

Méthodologie d'analyse des synchronisations neuronales dans les signaux EEG à l'aide de graphes d'informations temps-fréquence

Montaine Bernard

Laboratoire SIC
Université de Poitiers

30 novembre 2006



Problématique actuelle

Meilleure compréhension du fonctionnement cérébral

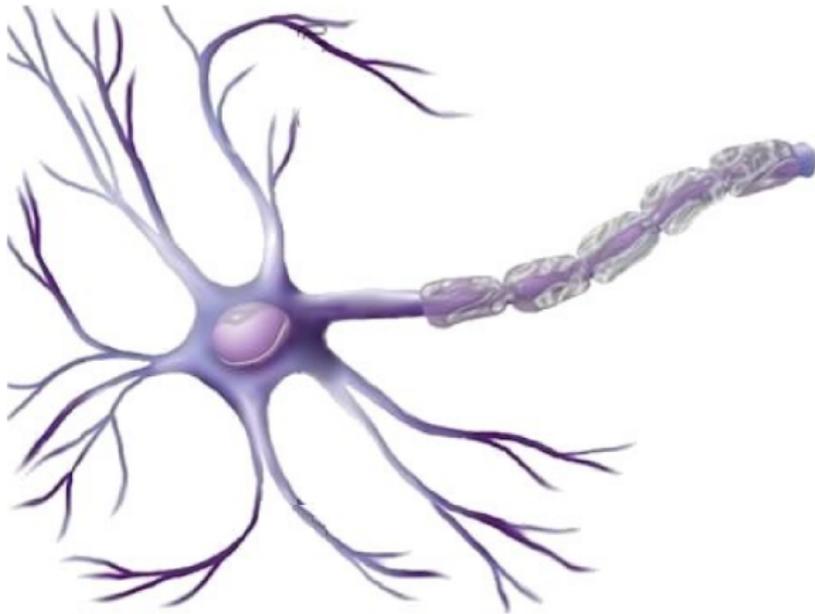
➡ Relier l'analyse physiologique à l'analyse cognitive



Collaboration

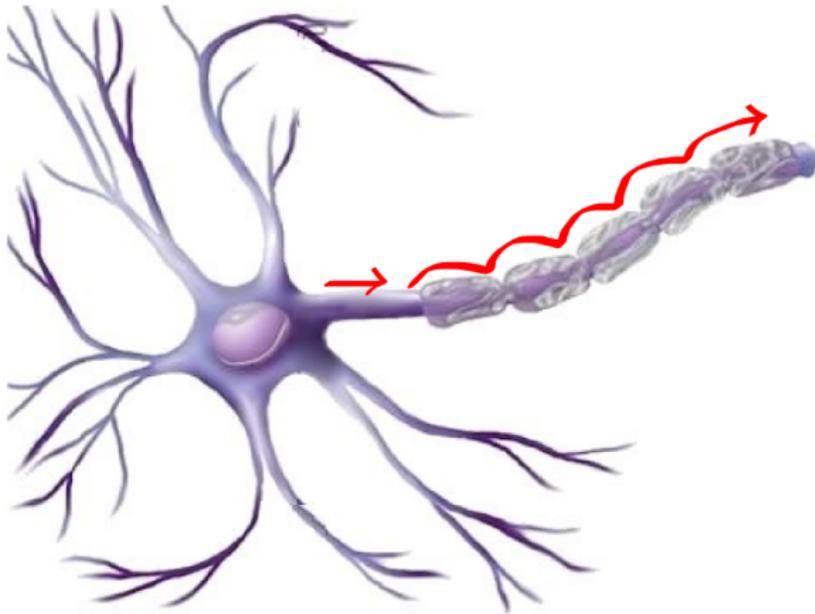
- Équipe ICONES, Laboratoire SIC
- Service de neurophysiologie clinique, CHU Poitiers

