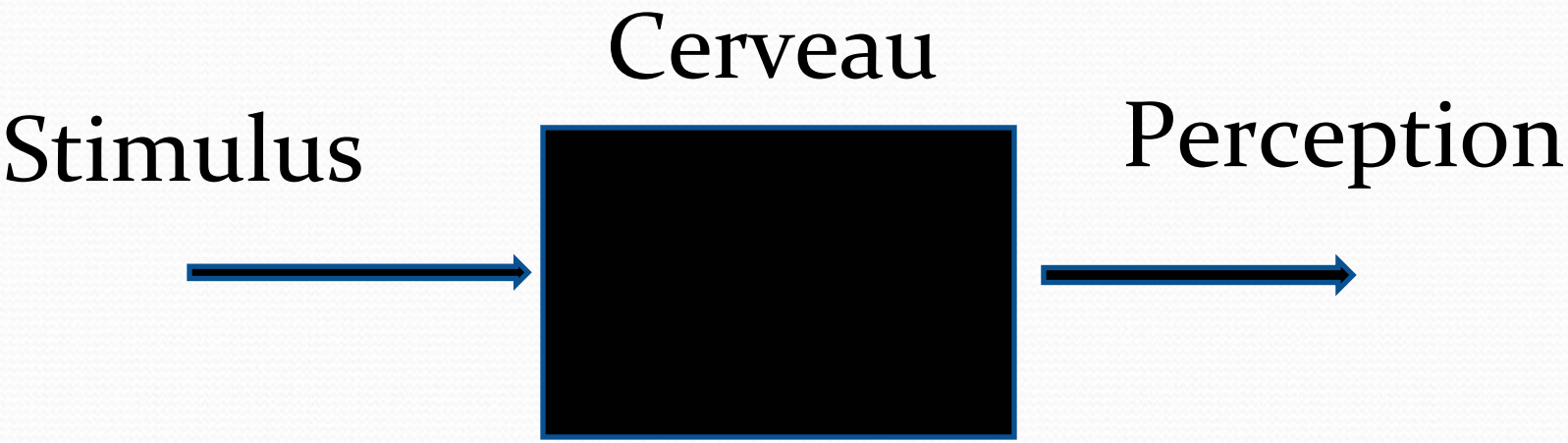
Bases neurales de la perception

BLEYER Jérémy ERNOULT Marc BRANGER Frédéric

Approche Boîte Noire



Algorithme/Fonction de Transfert

Deux énigmes en Neurosciences :

- Activité spontanée du cerveau
- Variabilité des réponses coup sur coup aux mêmes stimuli

- De nouvelles recherches tentent d'opérer un lien entre les deux

Nouvelle approche

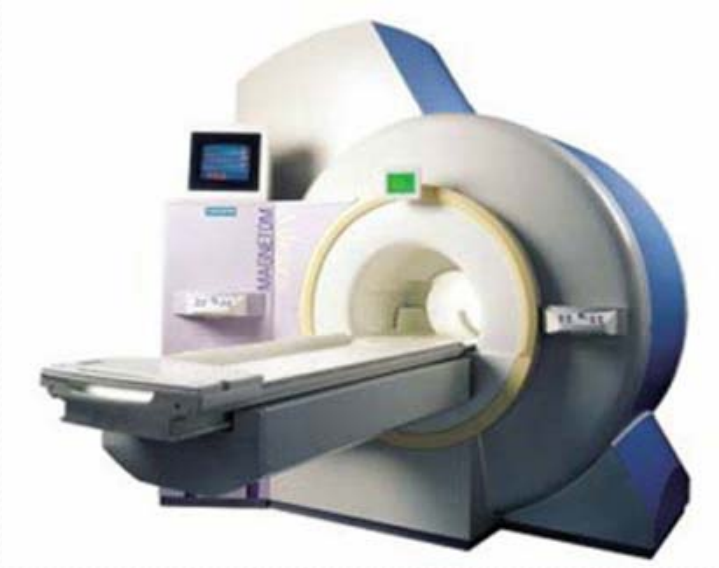
- Le cerveau est considéré comme un système dynamique autonome, lui-même source de ses déterminations.

- Le stimulus induit une perturbation du système dynamique.

Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (fMRI)

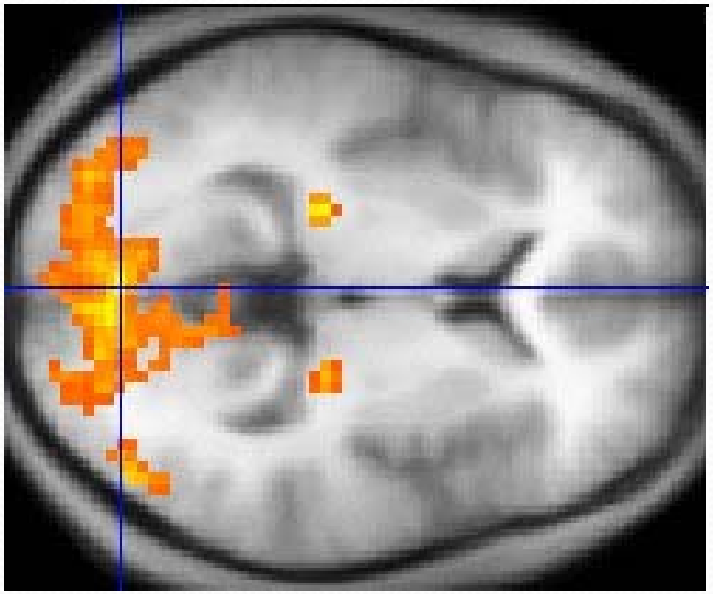
- But: Voir l'activité du cerveau « en temps réel »
- Principe:
  - Hémoglobine oxygénée diamagnétique
  - Hémoglobine désoxygénée paramagnétique
  - Effet BOLD: afflux sanguin important pendant une activité neuronale

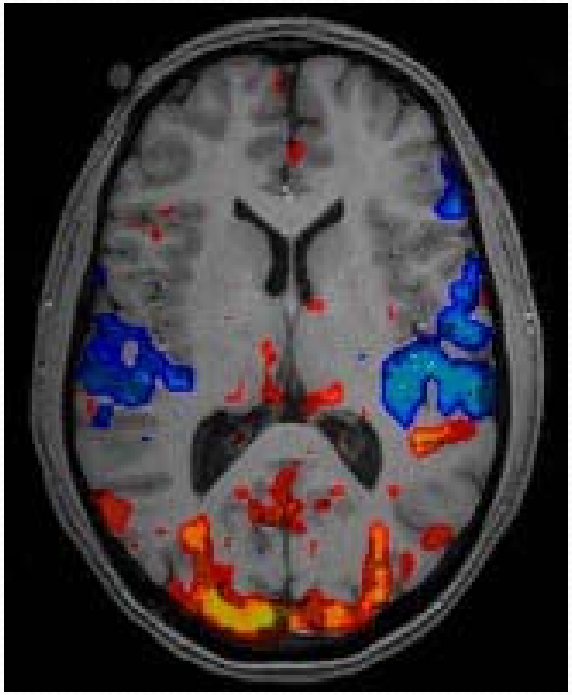
Les régions actives ont une plus forte susceptibilité magnétique.



Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (fMRI)

- Les zones colorées en rouge sont les zones d'activité plus forte



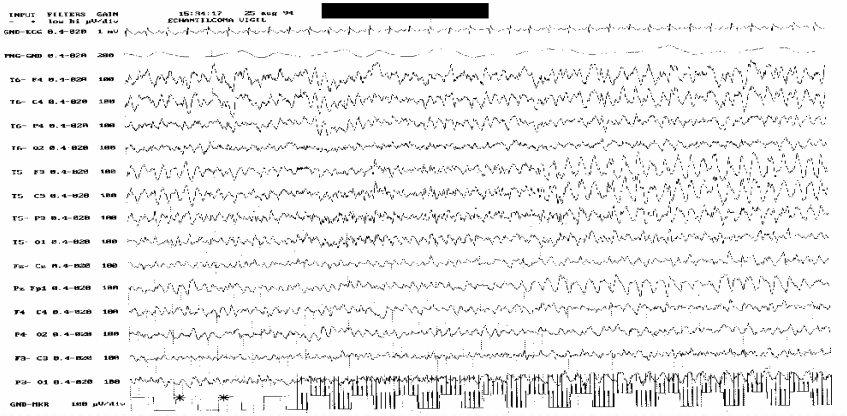


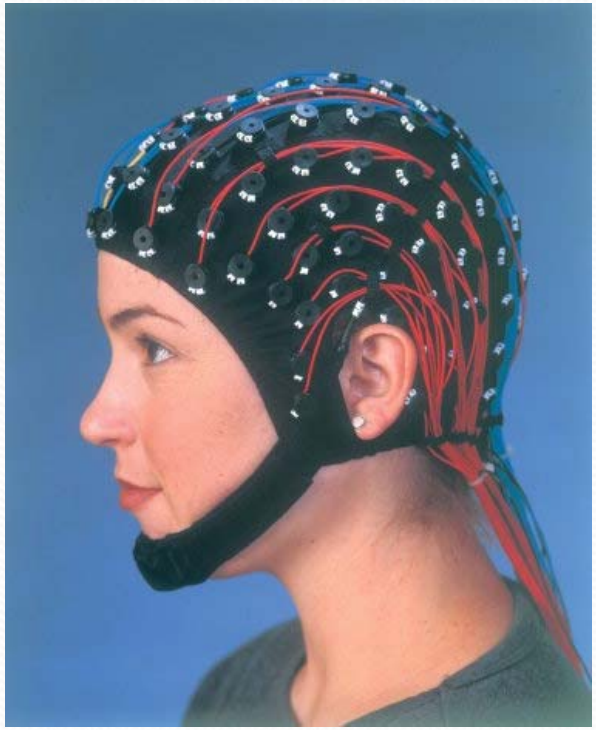
Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (fMRI)

- Avantages:
  - Bonne résolution spatiale
  - Non invasif
  - Vision de l'ensemble du cerveau
- Inconvénients:
  - Mauvaise résolution temporelle (env 5s)
  - Interprétation délicate
  - Bruyant

Electroencéphalogramme (EEG)

- On mesure l'activité électrique du cortex au moyen d'électrodes placées sur le crâne.
- Ordre de grandeurs
  - Rythmes alpha: 8-12 Hz (repos)
  - Rythmes beta: 12-30Hz (activité)





Electroencéphalogramme (EEG)

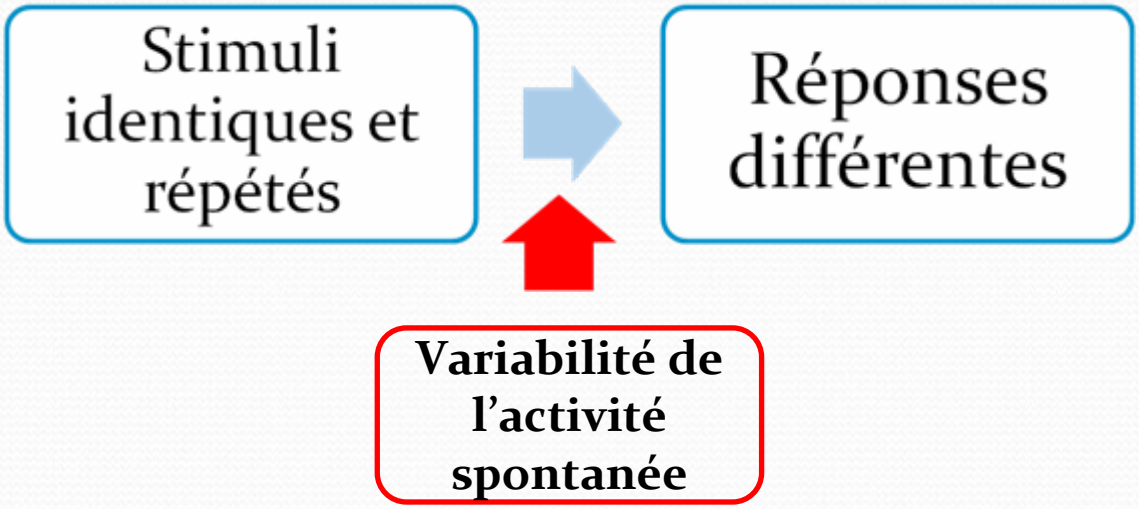
- Avantages:
  - Bonne résolution temporelle (jusqu'à 100 Hz)
  - Non invasif
  - Non bruyant
- Inconvénients:
  - On ne mesure que l'activité surfacique (problème inverse)
  - On ne mesure que l'activité électrique des dendrites orientées radialement au cuir chevelu

Influence de l'activité spontanée sur le processus de perception

Spontaneous local variations in ongoing neural activity bias perceptual decisions,

Hesselmann, G., Kell, C. A., Eger, E. and Kleinschmidt, A. (2008)

Observations



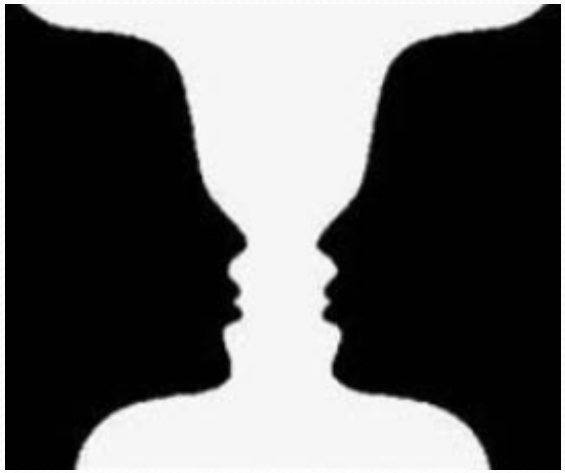
Problématique

- Conséquences sur la perception
- Nature du lien : attention ?

