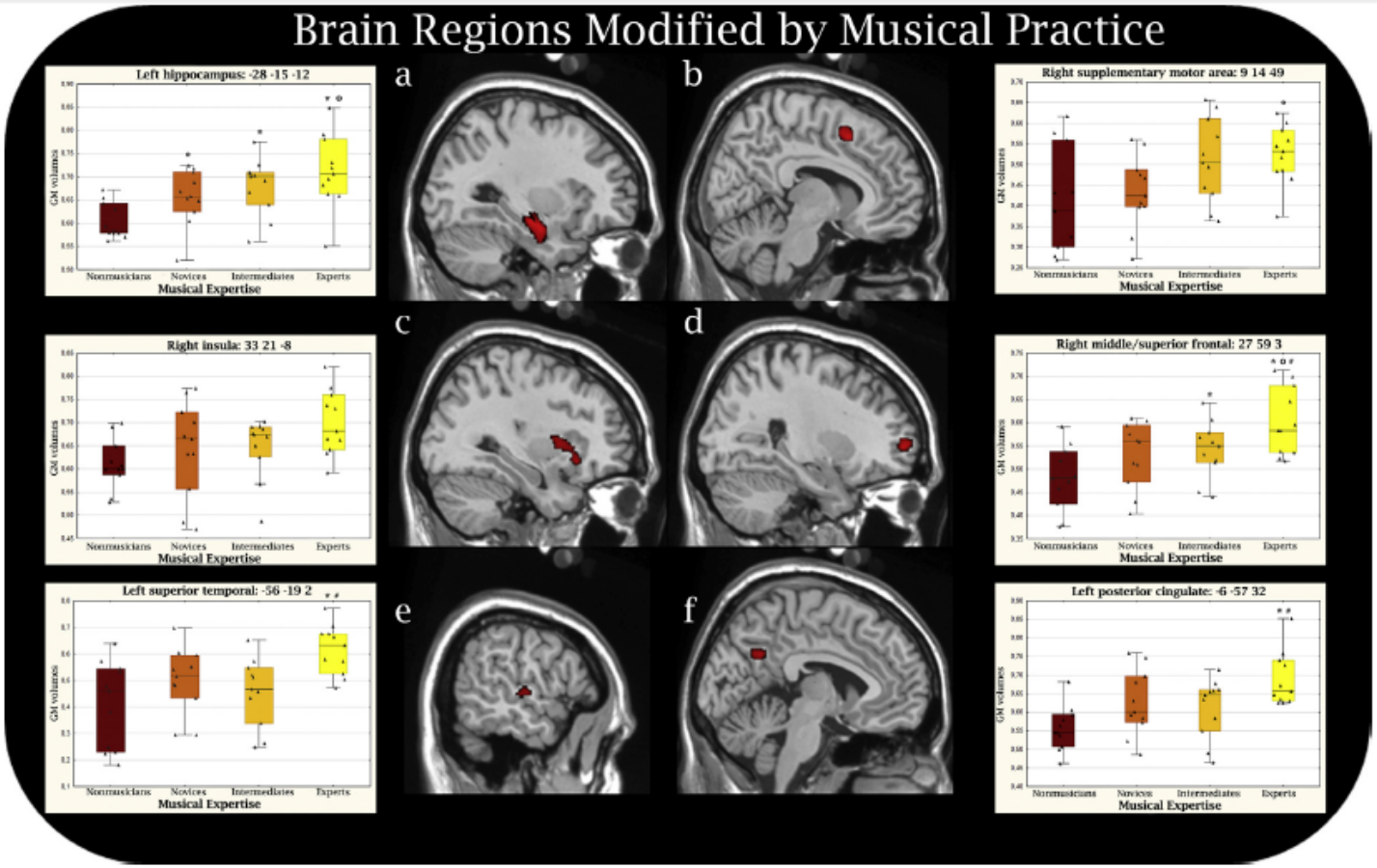
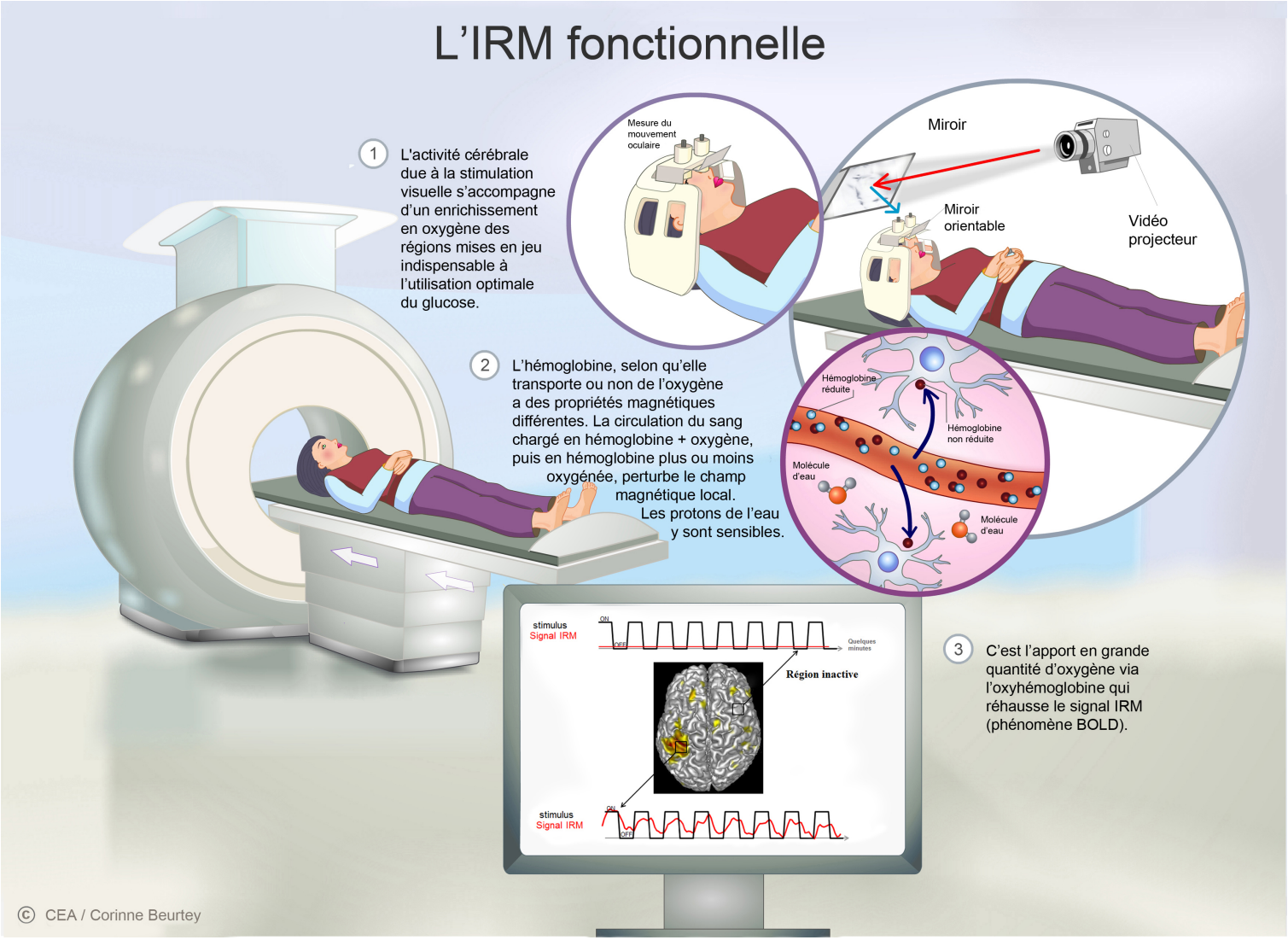


