

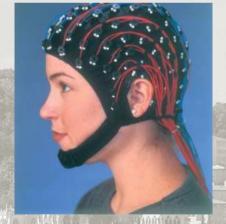


EEG et MEG: des marqueurs de la cognition aux outils thérapeutiques

Jérémie Mattout Centre de Recherche en Neurosciences de Lyon



Magnetoencéphalographie (MEG)



Electroencéphalographie (EEG)



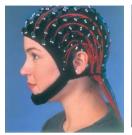
- Introduction une fenêtre unique sur la dynamique cérébrale
- I Extraire toujours plus d'information
- II Quelques applications cliniques





Institut Thématique Multi-Organismes Technologies pour la santé

Introduction







Electroencéphalographie (EEG)







Magnetoencéphalographie (MEG)

Cartes d'identité

- Né en 1924 (Hans Berger)
- Peu cher, portatif, non-invasif
- Peut être couplé avec la MEG, l'IRM ou la NIRS
- Systèmes sans fil, secs en développement

- Née en 1968 (David Cohen)
- non-invasif mais cher et non-portatif
- Peut être couplé avec l'EEG
- Systèmes à température ambiante en développement

Mesures

- Potentiel électrique
- Sensible à la géométrie et aux inhomogénéités de conductivité des tissus
- Peu sensible à l'orientation et à la profondeur des neurones

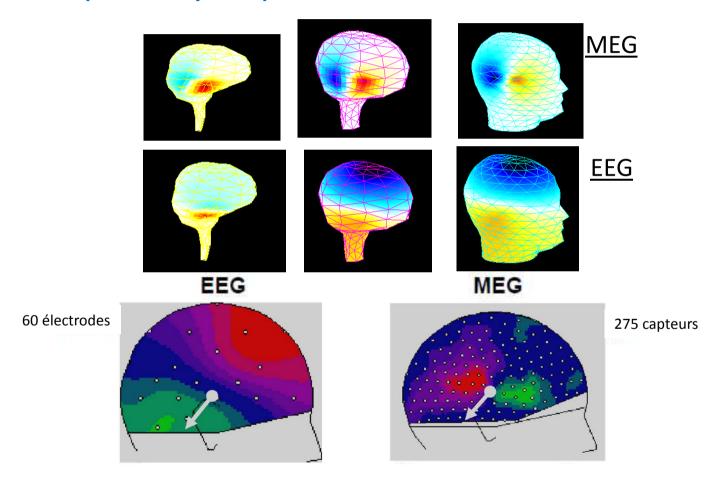
- Champ magnétique
- Largement insensible à la géométrie et aux inhomogénéités de conductivité des tissus
- Sensible à l'orientation et à la profondeur des neurones

9ème journée ITS – 21 & 22 novembre 2017 – Lyon – https://its.aviesan.fr





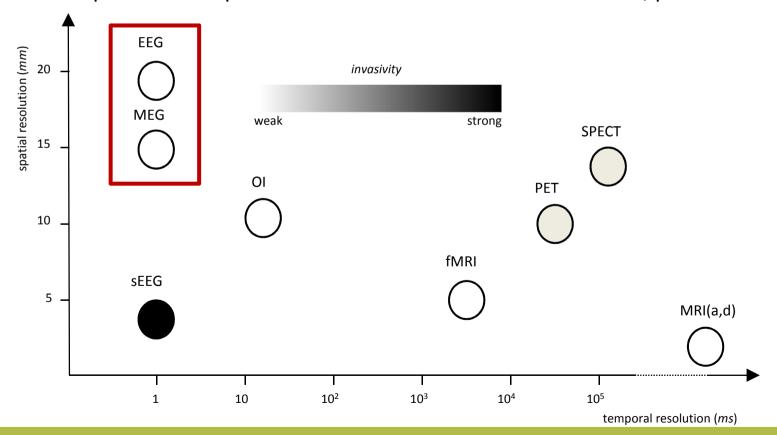
Une fenêtre unique sur la dynamique cérébrale