Protocole

But = identifier la nature du lien entre activité pré-stimulus et post-stimulus

12 sujets
1 stimulus visuel = image ambiguë

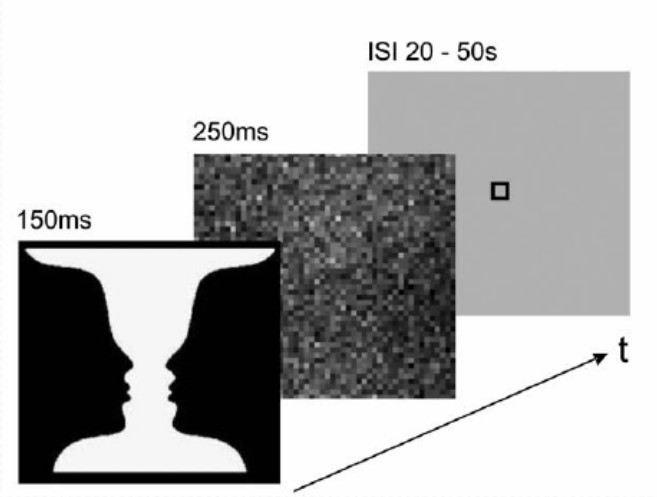


Vase/visages de Rubin

Protocole

But = identifier la nature du lien entre activité pré-stimulus et post-stimulus

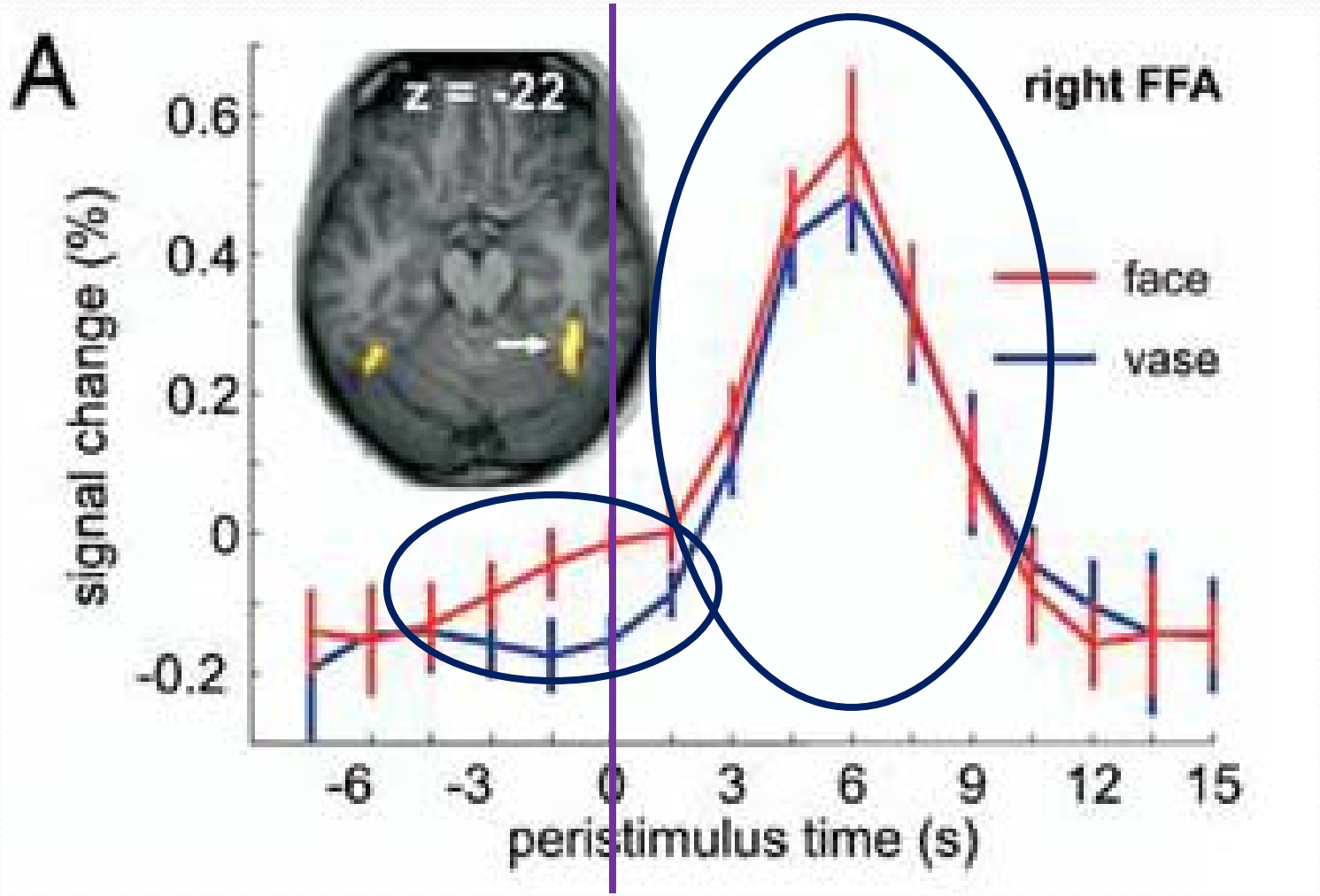
12 sujets
1 stimulus visuel = image ambiguë



Projection très brève : 150 ms
Intervalle entre chaque essai variable : 20 à 50 s

Mesure de l'activité cérébrale par imagerie à résonnance magnétique en différentes zones

Existence de zones de l'aire visuelle dédiées à la reconnaissance de visage (FFA)