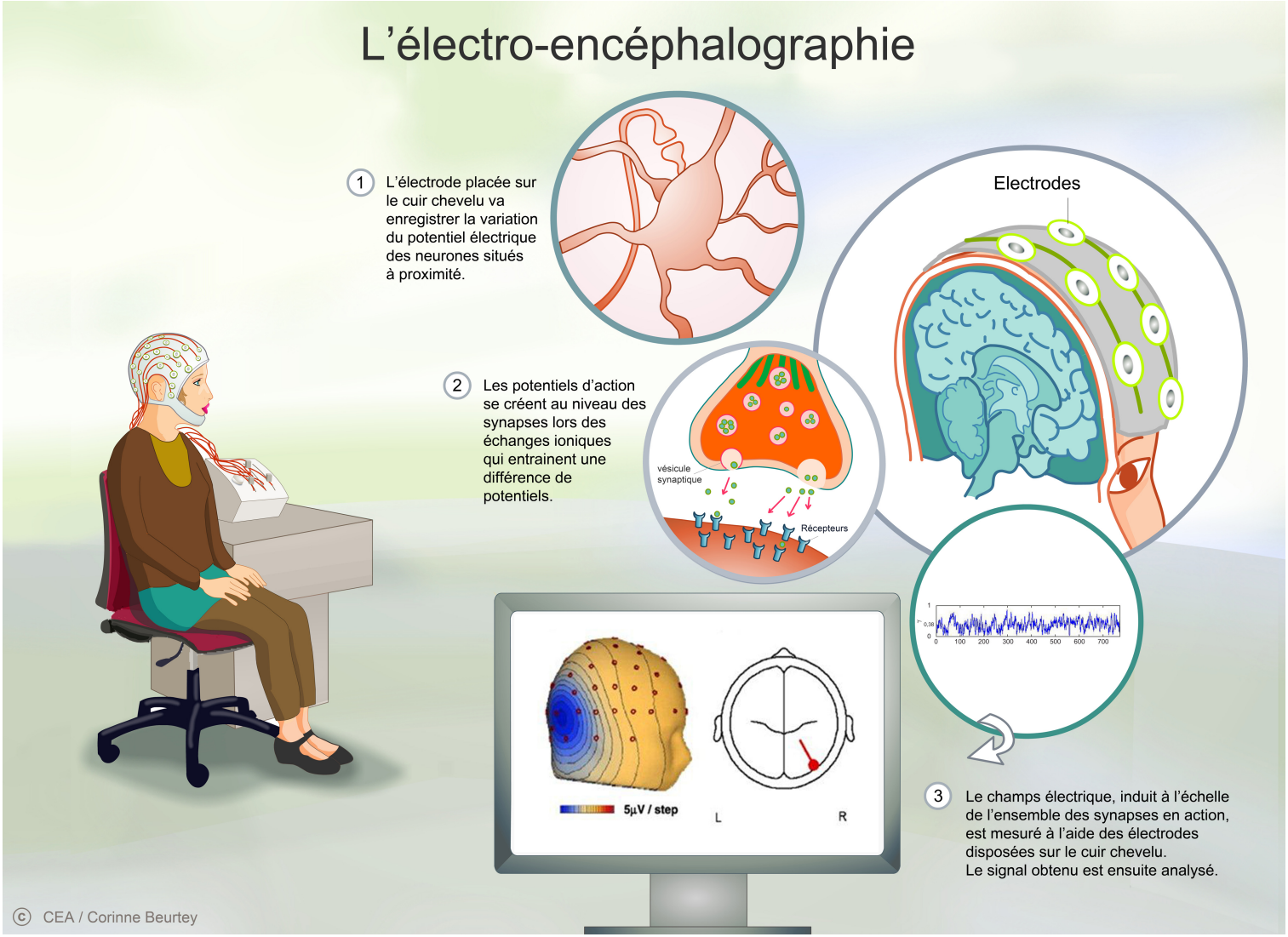
Fig. 1. Brain areas in which grey matter density changed with musical expertise. Results displayed the brain areas with significant positive correlation at $p < .001$ uncorrected for multiple comparisons and cluster size $k > 110$ between the duration of musical practice and GM volumes (controlling for age, educational level and TIV) and boxplot representations of GM volumes of (a) the left hippocampus, (b) right supplementary area, (c) right insula, (d) right superior and middle frontal cortex, (e) left superior temporal cortex and (f) left posterior cingulate cortex for each group. Box plots represent data of each group with quartiles (upper values 75%, median, and lower values 25%). The whiskers show range of the data and blobs raw values. For statistical results of the post hoc 2-by-2 comparisons (Tukey's HSD) only significant differences are shown: * compared with the nonmusician group, o compared with the novice musician group and # compared with the intermediate musician group.