Le neurone



Le neurone

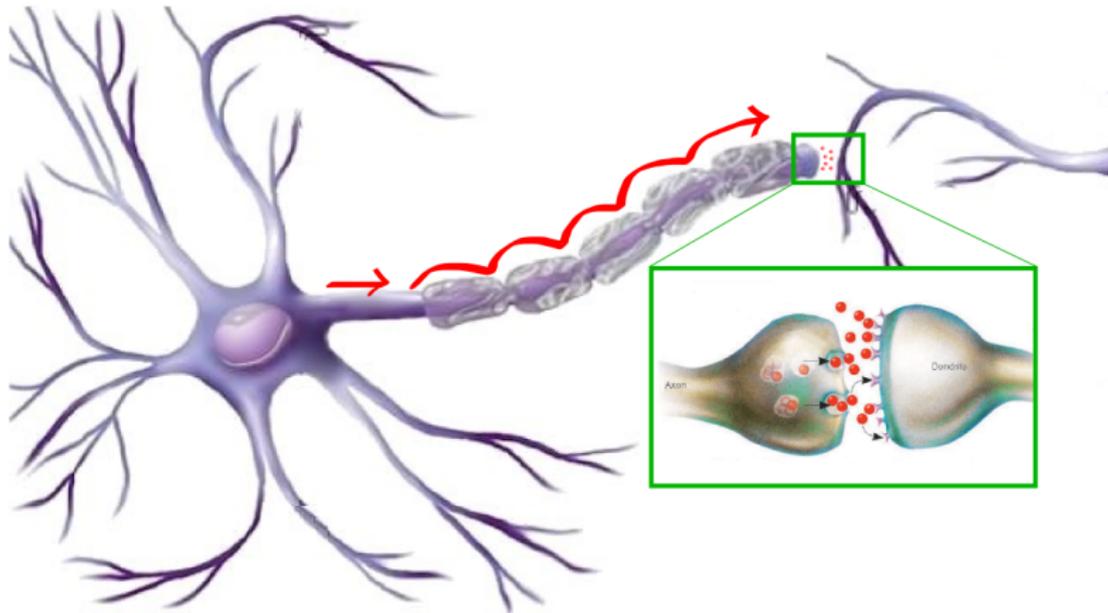
Le neurone



Le neurone

Le potentiel d'action

Le neurone

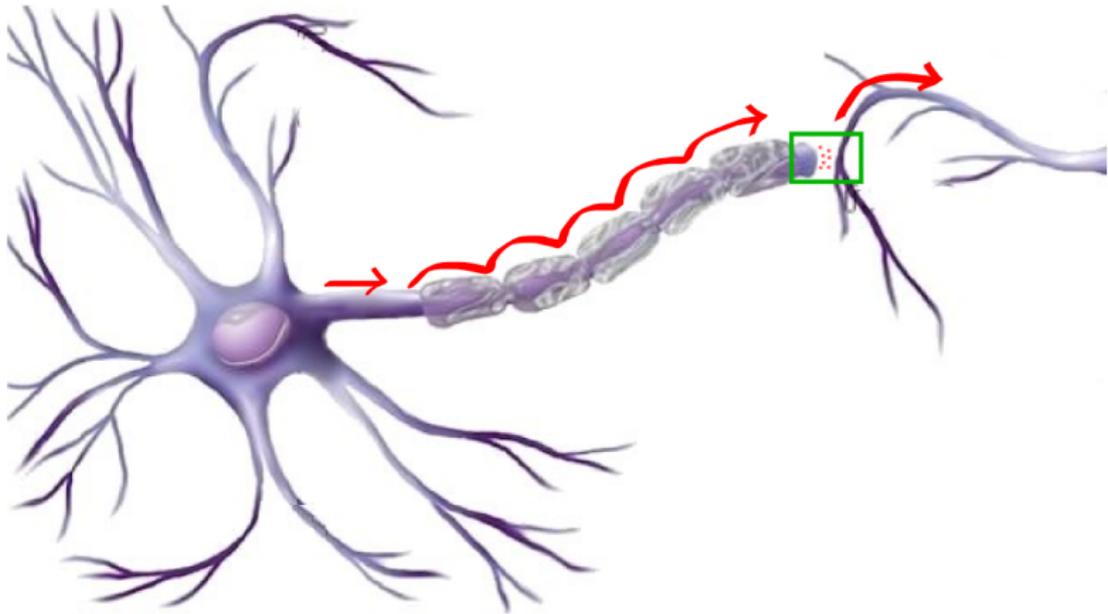


Le neurone

Le potentiel d'action

La synapse

Le neurone



Le neurone

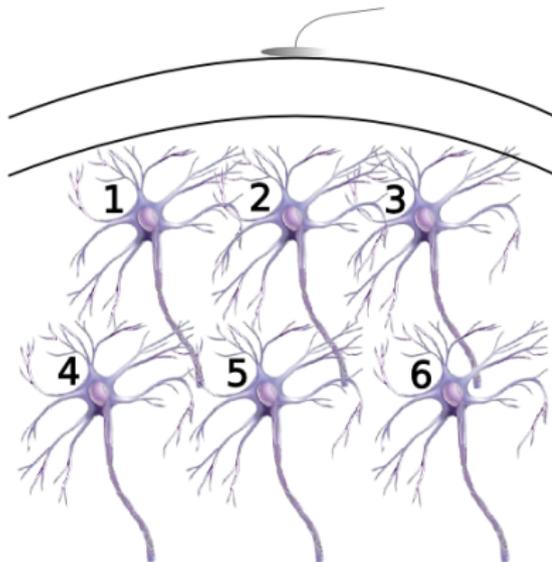
Le potentiel d'action

La synapse

La population neuronale

EEG = ElectroEncéphaloGramme

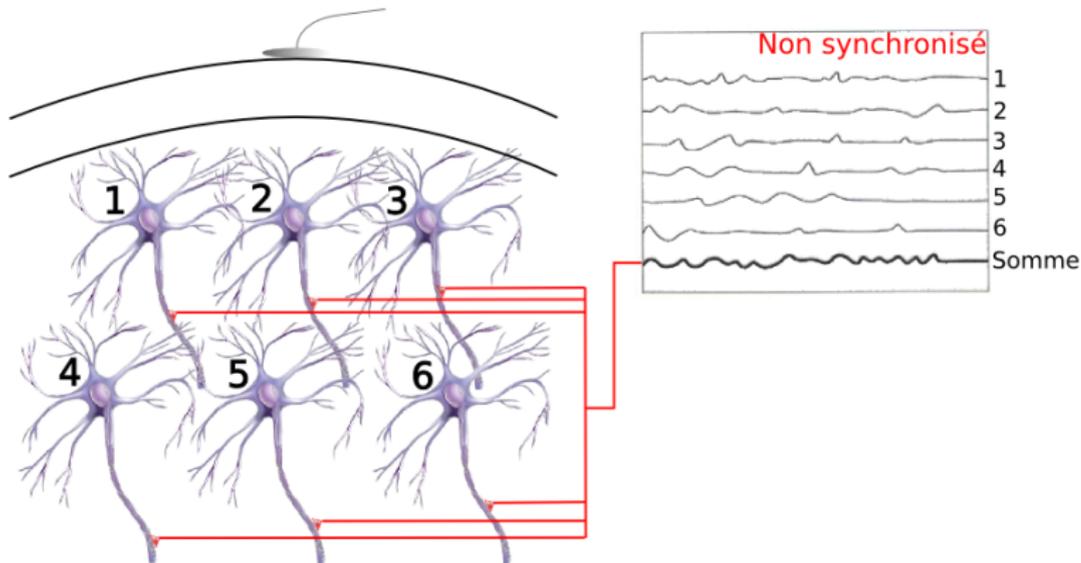
Mesure de l'activité électrique cérébrale à la surface du cuir chevelu



La population neuronale

EEG = ElectroEncéphaloGramme

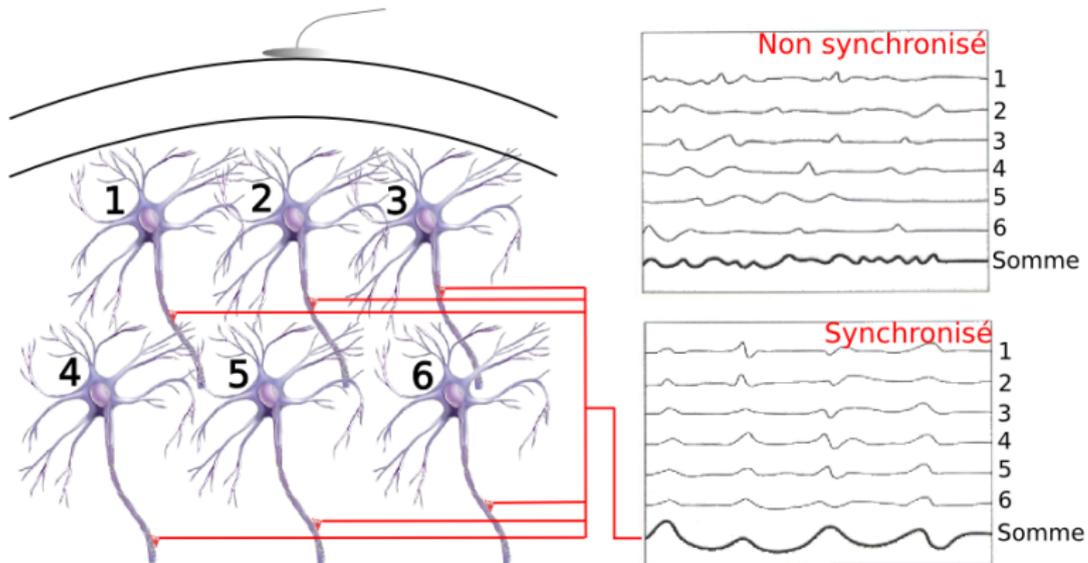
Mesure de l'activité électrique cérébrale à la surface du cuir chevelu