STIMULUS

Interprétation

Perception des visages ⇔ activité FFA pré-stimulus plus importante

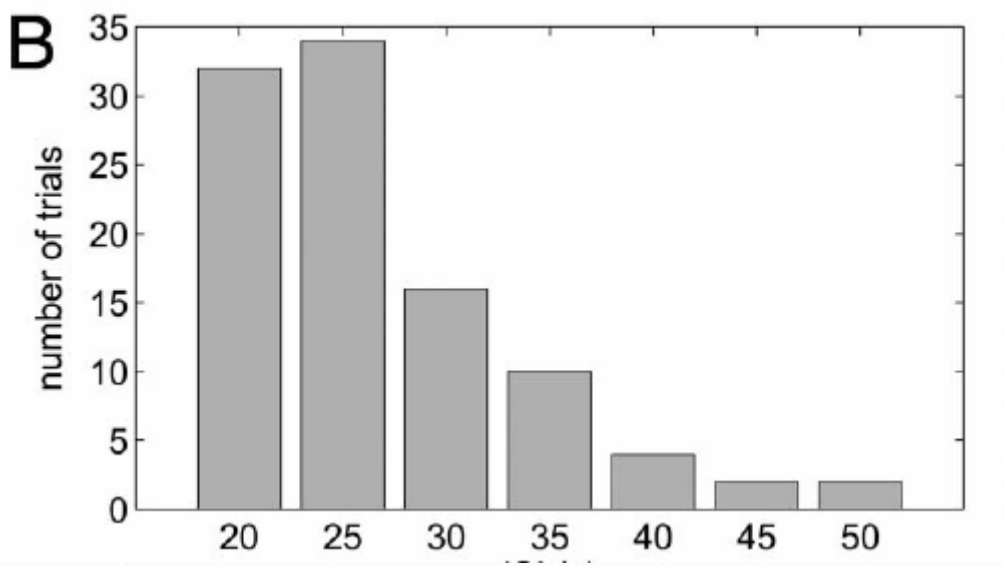
État de l'activité spontanée influence la prise de décision

MAIS…

- activité spontanée ?
- autres zones ?
- spécificité temporelle ?

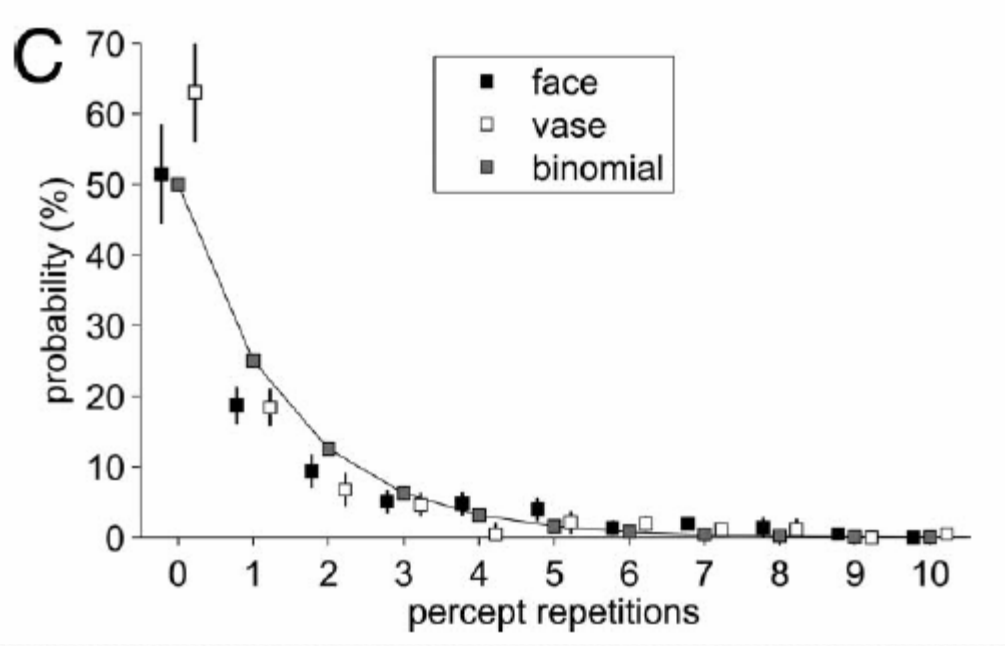
Activité spontanée

- répartition aléatoire des intervalles entre les stimuli
- répétition des réponses
- désactivation au stimulus de zones actives lors des phases de repos



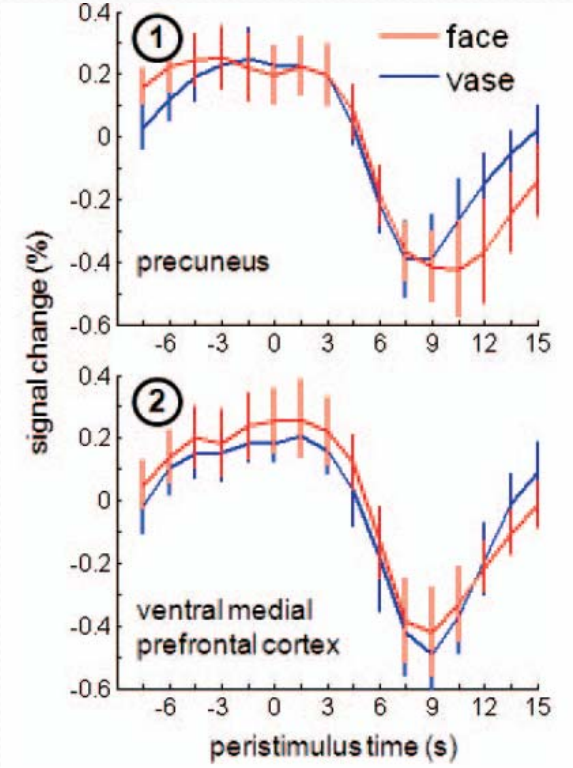
Activité spontanée

- répartition aléatoire des intervalles entre les stimuli
- répétition des réponses
- désactivation au stimulus de zones actives lors des phases de repos



Activité spontanée

- répartition aléatoire des intervalles entre les stimuli
- répétition des réponses
- désactivation au stimulus de zones actives lors des phases de repos