Groussard et al. 2014, Brain and Cognition. See also Giacosa et al. 2016, Neuroimage

Méthodes

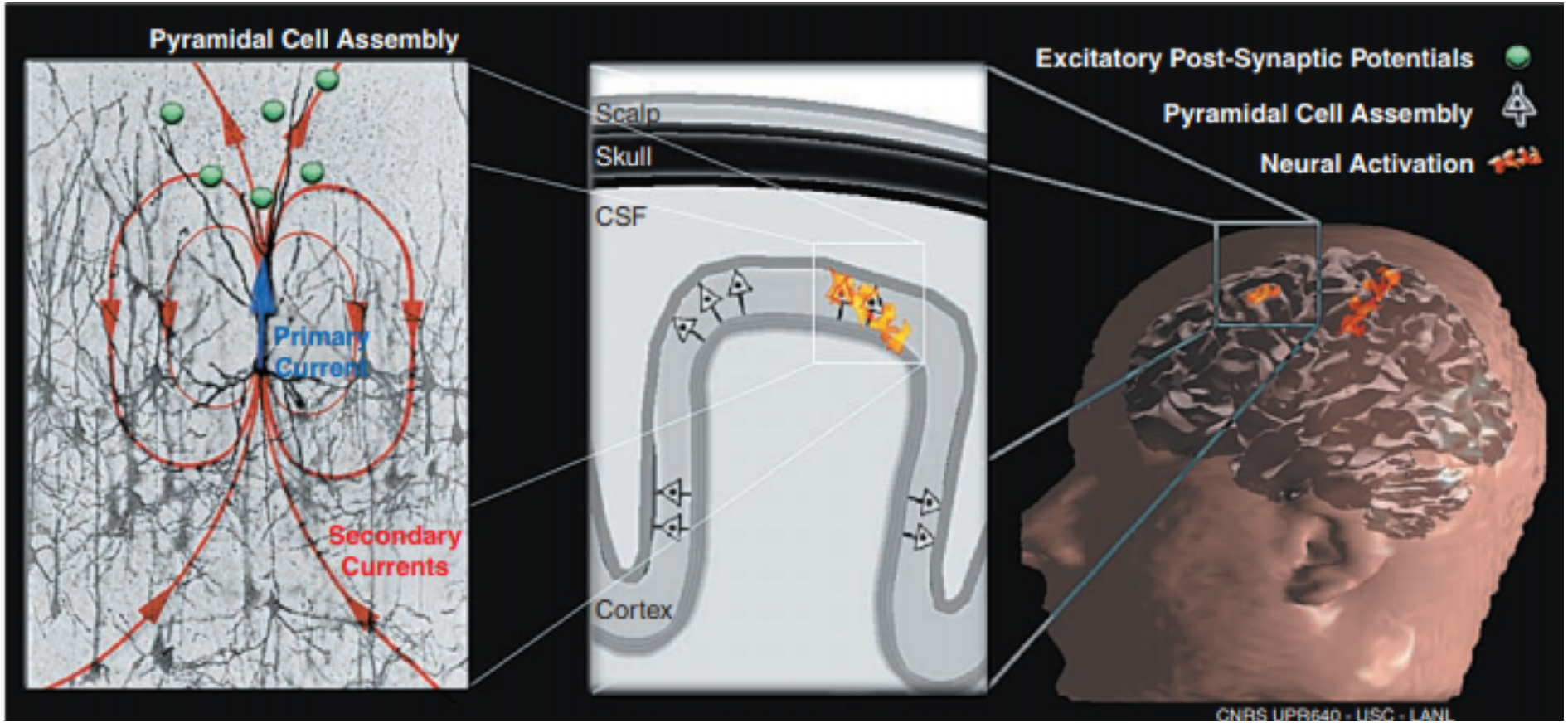

L'IRM fonctionnelle
1 L'activité cérébrale due à la stimulation visuelle s'accompagne d'un enrichissement en oxygène des régions mises en jeu indispensable à l'utilisation optimale du glucose.
Mesure du mouvement oculaire
Miroir
Miroir orientable
Vidéo projecteur
2 L'hémoglobine, selon qu'elle transporte ou non de l'oxygène a des propriétés magnétiques différentes. La circulation du sang chargé en hémoglobine + oxygène, puis en hémoglobine plus ou moins oxygénée, perturbe le champ magnétique local. Les protons de l'eau y sont sensibles.
Hémoglobine réduite
Hémoglobine non réduite
Molécule d'eau
Molécule d'eau
stimulus
Signal IRM
ON
OFF
Quelques minutes
Région inactive
stimulus
Signal IRM
ON
OFF
3 C'est l'apport en grande quantité d'oxygène via l'oxyhémoglobine qui réhausse le signal IRM (phénomène BOLD).
© CEA / Corinne Beurtey

Méthodes


L'électro-encéphalographie
1 L'électrode placée sur le cuir chevelu va enregistrer la variation du potentiel électrique des neurones situés à proximité.
2 Les potentiels d'action se créent au niveau des synapses lors des échanges ioniques qui entrainent une différence de potentiels.
vésicule synaptique
Récepteurs
Electrodes
5µV / step
L
R
3 Le champs électrique, induit à l'échelle de l'ensemble des synapses en action, est mesuré à l'aide des électrodes disposées sur le cuir chevelu.
Le signal obtenu est ensuite analysé.
© CEA / Corinne Beurtey

Electroencéphalographie (EEG)

Une vue d'ensemble de l'origine (probable) de l'EEG.

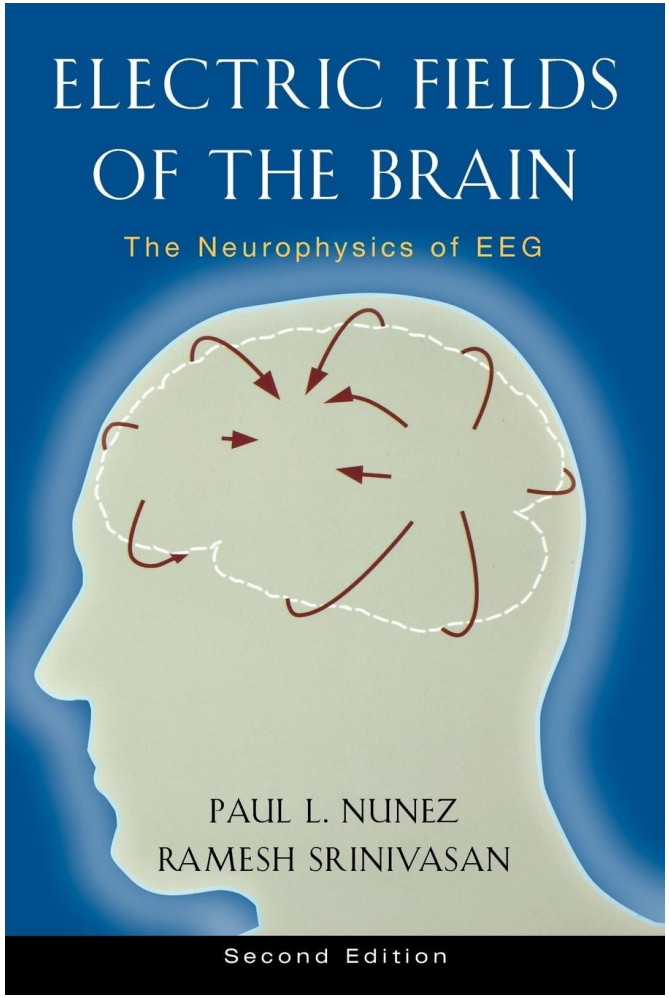


Baillet, Sylvain, John C. Mosher, and Richard M. Leahy. "Electromagnetic brain mapping." IEEE Signal processing magazine 18.6 (2001): 14-30.

Electroencéphalographie (EEG)