La population neuronale

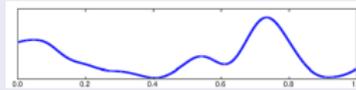
EEG = ElectroEncéphaloGramme

Mesure de l'activité électrique cérébrale à la surface du cuir chevelu

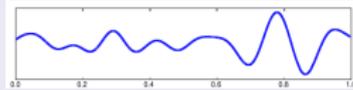


La population neuronale

Delta $< 4\text{Hz}$

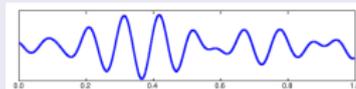


Theta $4 - 7\text{Hz}$



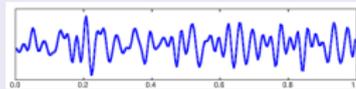
Sommeil

Alpha $8 - 13\text{Hz}$

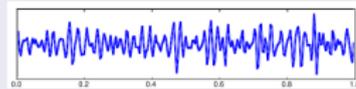


Repos

Beta $13 - 25\text{Hz}$

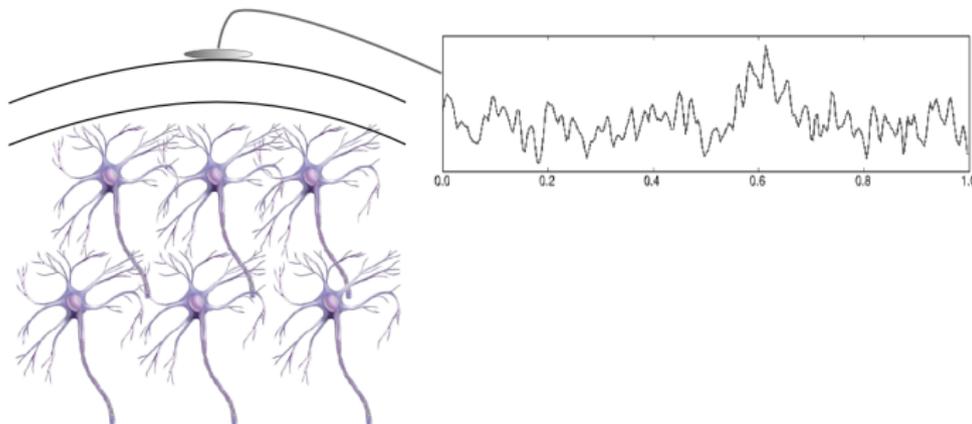


Gamma $\approx 40\text{Hz}$



Activité

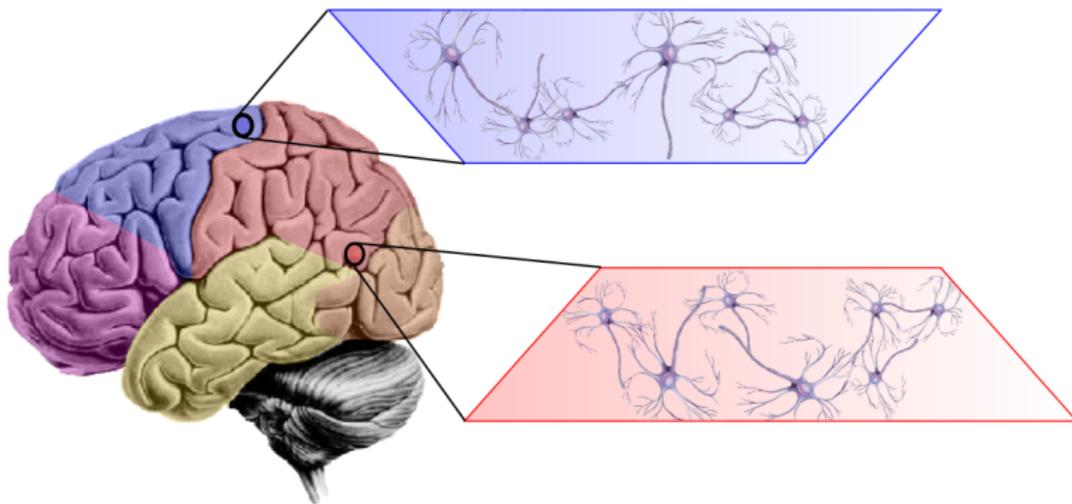
La population neuronale



EEG Brut

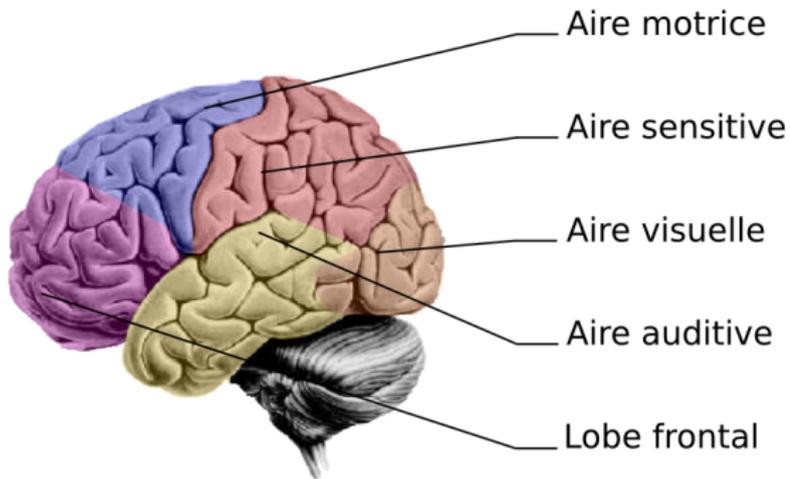
- d'amplitude 0 – 100 μ V
- composé de différents rythmes
- pas de stabilité temporelle

Les aires corticales



Organisation spatiale fonctionnelle

Les aires corticales



Organisation spatiale fonctionnelle

Deux niveaux d'intégration des informations

Intégration locale

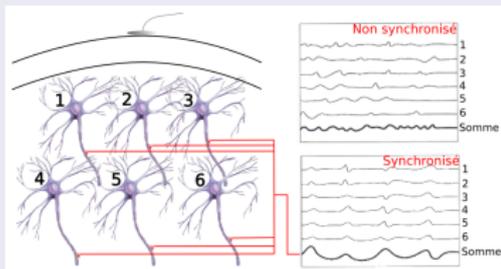
Texture



Couleur

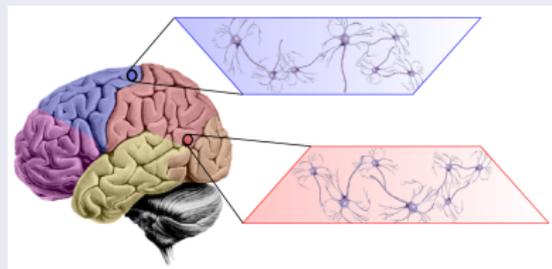


Forme



Intégration à grande échelle

Chaise

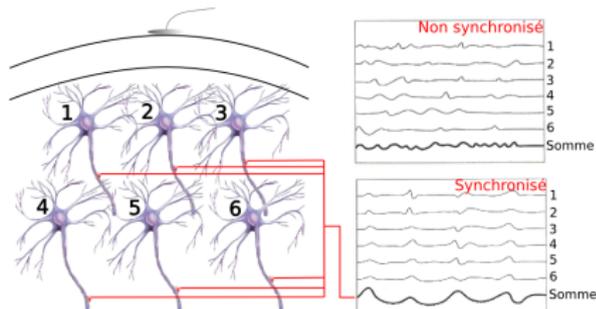


[Varela et al., 2001]

Problématique

Problème multi-dimensionnel

- variation énergétique
- variation fréquentielle
- variation temporelle
- variation spatiale
- variation intra-individu
- variation inter-individu



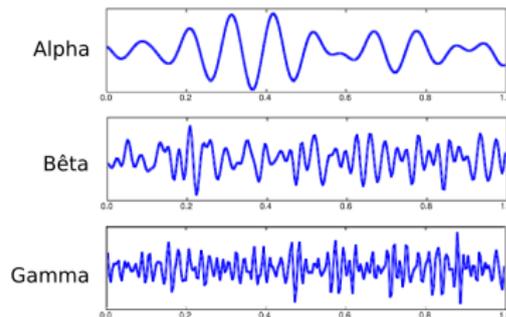
Nécessité

Intégrer l'ensemble de ces dimensions dans l'analyse EEG

Problématique

Problème multi-dimensionnel

- variation énergétique
- variation fréquentielle
- variation temporelle
- variation spatiale
- variation intra-individu
- variation inter-individu



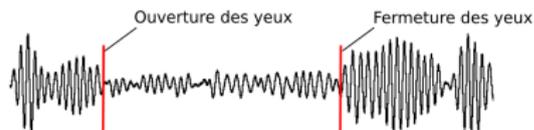
Nécessité

Intégrer l'ensemble de ces dimensions dans l'analyse EEG

Problématique

Problème multi-dimensionnel

- variation énergétique
- variation fréquentielle
- variation temporelle
- variation spatiale
- variation intra-individu
- variation inter-individu



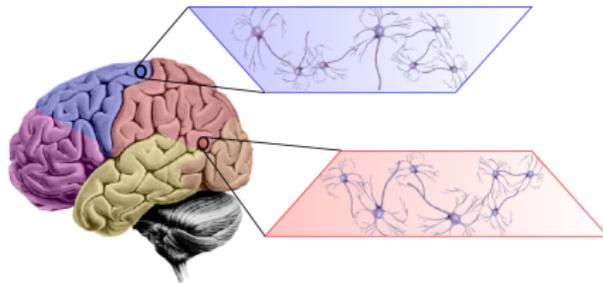
Nécessité

Intégrer l'ensemble de ces dimensions dans l'analyse EEG

Problématique

Problème multi-dimensionnel

- variation énergétique
- variation fréquentielle
- variation temporelle
- variation spatiale
- variation intra-individu
- variation inter-individu



Nécessité

Intégrer l'ensemble de ces dimensions dans l'analyse EEG

Problématique

Problème multi-dimensionnel

- variation énergétique
- variation fréquentielle
- variation temporelle
- variation spatiale
- variation intra-individu
- variation inter-individu



Nécessité

Intégrer l'ensemble de ces dimensions dans l'analyse EEG

Problématique

Problème multi-dimensionnel

- variation énergétique
- variation fréquentielle
- variation temporelle
- variation spatiale
- variation intra-individu
- variation inter-individu



Nécessité

Intégrer l'ensemble de ces dimensions dans l'analyse EEG

Problématique

Problème multi-dimensionnel

- variation énergétique
- variation fréquentielle
- variation temporelle
- variation spatiale
- variation intra-individu
- variation inter-individu

Nécessité

Intégrer l'ensemble de ces dimensions dans l'analyse EEG

Problématique

Objectif

Relier l'analyse physiologique à l'analyse cognitive

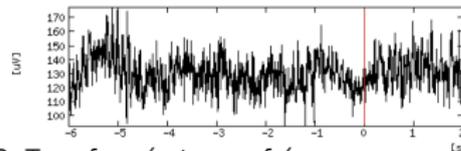
- ➡ pas de principe "boîte noire"
- ➡ visualisation de chaque étape de calcul

Hypothèse

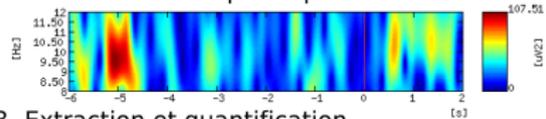
Une même tâche nécessite les mêmes processus physiologiques