Une fenêtre unique sur la dynamique cérébrale

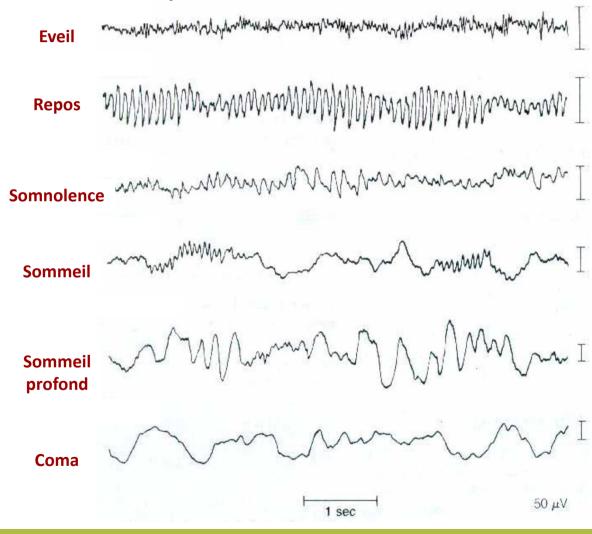
- Une mesure directe de l'activité neuronale
- Une résolution temporelle excellente, à l'échelle des processus étudiés
- Une limitation spatiale et fréquentielle dûe à une observation à distance, partielle et bruitée







Une fenêtre unique sur la dynamique cérébrale

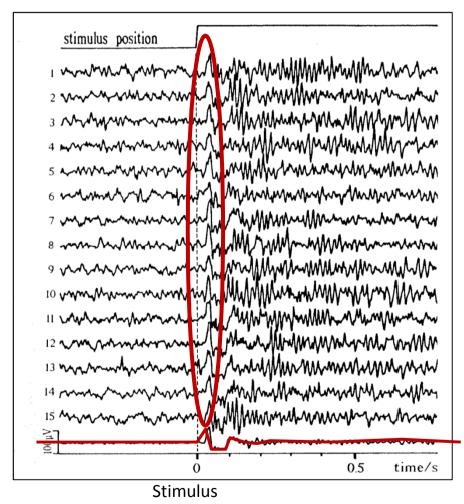


Une fenêtre unique sur la dynamique cérébrale

Les réponses évoquées

Stimulus









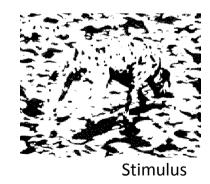
Institut Thématique Multi-Organismes Technologies pour la santé

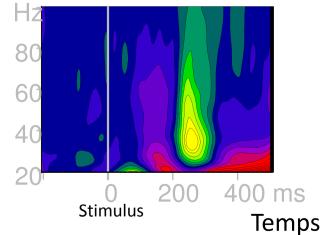
100 - 200 uV

Une fenêtre unique sur la dynamique cérébrale

- Les rythmes







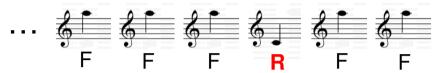
Tallon-baudry & Bertrand, 1999





1 – L'enjeu de la localisation des réseaux de neurones impliqués

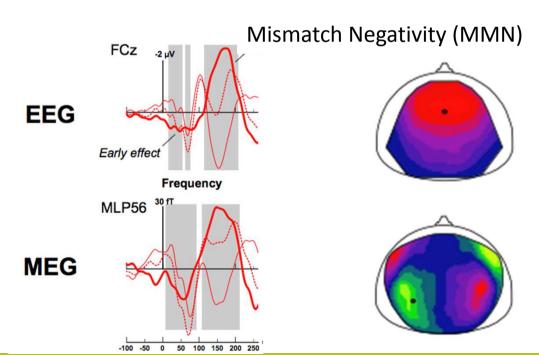
Exemple du paradigme oddball auditif



F: son Fréquent

R: son Rare

20 adultes sains enregistrées en EEG (63) et MEG (275) simultanément



Lecaignard et al. 2015





Institut Thématique Multi-Organismes Technologies pour la santé

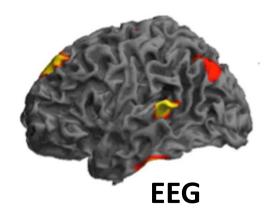
Extraire toujours plus d'information

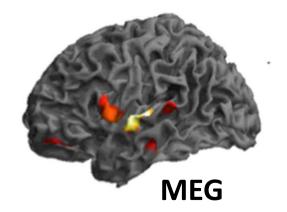
1 – L'enjeu de la localisation des réseaux de neurones impliqués

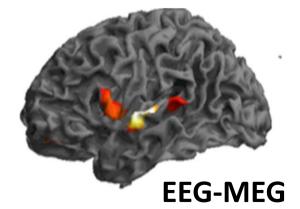
Un problème inverse mal posé!