Quelques caractéristiques clés de l'EEG

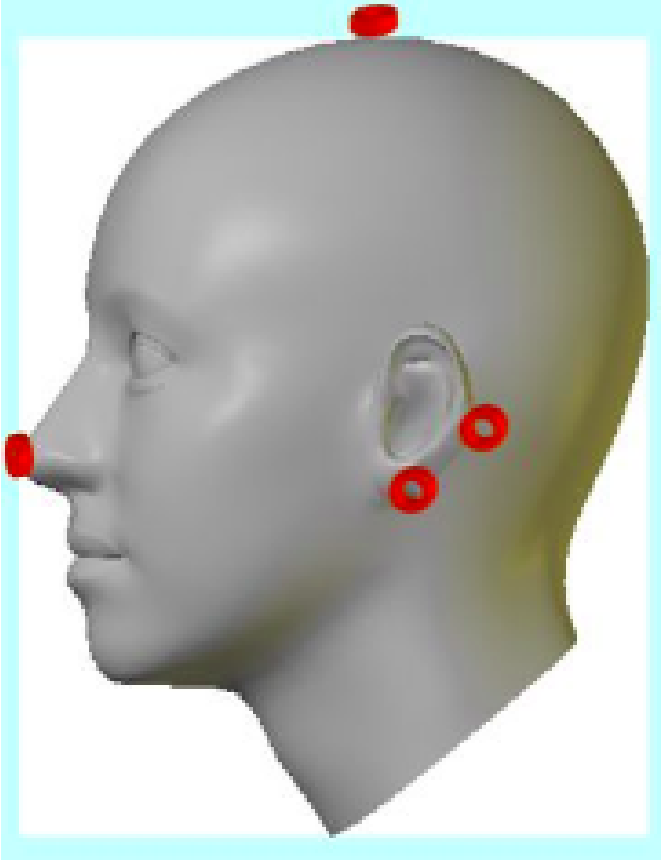
- Tension (V) entre une électrode sur le scalp et une référence
- Propagation du champ électrique dans plusieurs milieux
- Signal résultant de l'activité coordonnée de groupes de millons de neurones
- De 0.1 à 100 Hz, de l'ordre de 0.025 à 0.1 mV
- Très sensible aux artefacts



Acquisition et prétraitement de l'EEG

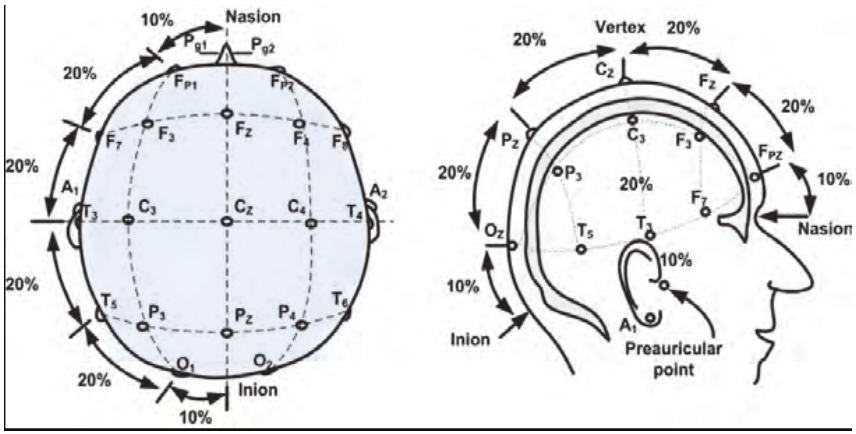
Choix d'une référence:

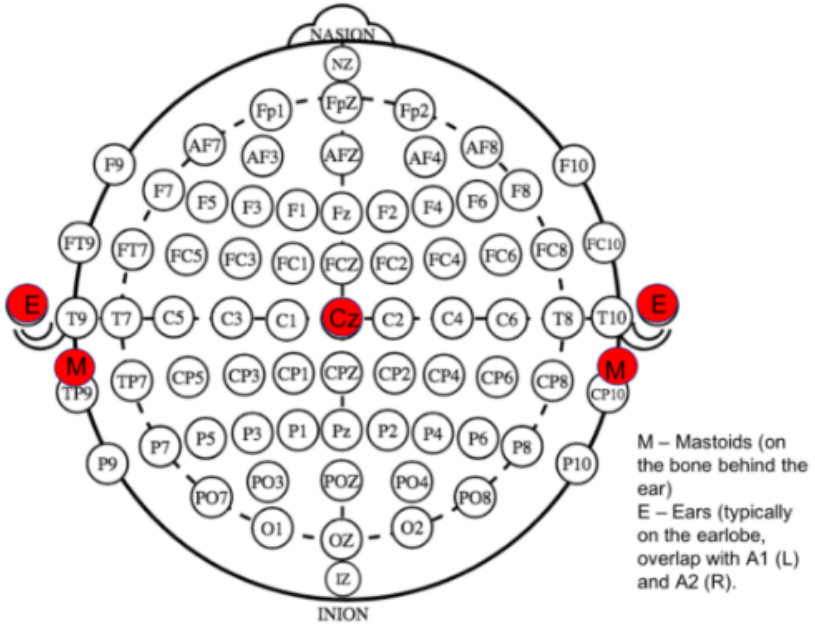
- L'EEG mesure une différence de potentiel entre deux points
- Idéal (mythe!) : référence "silencieuse" (cf. Nunez)
- Nasion, mastoïdes, lobes, Cz, moyenne des électrodes, ...