- ➡ respect de la structure de réponse

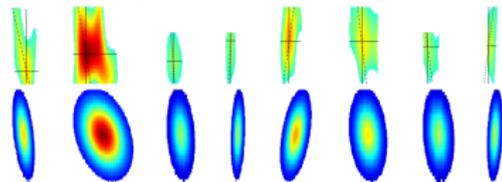
1- Signaux bruts



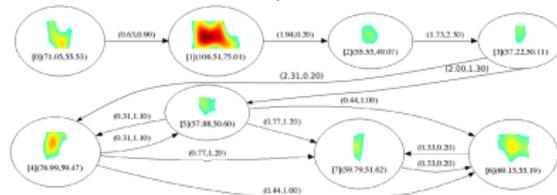
2- Transformée temps-fréquence



3- Extraction et quantification



4- Structuration et comparaison



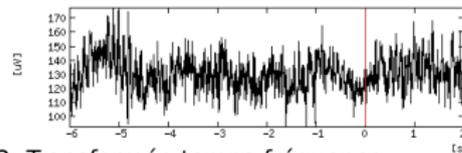
Problématique

Objectif

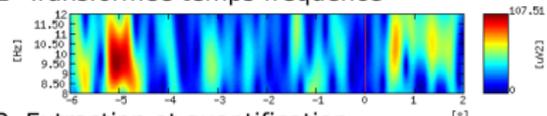
Relier l'analyse physiologique à l'analyse cognitive

- dimension énergétique et fréquentielle
 - analyse temps-fréquence
- dimension temporelle et spatiale
 - graphe
- variation intra/inter individu
 - possible à intégrer dans le graphe

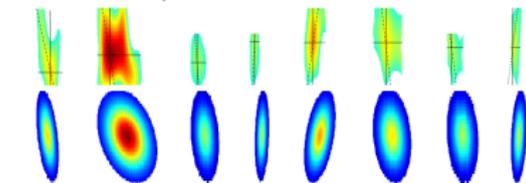
1- Signaux bruts



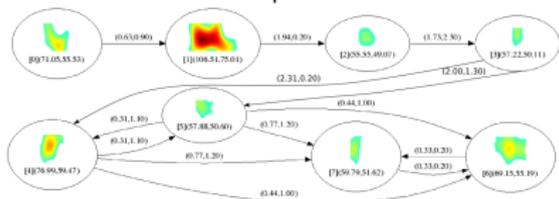
2- Transformée temps-fréquence



3- Extraction et quantification

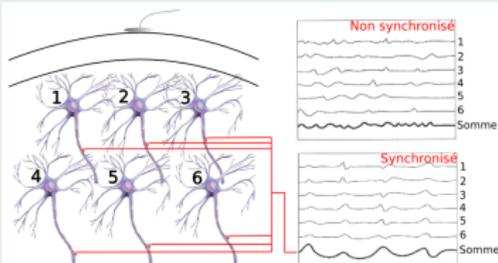


4- Structuration et comparaison

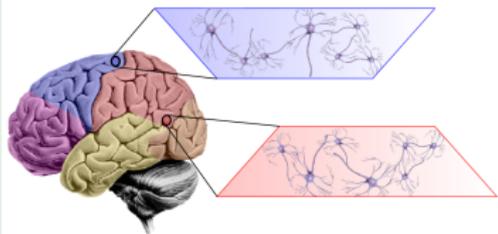


Plan

Analyse bas niveau



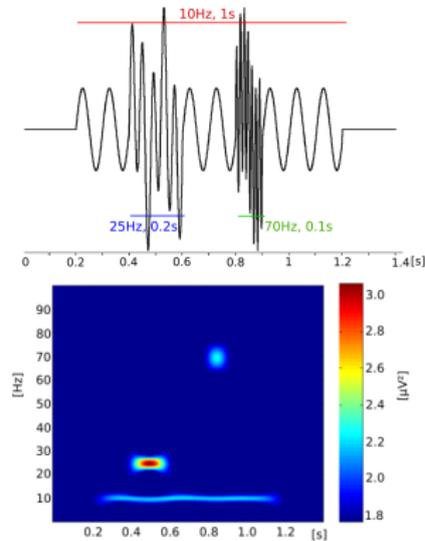
Analyse haut niveau



- 1 Description et quantification
 - Analyse temps-fréquence
 - Segmentation
 - Modélisation
- 2 Structuration et comparaison
 - Structure de graphe
 - Appariement
- 3 Validation
 - Protocole d'acquisition
 - Segmentation
 - Appariement
 - Récapitulatif
- 4 Conclusion et perspectives

Plan

- 1 Description et quantification
 - Analyse temps-fréquence
 - Segmentation
 - Modélisation
- 2 Structuration et comparaison
 - Structure de graphe
 - Appariement
- 3 Validation
 - Protocole d'acquisition
 - Segmentation
 - Appariement
 - Récapitulatif
- 4 Conclusion et perspectives



Contraintes

Objectifs

Décomposition temps-fréquence du signal pour l'analyse des phénomènes de synchronisation

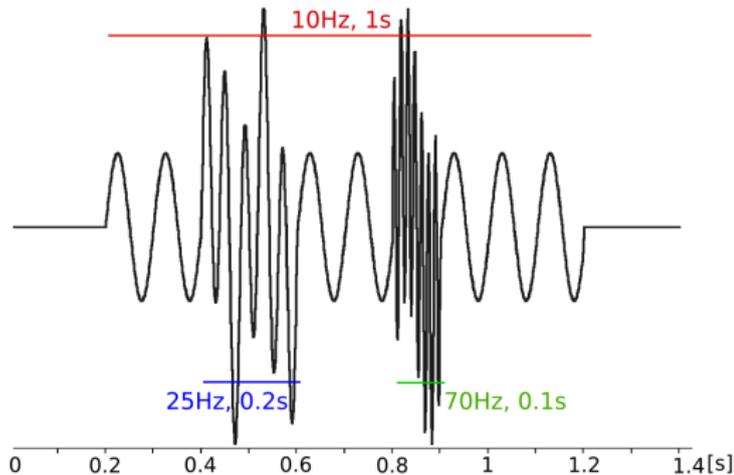
Contraintes

- 1 Simple d'interprétation
 - faciliter le dialogue avec l'expert
- 2 Faible coût calcul
 - **masse de données**
- 3 Non spécifique
 - adaptée aux caractéristiques de l'EEG (0 – 100Hz)
- 4 Bon compromis résolution fréquentielle / temporelle
 - quantification des phénomènes de synchronisation

Signal de synthèse

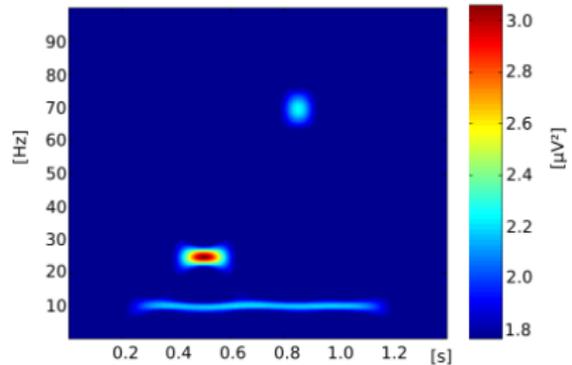
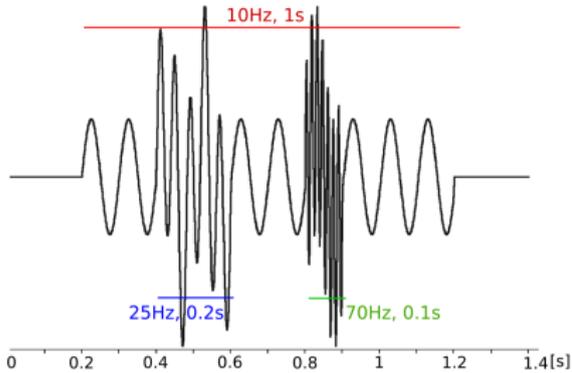
Utilité d'un signal de synthèse

Évaluer le respect de nos contraintes par les différentes approches temps-fréquence