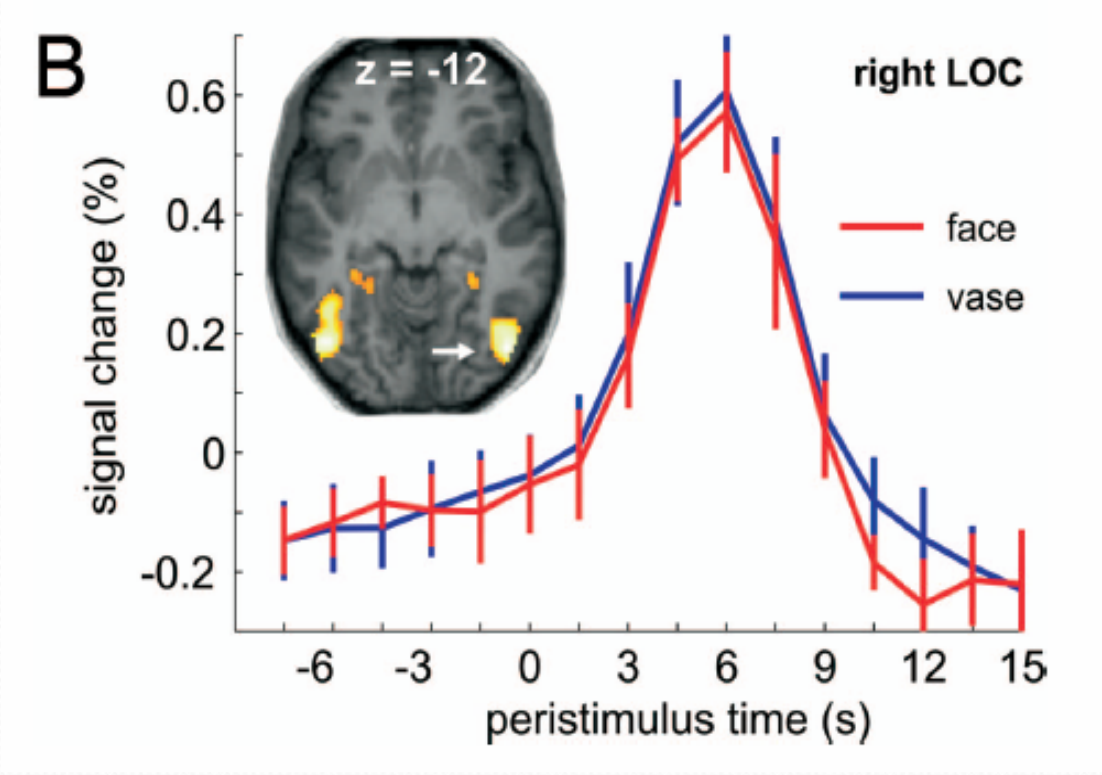
Activité spontanée

- répartition aléatoire des intervalles entre les stimuli
- répétition des réponses
- désactivation au stimulus de zones actives lors des phases de repos

Entre chaque stimulus = état de repos, effet provient d'une activité spontanée indépendante de l'essai réalisé

Spécificité spatiale de l'effet

Lateral Occipital Complex (LOC) : reconnaissance d'objets

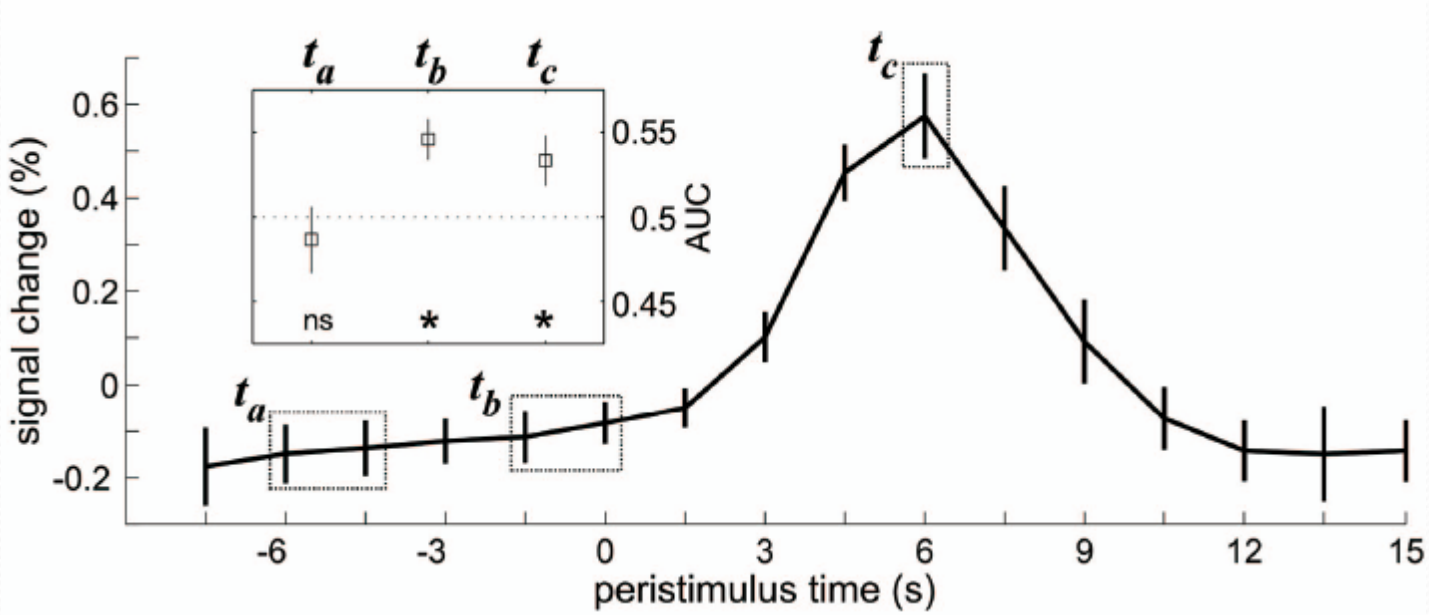


Pas d'effet symétrique => processus complexe, pas localisé

Spécificité temporelle de l'effet

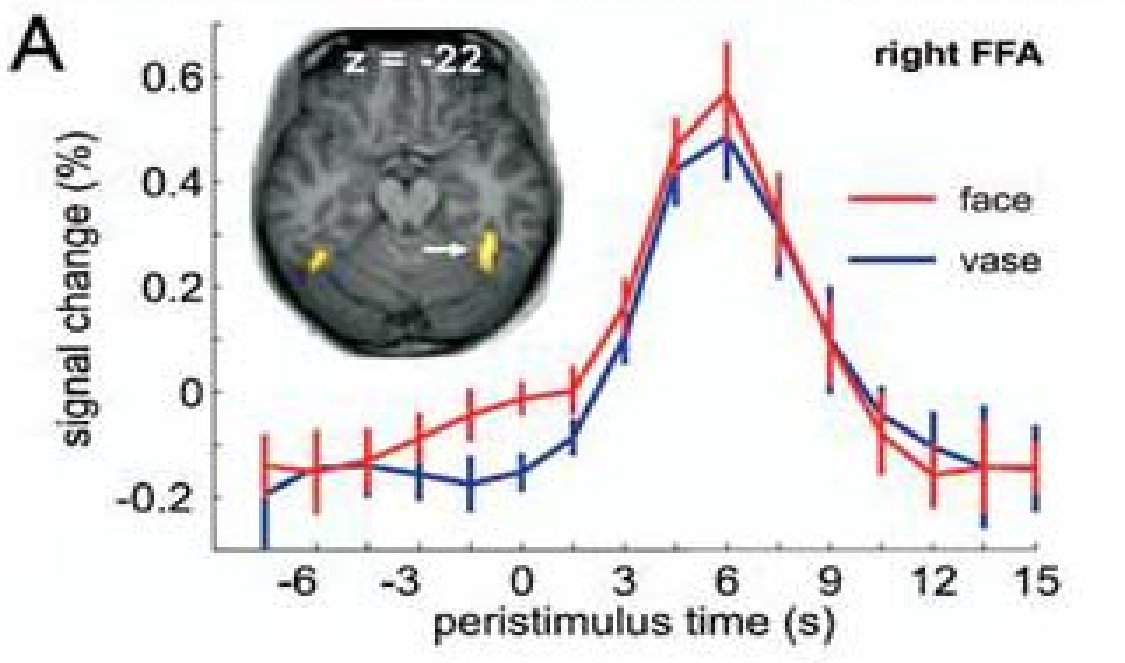
À partir de quel moment l'activité spontanée influence-t-elle la prise de décision ?