Acquisition et prétraitement de l'EEG

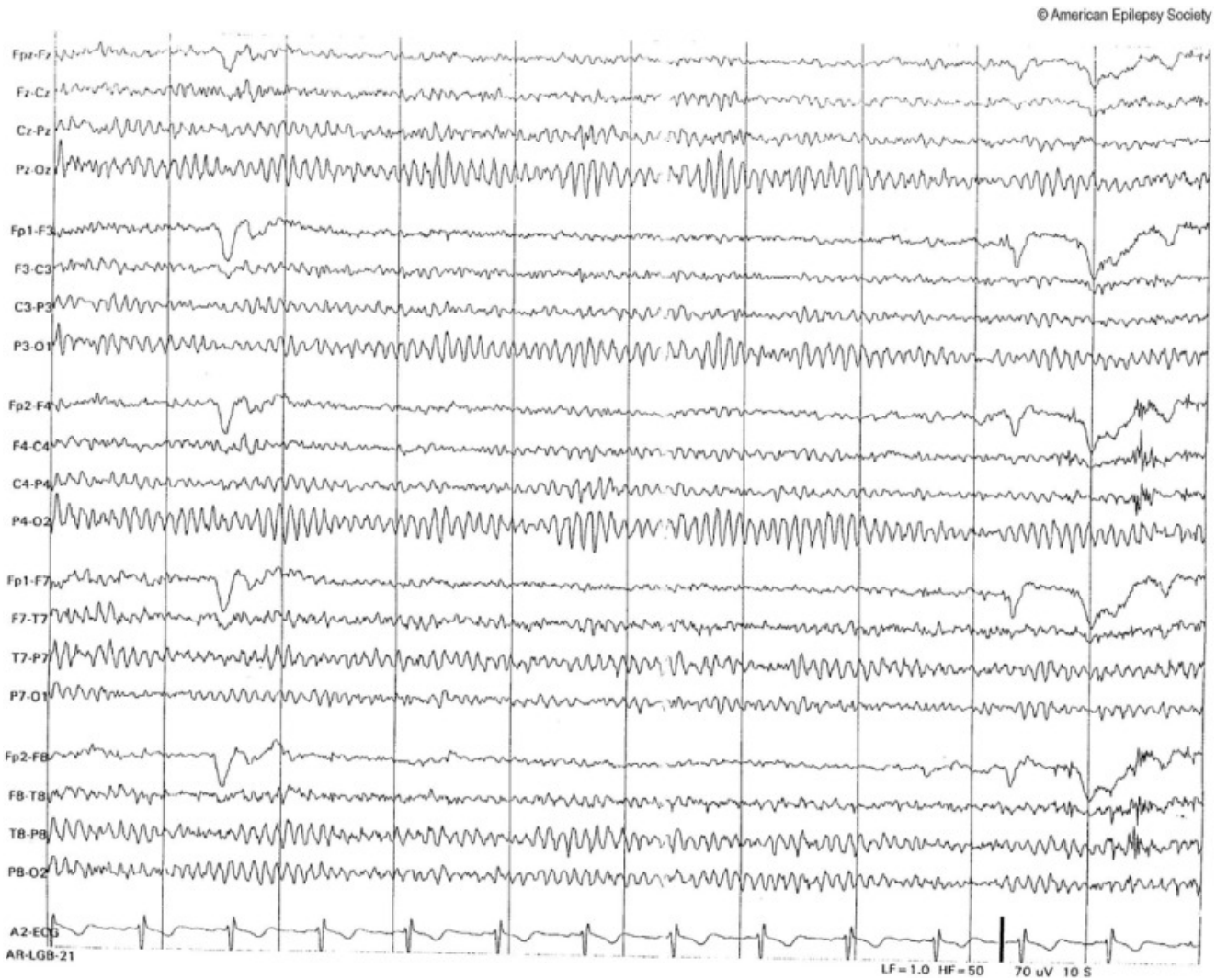
Le système 10-20 de placement d'électrodes:





Acquisition et prétraitement de l'EEG

Exemple d'enregistrement

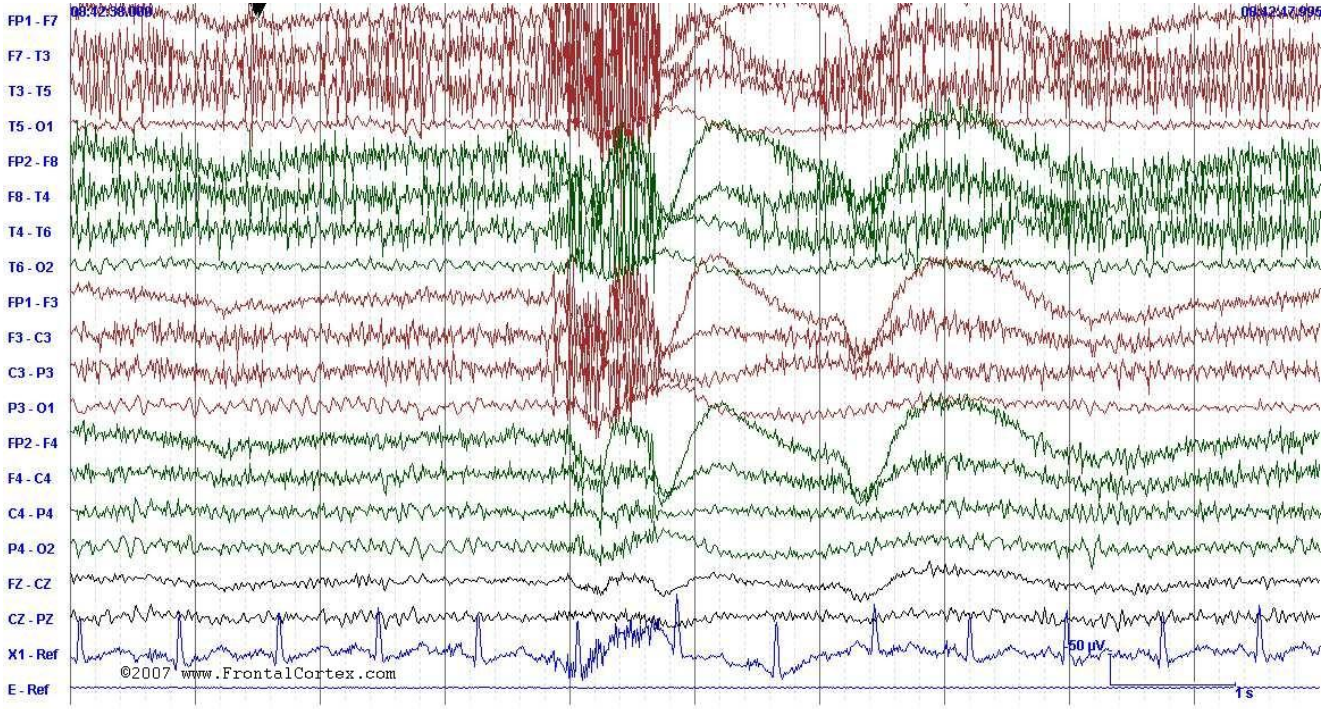


Electroencephalography (EEG): An Introductory Text and Atlas of Normal and Abnormal Findings in Adults, Children, and Infants

Acquisition et prétraitement de l'EEG

Prétraitements usuels

1. Re-référencement
2. Suppression de segments largement bruités
3. Suppression de dérive de basse fréquence (filtre passe-haut)
4. Détection et suppression d'artefacts