Localisation par fusion de données







Lecaignard et al. in prep



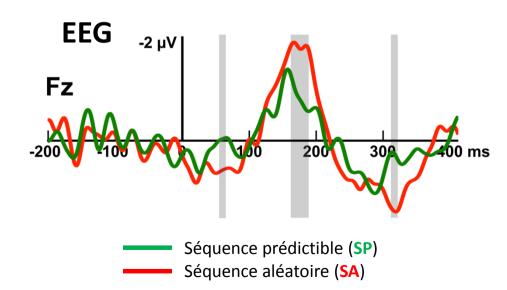


2 – De l'analyse des réponses moyennes à celle des réponses uniques

Caractériser l'apprentissage implicite de régularités dans la séquence sonore



Les réponses moyennes révèlent un effet « prédictibilité »

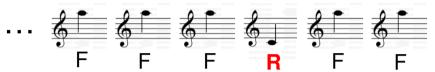


Lecaignard et al. in prep





2 – De l'analyse des réponses moyennes à celle des réponses uniques

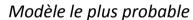


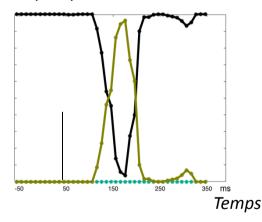
Les réponses uniques révèlent le processus d'apprentissage

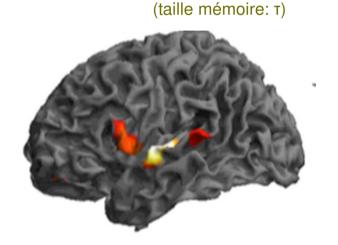
— H0: Bruit

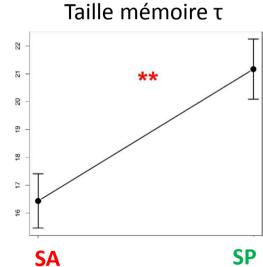
H1: Simple détection

— H2: Modulation par l'historique des sons







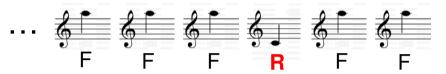


- H2 prédomine à la latence de la MMN
- La taille mémoire s'ajuste au contenu informationnel

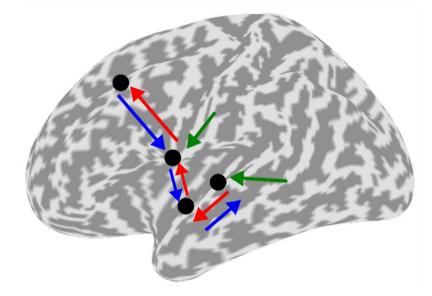
Lecaignard et al. in prep

3 - Inférer la connectivité fonctionnelle

Caractériser les interactions causales entre aires cérébrales

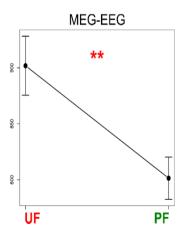


Modèle causal dynamique des réponses moyennes



Connections « montantes »
 Connections « descendantes »
 Entrées sensorielles

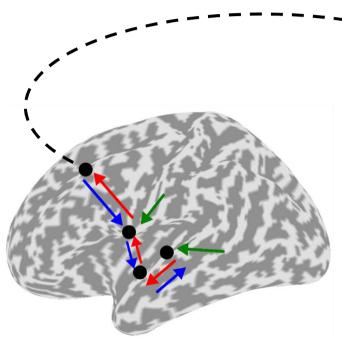
Estimation des modulations de connectivité « descendante »



L'inhibition est moins forte dans le cas prédictible

Lecaignard et al. in prep

4 - Le « microscope mathématique »



Entrées sensorielles

Canonical Microcircuit in each source Superficial Inhibitory pyramidal interneuron Spiny stellate Deep Backward connections pyramidal

En combinant modélisation et manipulation pharmacologique -> test d'hypothèse à l'échelle micro

Connections « montantes » Connections « descendantes » (ex. effet de la galantamine sur la précision accordées aux entrées modulation cholinergique, qui engendre augmentation des réponses évoquées)

Moren et al. 2013



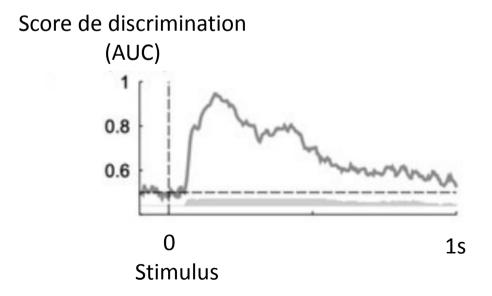


5 - Le décodage de l'information

Décoder l'information présente dans le stimulus à partir de l'activité cérébrale à l'aide d'approches de classification supervisées

- -> Pour révéler la dynamique temporelle du codage de l'information
- -> Pour révéler l'effet de la manipulation expérimentale sur ce codage (ex. perception consciente vs. inconsciente)