3 instants de comparaison : t_a, t_b, t_c



Interaction entre t_b et t_c mais pas t_a : prise de décision dépend de l'activité précédant immédiatement le stimulus

Cependant…



Pas de superposition entre l'activité spontanée et le signal du stimulus (différence face-vase pas propagée) => **interaction non-linéaire**

Conclusion

niveau d'activité spontanée antérieur au stimulus influence la prise de décision

… mais origines physiologiques non expliquées

- processus complexe : interaction non-linéaire
- prise en compte d'ondes lentes, d'ondes rapides déterminant le comportement de l'activité spontanée
- nécessité de reconsidérer les modèles neuraux de la perception

Fluctuations ultra-lentes de l'activités cérébrale et dynamique de la perception

Very Slow EEG Fluctuations Predict the Dymanics of stimulus detection and oscillation amplitudes in humans,

Monto, S., Palva, S., Voipio, J. and Palva J. M. (2008)

Observations

- Des fluctuations ultra-lentes sont observables dans les performances psychophysiques des êtres humains.
- Il existe des fluctuations ultra lentes de l'activité cérébrale.

Problématique

Ces deux types de fluctuations sont elles corrélées?

Description de l’expérience

- Une électrode est placée sur l'index droit
- Un dispositif d'électroencéphalographie enregistre l'activité cérébrale.
- Lors qu'il reçoit une décharge via l'électrode, il doit plier le pouce.
- Des capteurs de mouvement sont placés sur le pouce afin d'enregistrer la réponse.

Protocole

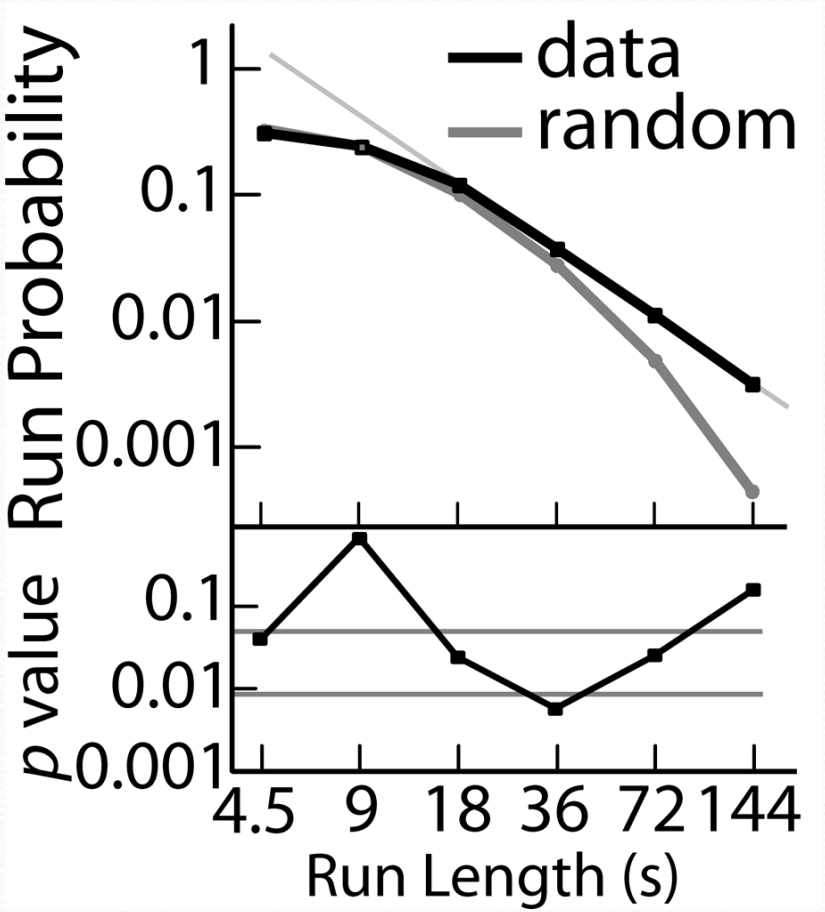
Excitations de l'index par des décharges

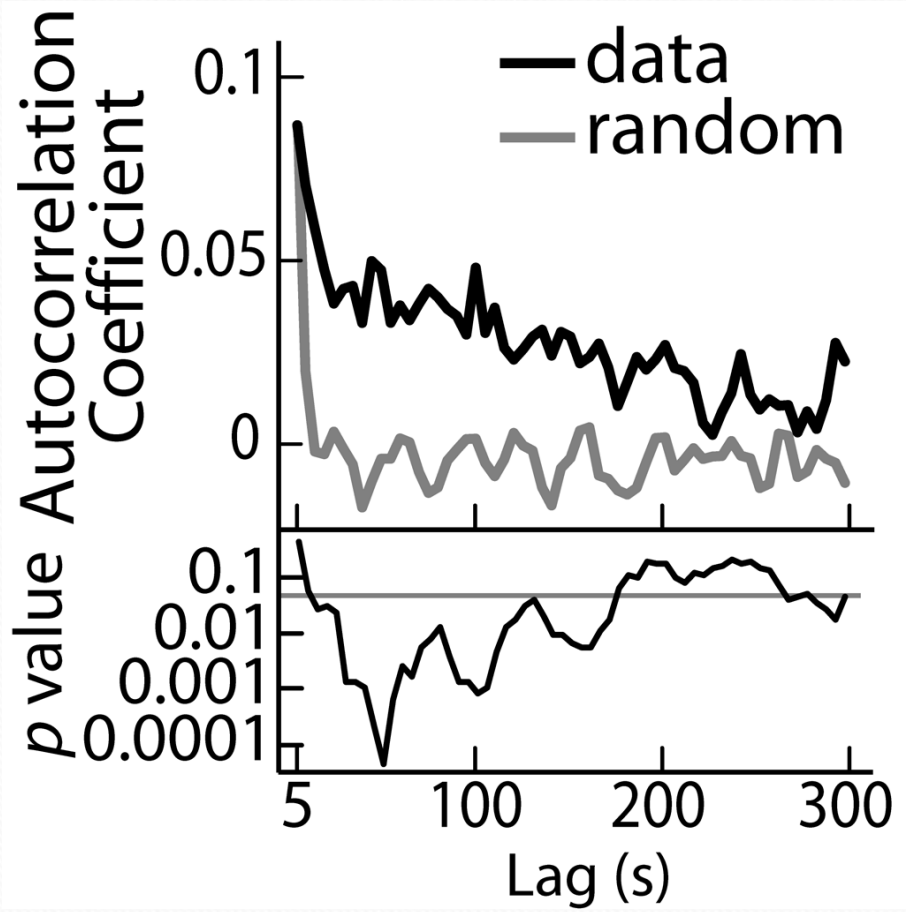
- À la limite du perceptible
- Éloignées d'une durée aléatoire comprise entre 1,5 et 4,5 s

On enregistre alors en même temps son activité cérébrale et le mouvement de son pouce.