Signal de 1s à 10Hz
Oscillation de 0.2s à 25Hz
Oscillation de 0.1s à 70Hz

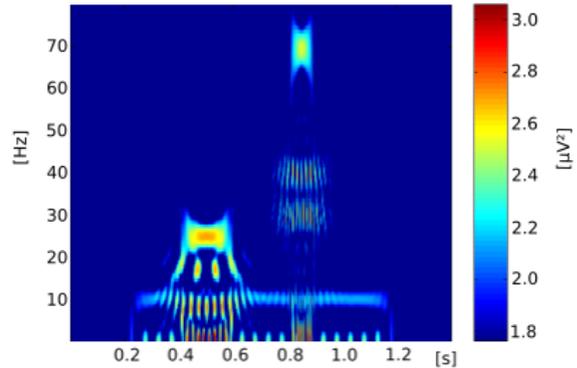
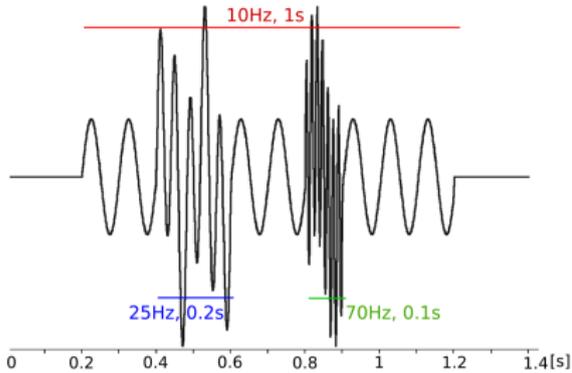
Pseudo Transformée de Wigner-Ville lissée



Caractéristiques

- ✓ interprétation visuelle facile
- ✓ bon compromis résolution temporelle/fréquentielle
- ✗ détermination des paramètres de lissage

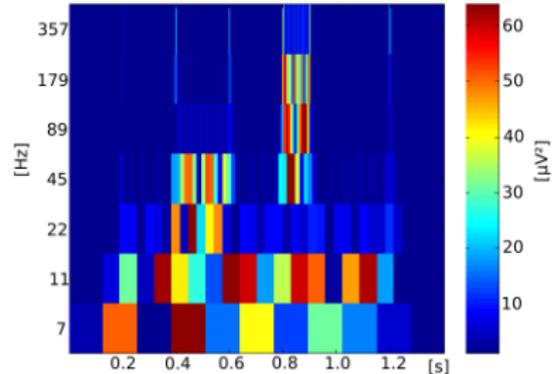
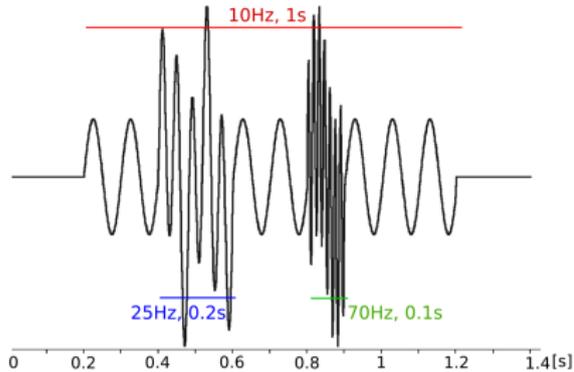
Pseudo Transformée de Wigner-Ville lissée



Caractéristiques

- ✓ interprétation visuelle facile
- ✓ bon compromis résolution temporelle/fréquentielle
- ✗ détermination des paramètres de lissage

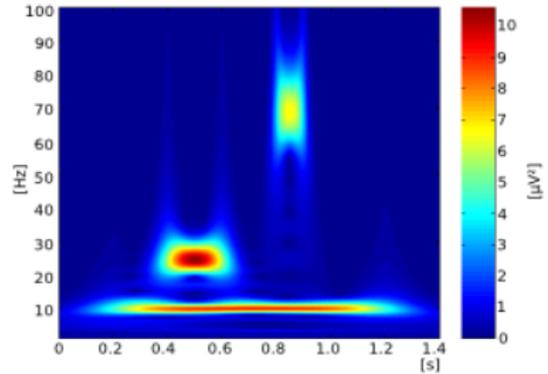
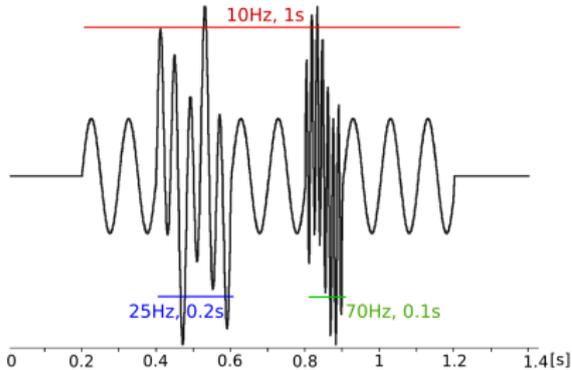
Transformée en ondelette discrète



Caractéristiques

- ✓ parcimonieuse
- ✓ bon compromis résolution temporelle/fréquentielle
- ✗ interprétation visuelle difficile

Transformée en ondelette complexe de Morlet complexe



Caractéristiques

- ✓ interprétation visuelle facile
- ✓ compromis raisonnable résolution temporelle/fréquentielle
- ✗ redondante

Récapitulatif

	Visualisation	Résolution	Application
Fourier fenêtré	✓	✗	✓
Ondelette continue	✓	✓	✓
Ondelette discrète	✗	✓	✓
Wigner-Ville	✓	✓	⋈
Matching Pursuit	✓	✓	⋈

Utilisation des cartes temps-fréquence obtenues par le calcul du scalogramme de la transformée en ondelette continue de Morlet complexe

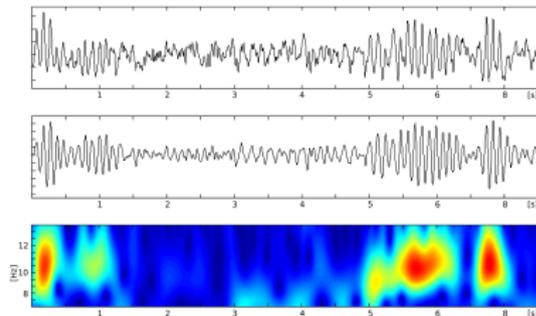
Récapitulatif

	Visualisation	Résolution	Application
Fourier fenêtré	✓	✗	✓
Ondelette continue	✓	✓	✓
Ondelette discrète	✗	✓	✓
Wigner-Ville	✓	✓	⋈
Matching Pursuit	✓	✓	⋈

Utilisation des cartes temps-fréquence obtenues par le calcul du scalogramme de la transformée en ondelette continue de Morlet complexe

Plan

- 1 Description et quantification
 - Analyse temps-fréquence
 - **Segmentation**
 - Modélisation
- 2 Structuration et comparaison
 - Structure de graphe
 - Appariement
- 3 Validation
 - Protocole d'acquisition
 - Segmentation
 - Appariement
 - Récapitulatif
- 4 Conclusion et perspectives



Segmentation des informations de synchronisation

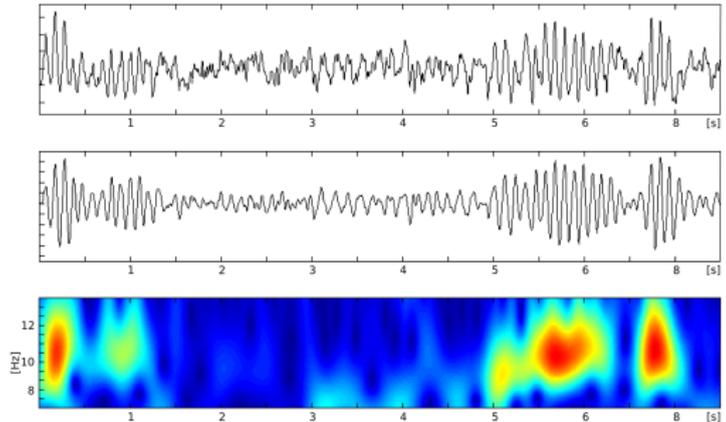
Rythme alpha

synchronisation

▣➡ repos

désynchronisation

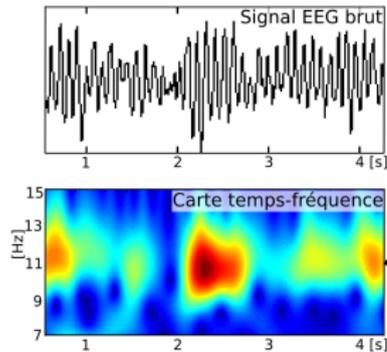
▣➡ activité



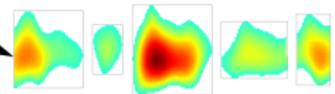
Analyse des phénomènes de synchronisation