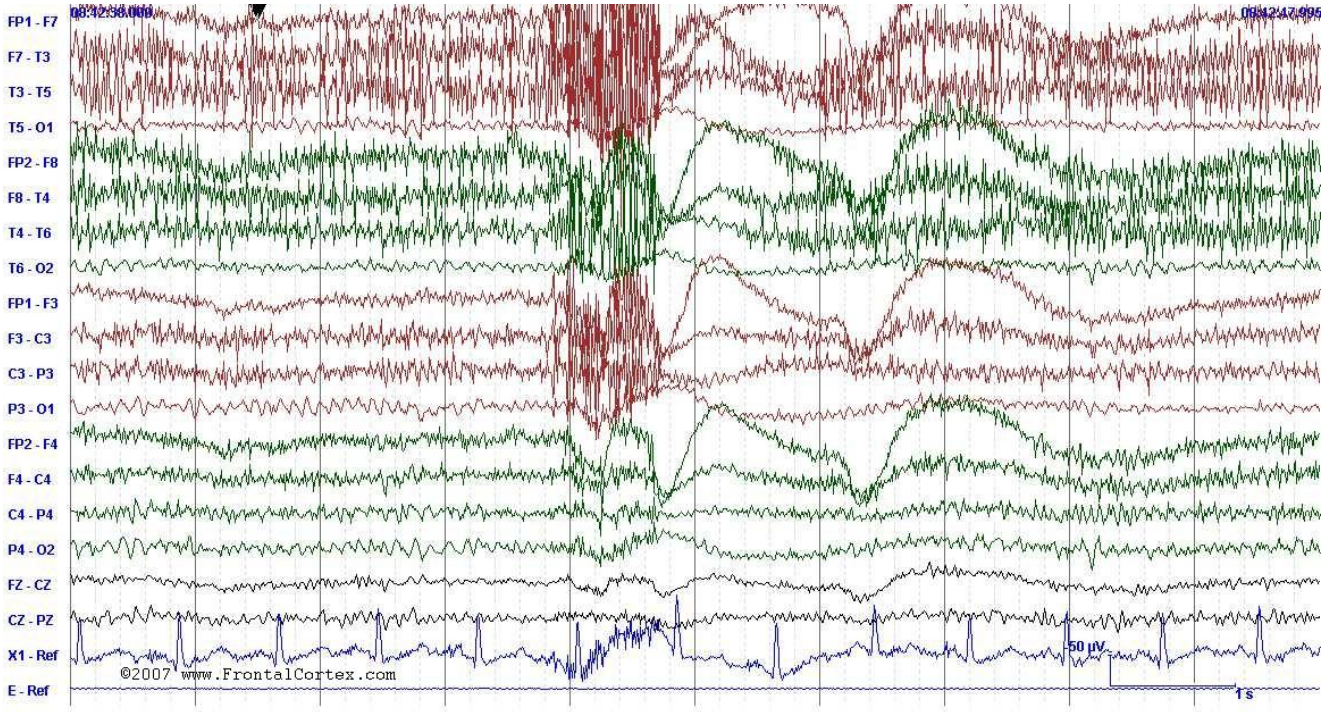


FrontalCortex.com

Acquisition et prétraitement de l'EEG

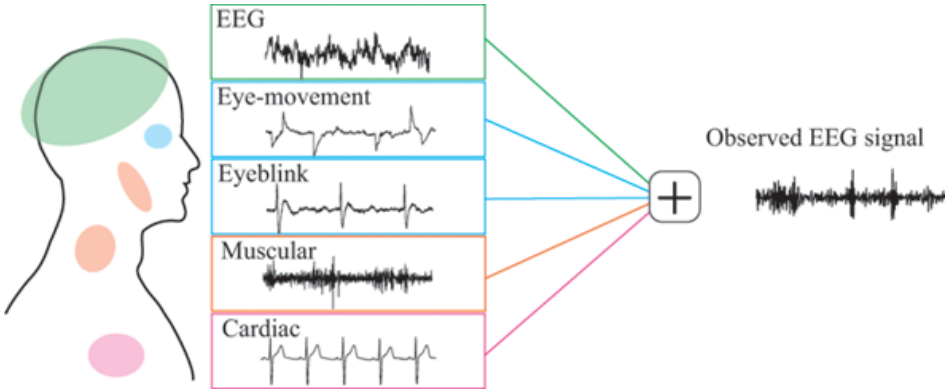
Prétraitements usuels

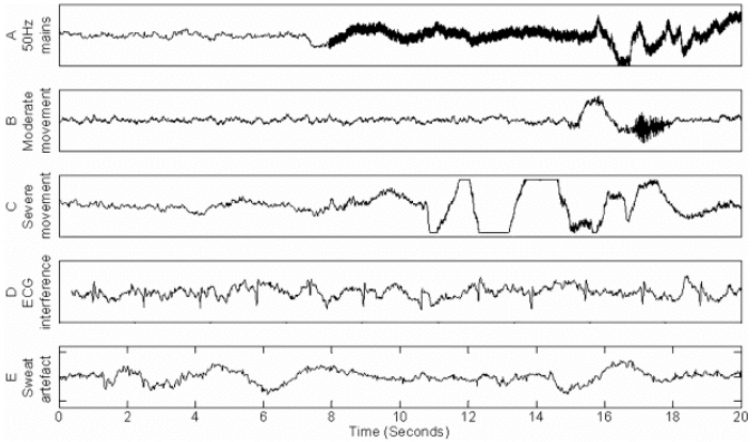
1. Re-référencement
2. Suppression de segments largement bruités
3. Suppression de dérive de basse fréquence (filtre passe-haut)
4. Détection et suppression d'artefacts



FrontalCortex.com

Artefacts





Common EEG artefacts. (A) 50 Hz mains interference appears as a thickened signal caused by superposition of 50 Hz mains waves on the EEGs. (B) Movement causes a sudden and significant deviation from the background EEG and (C) severe movement can clip the EEG. (D) ECG interference appears as a pulsed EEG, it occurs when the pulses on the ECG are superimposed on the EEG. (E) Sweat artefact is a slow drift of the baseline EEG.

Review of Artifact Rejection Methods for Electroencephalographic Systems, S Kanoga, Y Mitsukura - Electroencephalography, 2017

Plan

1 Contexte
- Musique et Neurosciences
- Méthodes en neurosciences cognitives
- Electroencéphalographie (EEG)

2 Fondements de la conception expérimentale
- Notions clés
- Types de conception expérimentale

3 Examples
- Reading time ! Cognitive Neurosciences studies
- Discussion

4 Experimental design in practice
- Practice time ! Design your own experiment
- Presentations / Discussion

5 Conclusion
- Wrap-up
- What's next ?

Notions clés

Variables

- Variable *indépendante*
- Variable *dépendante*
- *Covariée*

Groupes

- Groupe expérimental
- Groupe contrôle

Notions clés

Variables

- Variable *indépendante*
- Variable *dépendante*
- *Covariée*

Groupes

- Groupe expérimental
- Groupe contrôle

Types de conception expérimentale

Conception entre-sujets

- Chaque sujet ne participe qu'à une seule condition expérimentale
- Exemple : 2 groupes de sujets, un groupe écoute de la musique, l'autre non