Observations

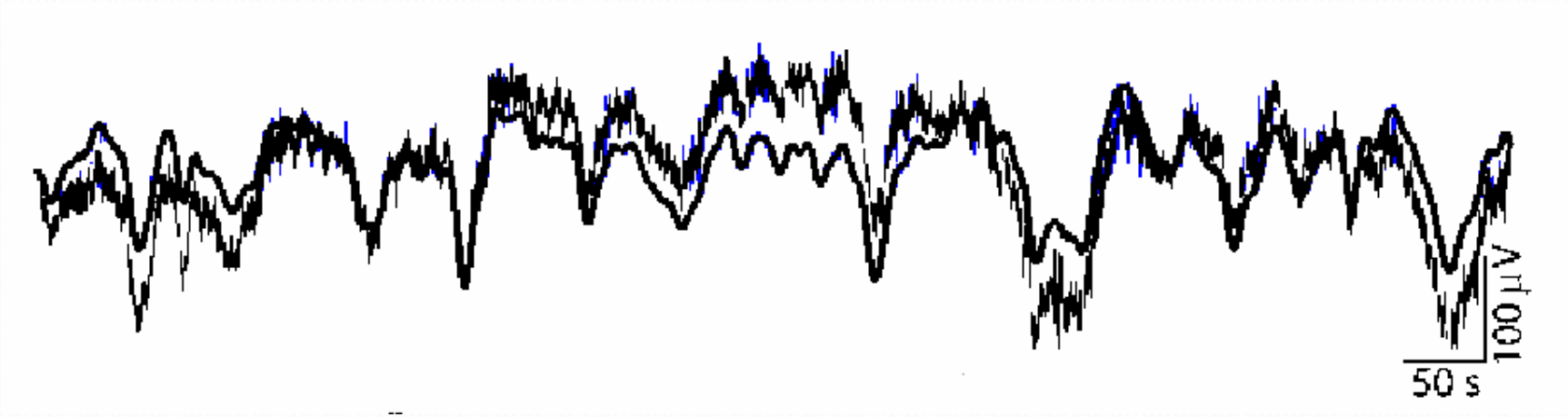
Run : série de résultats similaires consécutifs



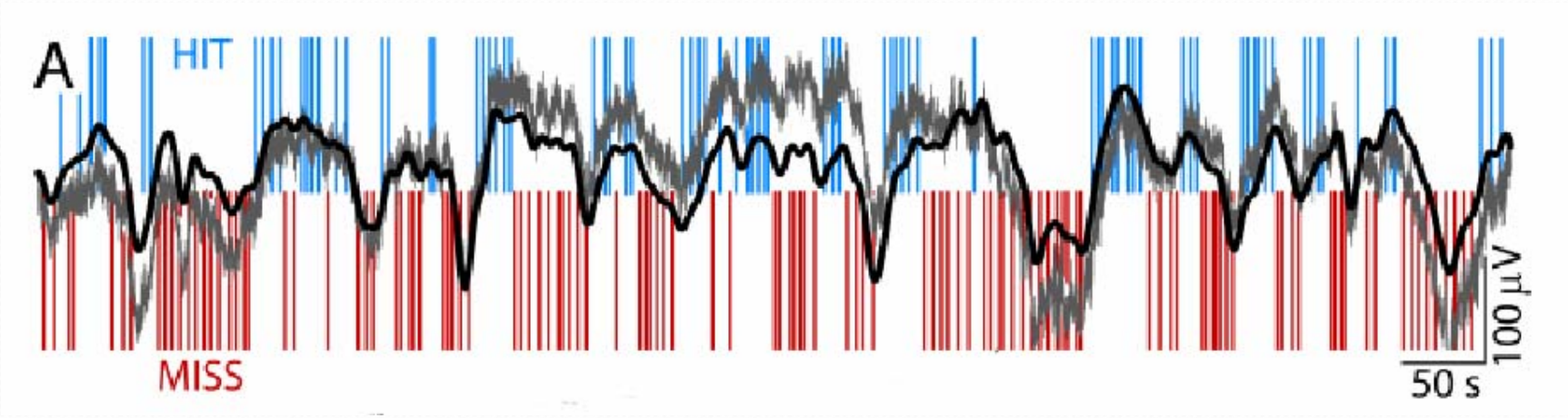


Auto-corrélation entre les résultats successifs

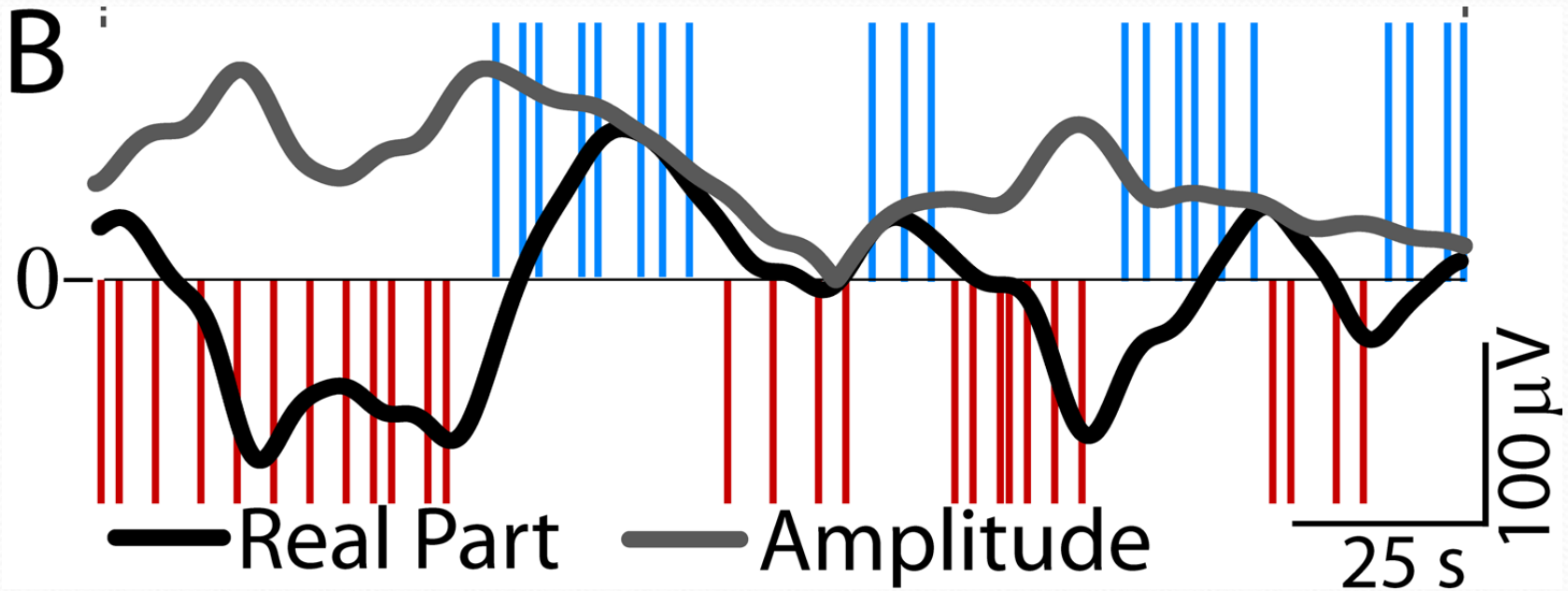
Fluctuations ultra-lentes de l'attention