- ▣➡ extraire les régions d'intérêt de la carte temps-fréquence
- ▣➡ décrire quantitativement chaque région

Segmentation de régions d'intérêt



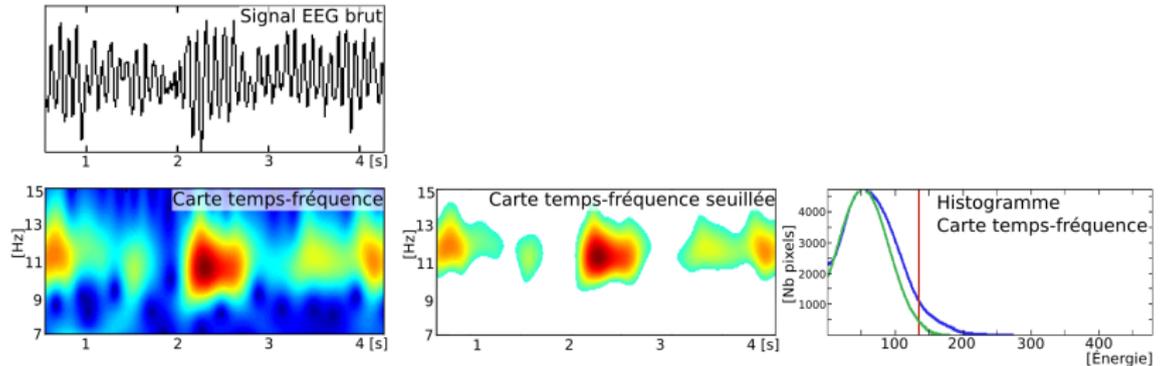
Objectif



Segmentation de régions d'intérêt

Ligne de partage des eaux

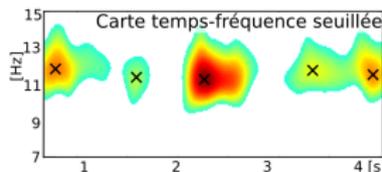
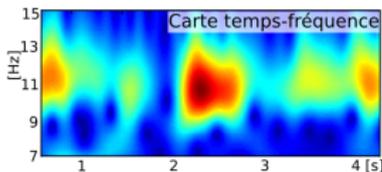
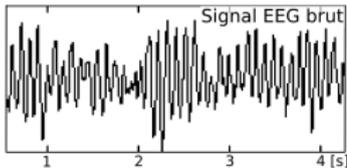
- 1 Seuillage adaptatif \Rightarrow réduction du bruit
- 2 Détection des maxima locaux \Rightarrow inondation



Segmentation de régions d'intérêt

Ligne de partage des eaux

- 1 Seuillage adaptatif ➡ réduction du bruit
- 2 Détection des maxima locaux ➡ inondation

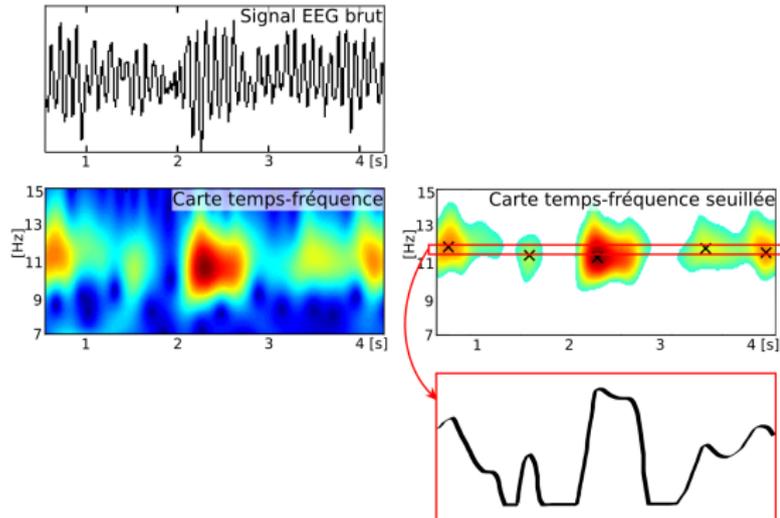


Analyse statistique
des caractéristiques
physiologiques des
bouffées d'énergie

Segmentation de régions d'intérêt

Ligne de partage des eaux

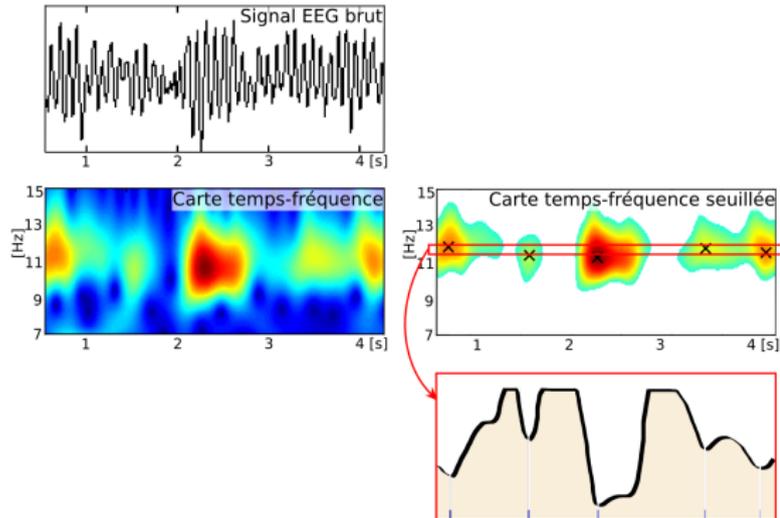
- 1 Seuillage adaptatif \Rightarrow réduction du bruit
- 2 Détection des maxima locaux \Rightarrow inondation



Segmentation de régions d'intérêt

Ligne de partage des eaux

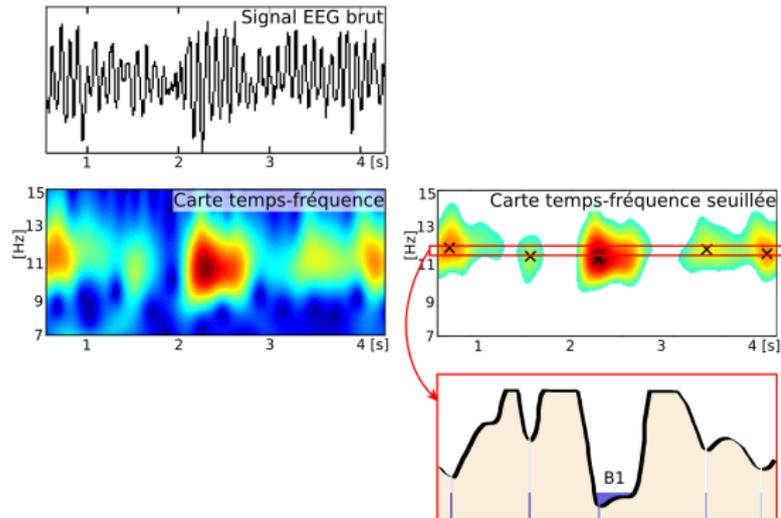
- 1 Seuillage adaptatif ➡ réduction du bruit
- 2 Détection des maxima locaux ➡ inondation



Segmentation de régions d'intérêt

Ligne de partage des eaux

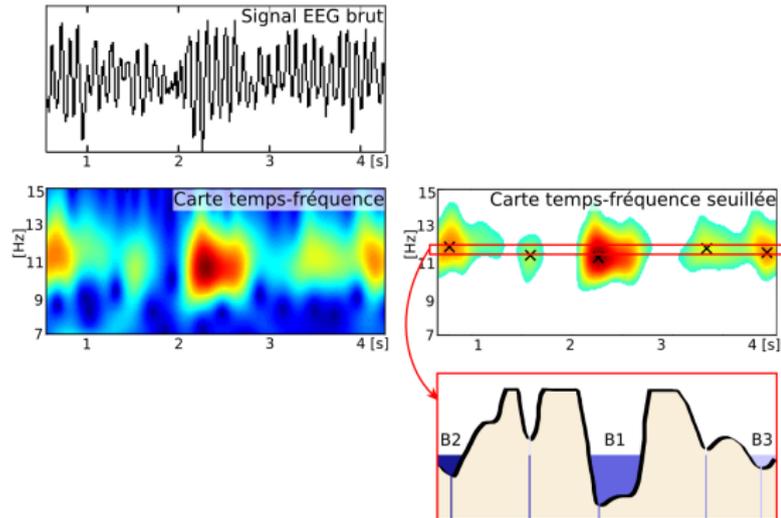
- 1 Seuillage adaptatif \Rightarrow réduction du bruit
- 2 Détection des maxima locaux \Rightarrow inondation