Le temps t prédit le temps t



Dehaene & King 2016

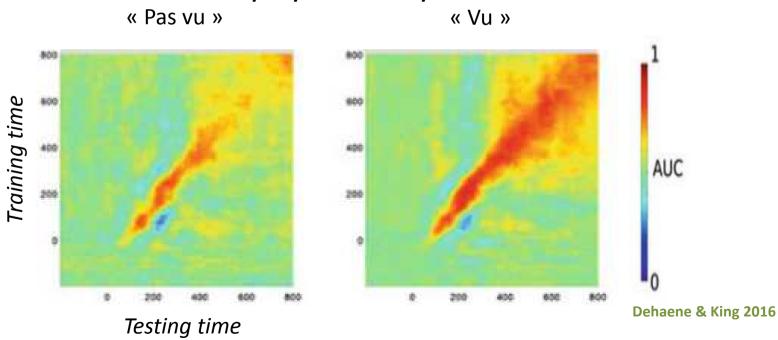


5 - Le décodage de l'information

Décoder l'information présente dans le stimulus à partir de l'activité cérébrale à l'aide d'approches de classification supervisées

- -> Pour révéler la dynamique temporelle du codage de l'information
- -> Pour révéler l'effet de la manipulation expérimentale sur ce codage (ex. perception consciente vs. inconsciente en MEG)

Le temps t prédit le temps t'



II - Quelques applications cliniques





1 – MEG et épilepsie

Objectif

Localiser le foyer épileptogène dans le cadre d'un bilan pré-chirurgical

A la MEG du CERMEP à Lyon (Claude Delpuech):

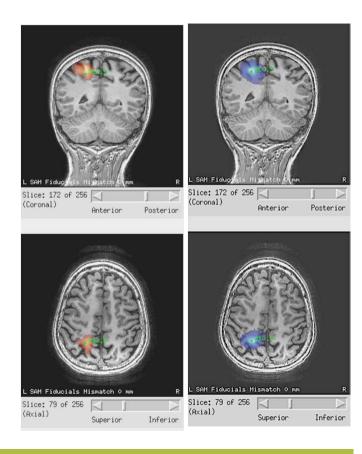
- 270 patients en 5 ans
- Enregistrements au repos (~40 mn)
- Analyses & compte-rendu médical (~1h)

Méthode

- Détection des pointes inter-critiques
- Localisation des sources des pointes
- Analyse de l'étendue de la localisation et de sa stabilité

Impact

- Guide l'implantation d'électrodes profondes
- Repérage éventuel d'une anomalie anatomique (IRM)





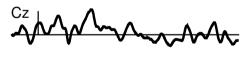


2 - EEG et états de conscience altérée

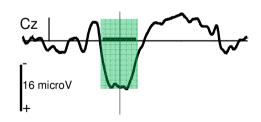


La MMN et la réponse au Propre prénom sont de bons prédicteurs de la sortie de coma

n = 50 patients



Patients sans **réponse 76% toujours dans le coma après 3 mois**



Patients avec réponse au **Propre prénom 81% sortis du coma au cours des 3 premiers mois**

Morlet & Fischer 2014





3 - EEG et interfaces cerveau-machine

Restaurer une communication

Projets OpenViBE & Co-Adapt (ANR)









3 - EEG et interfaces cerveau-machine

Rééduquer l'attention

Projet Mind Your Brain (FUI)











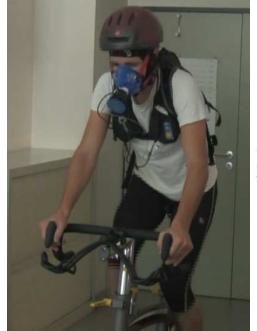


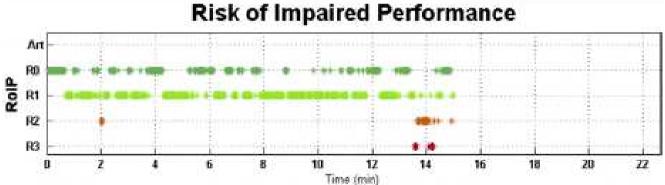
3 - EEG et interfaces cerveau-machine

Monitorer / Prévenir

Projet RAPID (DGA)











Conclusion

- Des techniques de pointe, essentielles en Neurosciences fondamentales et cliniques
- Des outils qui s'améliorent constamment, au niveau de la mesure comme du traitement des données

Remerciements



Olivier Bertrand
Romain Bouet
Anne Caclin
Julien Jung
Emmanuel Maby
Dominique Morlet



Sébastien Daligault Claude Delpuech Françoise Lecaignard