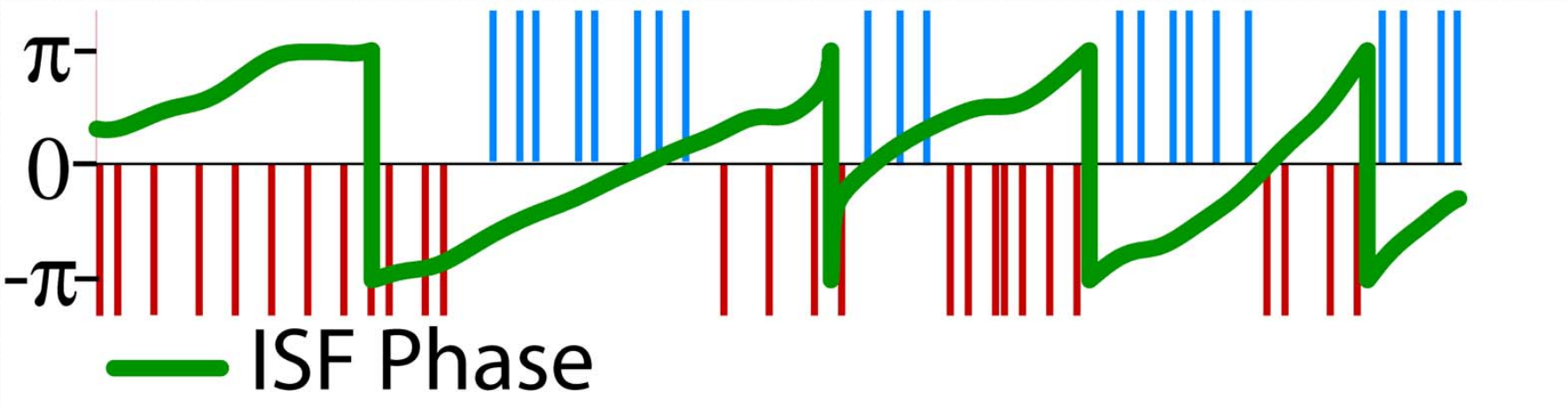
Fluctuations ultra-lentes de l'activité cérébrale parfaitement visible même sur un sujet en activité



A priori la corrélation n'est pas évidente



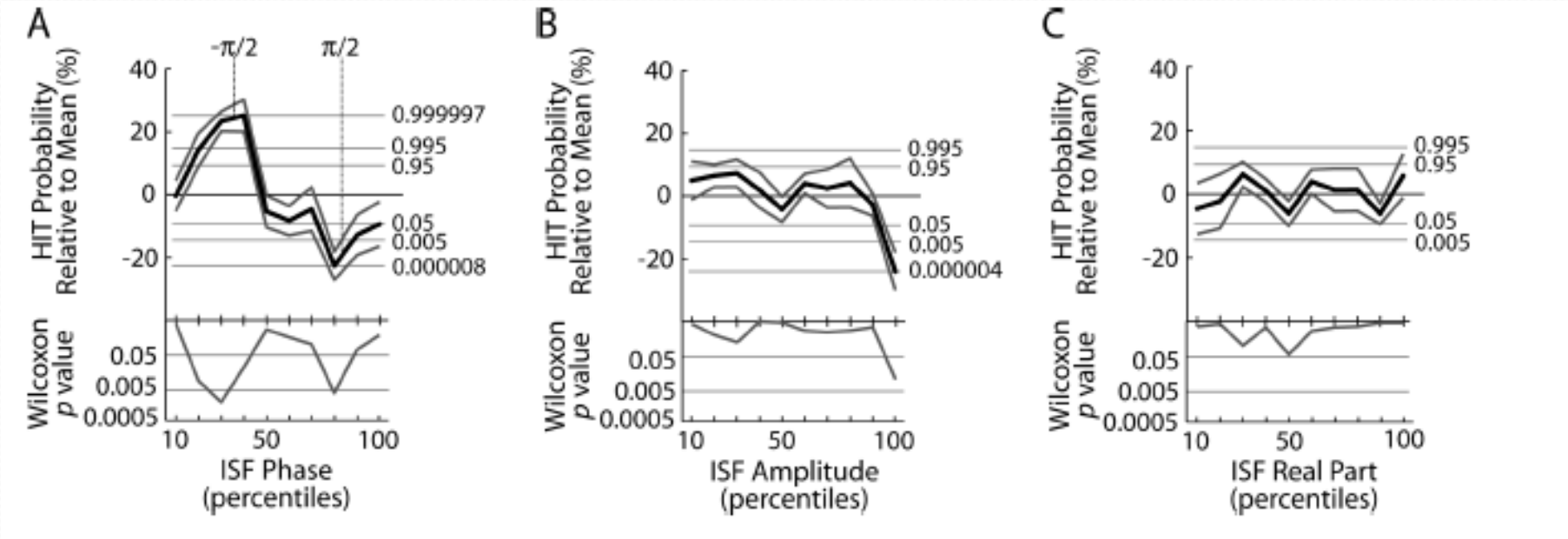
A priori la corrélation n'est pas évidente



$- \pi / 2 < \phi < + \pi/2$ → Réussite

$|\phi| > \pi/2$ → Echec

De plus :



L'amplitudes des oscillations alpha et béta (8 à 30 Hz) est reliée à la phase des fluctuations ultra-lentes

Conclusion

- il existe vraiment des fluctuations très lentes de l'activité cérébrale (<1Hz) même chez l'humain en activité
- la phase de ces fluctuations est corrélée avec la performance de détection
- l'amplitude des signaux 1-40 Hz est corrélée avec la phase des fluctuations ultra-lentes