Segmentation de régions d'intérêt

Ligne de partage des eaux

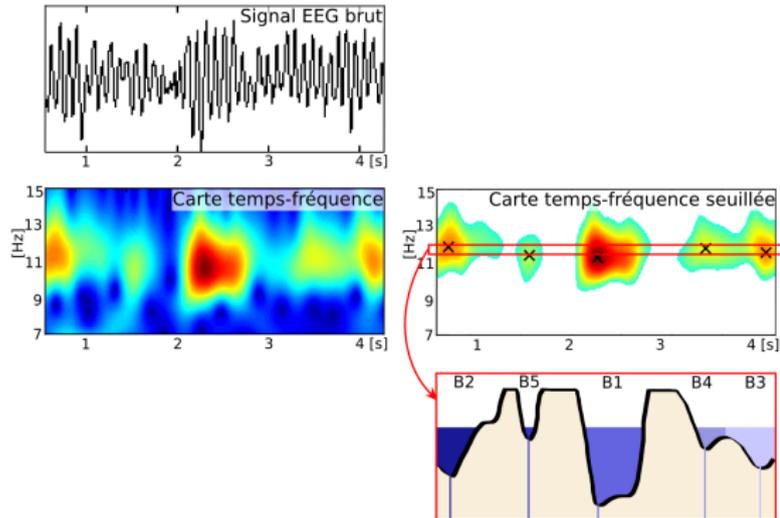
- 1 Seuillage adaptatif ➡ réduction du bruit
- 2 Détection des maxima locaux ➡ inondation



Segmentation de régions d'intérêt

Ligne de partage des eaux

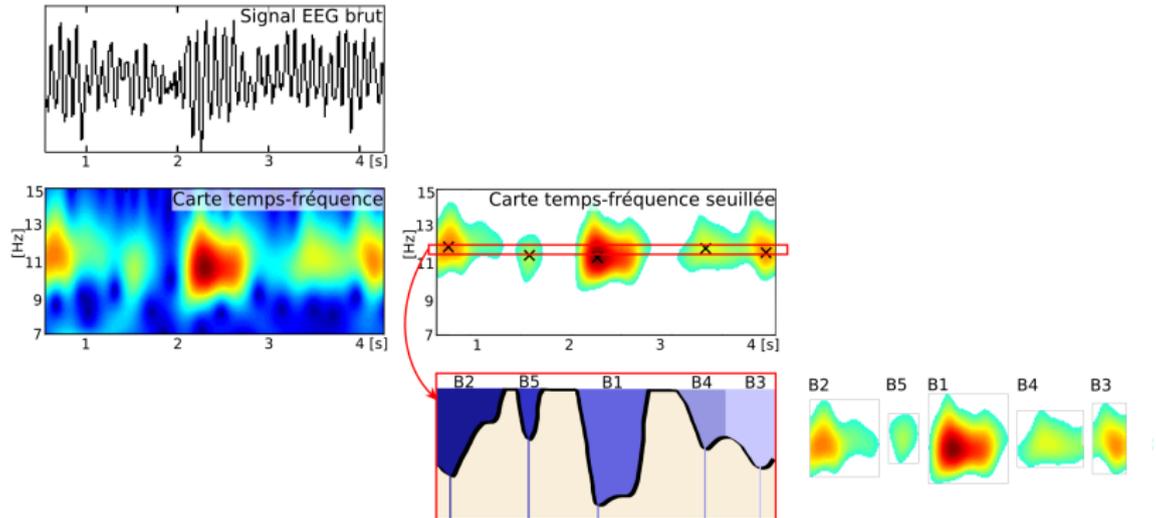
- 1 Seuillage adaptatif ➡ réduction du bruit
- 2 Détection des maxima locaux ➡ inondation



Segmentation de régions d'intérêt

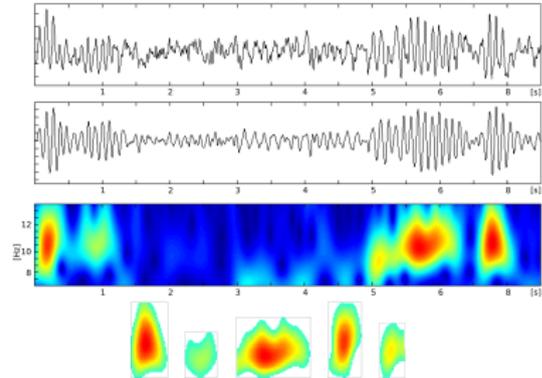
Ligne de partage des eaux

- 1 Seuillage adaptatif ➡ réduction du bruit
- 2 Détection des maxima locaux ➡ inondation



Plan

- 1 Description et quantification
 - Analyse temps-fréquence
 - Segmentation
 - **Modélisation**
- 2 Structuration et comparaison
 - Structure de graphe
 - Appariement
- 3 Validation
 - Protocole d'acquisition
 - Segmentation
 - Appariement
 - Récapitulatif
- 4 Conclusion et perspectives

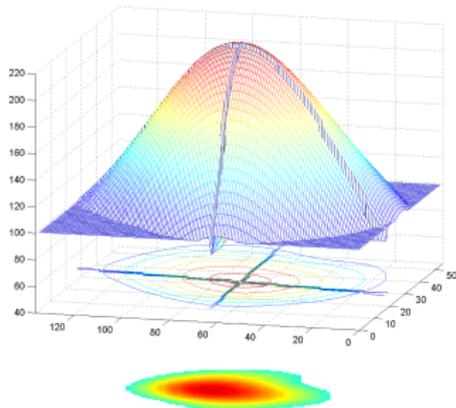


Gaussienne bidimensionnelle

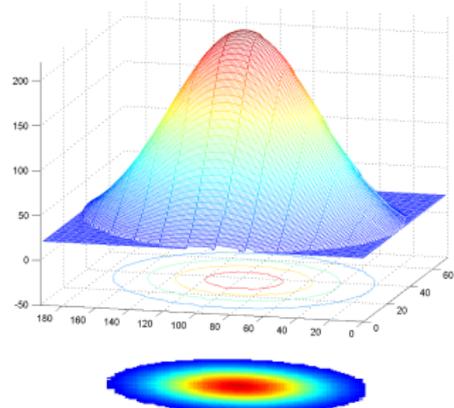
Choix du modèle

- ✗ pas de référence physiologique
- ✓ choix basé sur les caractéristiques du modèle

Bouffée segmentée



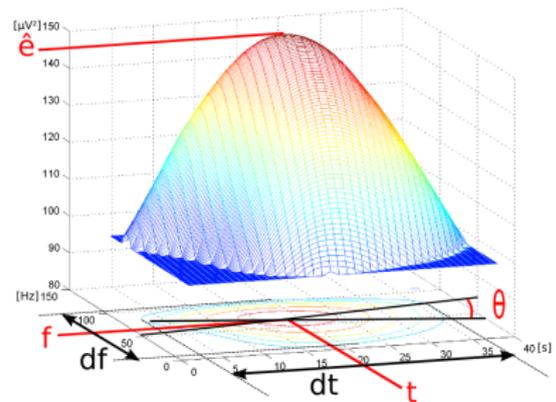
Bouffée modélisée



Description quantitative

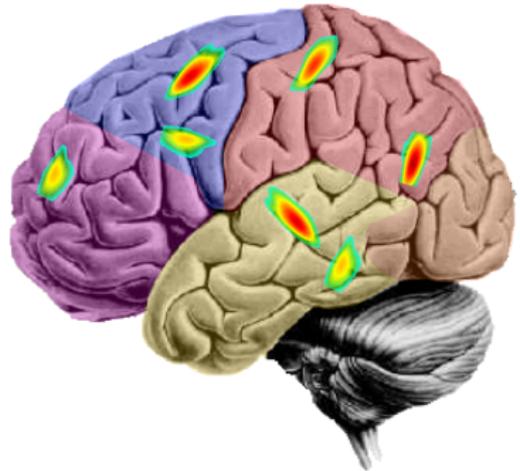
Descripteurs

- date t_i et fréquence f_i d'apparition
- intervalle temporel dt_i et fréquentiel df_i
- évolution de la fréquence en fonction du temps θ_i
- énergie moyenne \bar{e}_i et maximale \hat{e}_i