Conception intra-sujets

- Chaque sujet participe à toutes les conditions expérimentales
- Exemple : chaque sujet écoute de la musique à certains moments, puis ne l'écoute pas à d'autres.

Types de conception expérimentale

Conception entre-sujets

- Chaque sujet ne participe qu'à une seule condition expérimentale
- Exemple : 2 groupes de sujets, un groupe écoute de la musique, l'autre non

Conception intra-sujets

- Chaque sujet participe à toutes les conditions expérimentales
- Exemple : chaque sujet écoute de la musique à certains moments, puis ne l'écoute pas à d'autres.

Types de conception expérimentale

Conception entre-sujets

- Chaque sujet ne participe qu'à une seule condition expérimentale
- Exemple : 2 groupes de sujets, un groupe écoute de la musique, l'autre non

Conception intra-sujets

- Chaque sujet participe à toutes les conditions expérimentales
- Exemple : chaque sujet écoute de la musique à certains moments, puis ne l'écoute pas à d'autres.

Types de conception expérimentale

Conception entre-sujets

- Chaque sujet ne participe qu'à une seule condition expérimentale
- Exemple : 2 groupes de sujets, un groupe écoute de la musique, l'autre non

Conception intra-sujets

- Chaque sujet participe à toutes les conditions expérimentales
- Exemple : chaque sujet écoute de la musique à certains moments, puis ne l'écoute pas à d'autres.

Articles

Discussion

Design your own experiment

Presentations / Discussion

Wrap-up

Et ensuite ?

Séances :

1. 16/01 matin : Neurosciences et neuromythes (D. Toquet).
   après-midi : Pratique Musicale (C. Rocher)
2. 23/01 matin : Introduction to Experimental Design (N. Farrugia).
   après-midi : Pratique Musicale (C. Rocher)
3. 30/01 Expériences EEG
4. 06/02 matin : Analyse de données EEG (N. Farrugia).
   après-midi : Pratique Musicale (C. Rocher)
5. 13/02 soir : restitution au Cabaret Vauban