Plan

- 1 Description et quantification
 - Analyse temps-fréquence
 - Segmentation
 - Modélisation
- 2 **Structuration et comparaison**
 - **Structure de graphe**
 - Appariement
- 3 Validation
 - Protocole d'acquisition
 - Segmentation
 - Appariement
 - Récapitulatif
- 4 Conclusion et perspectives



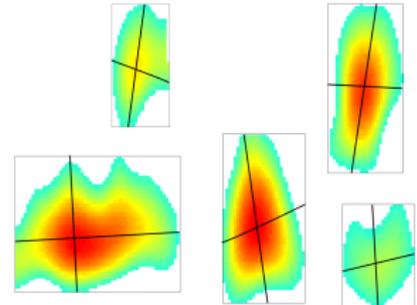
Choix de la structure

Une bouffée seule n'a pas de signification

- ➡ nécessité de prendre en compte la structure de réponse
- ➡ construction d'un ensemble cohérent

Intégrer l'ensemble des dimensions

- variation énergétique
- variation fréquentielle
- variation temporelle
- variation spatiale



- ➡ **Graphe orienté d'attributs numériques**

Règles de construction

Approche développée

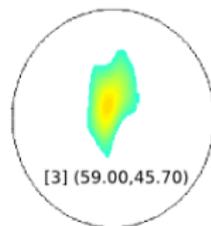
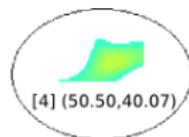
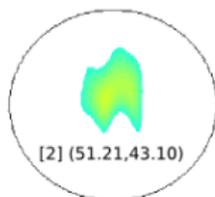
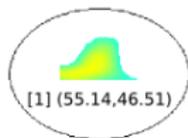
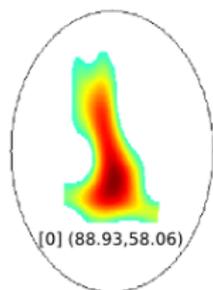
- Pas de référence sur ce type de construction
- Lien avec la neurophysiologie
 - ✓ règles de construction cohérentes avec les connaissances domaine
 - ✓ règles interprétables (physiologie et psychologie)
- Nécessité de validation
 - ✓ réduction de la complexité aux informations de base

Règles de construction

Nœud

▣▣▣▣ ➔ bouffée d'énergie

Attributs = énergie maximale et énergie moyenne



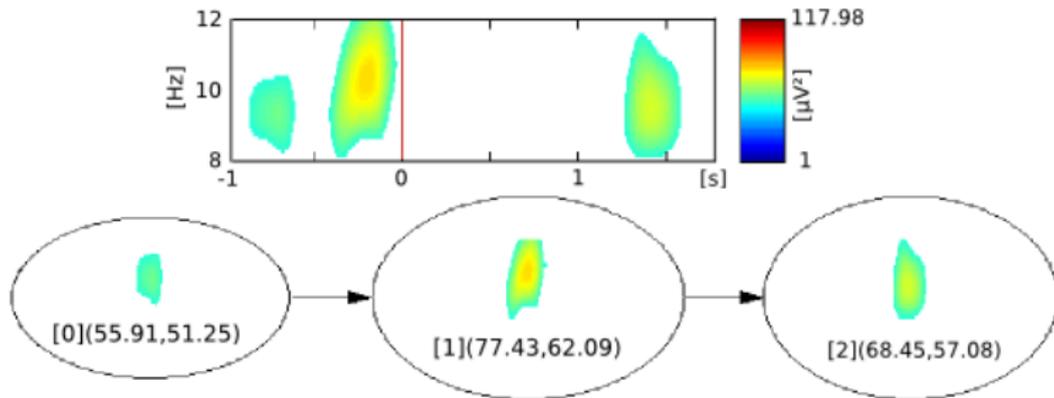
Arc

▣ liens entre les bouffées d'énergie

Base arc orienté temporellement de proche en proche

Adaptation nœud quasi-connexe temporellement et fréquentiellement

Attributs = différences temporelles et fréquentielles



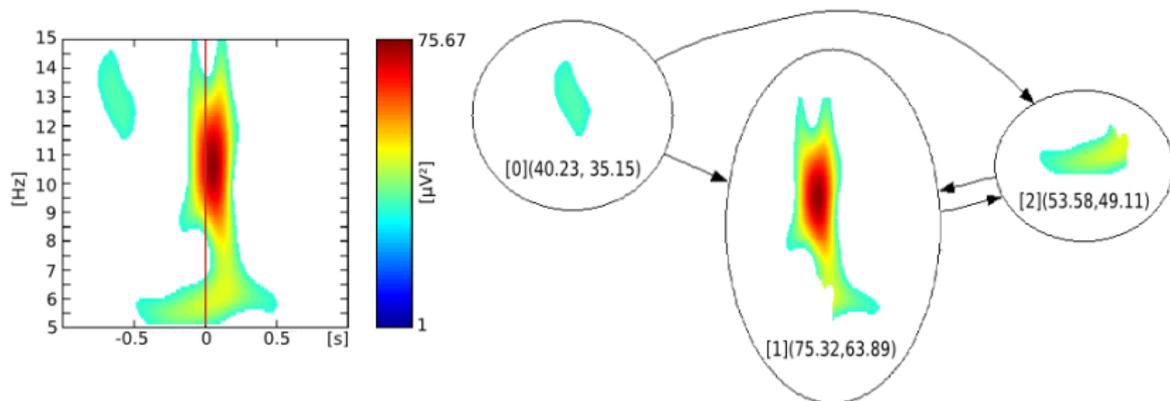
Arc

▢ liens entre les bouffées d'énergie

Base arc orienté temporellement de proche en proche

Adaptation nœud quasi-connexe temporellement et fréquentiellement

Attributs = différences temporelles et fréquentielles



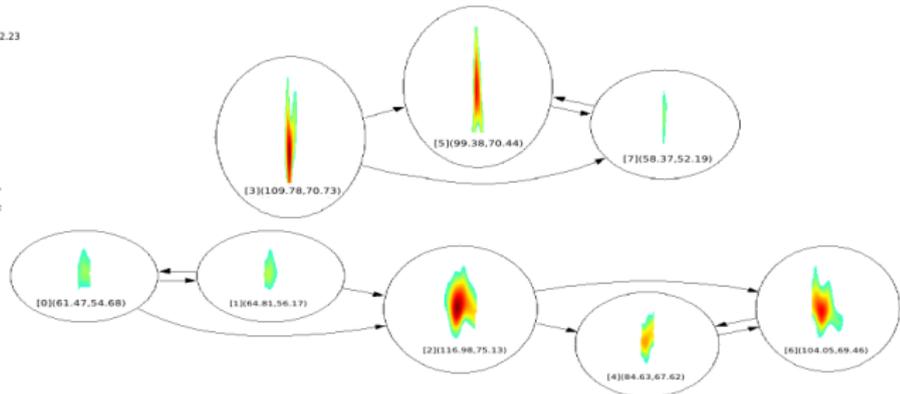
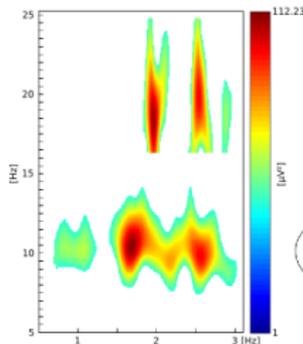
Arc

▮ liens entre les bouffées d'énergie

Base arc orienté temporellement de proche en proche

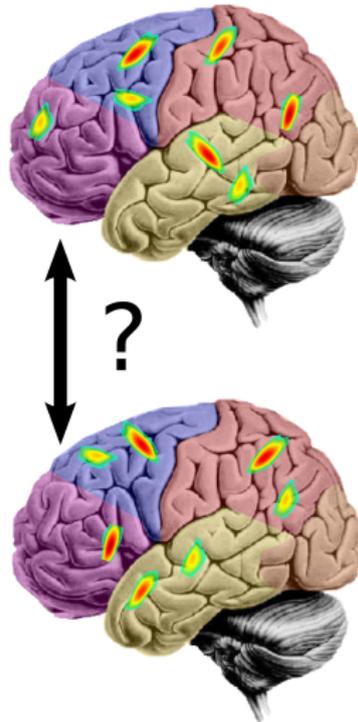
Adaptation nœud quasi-connexe temporellement et fréquentiellement

Attributs = différences temporelles et fréquentielles



Plan

- 1 Description et quantification
 - Analyse temps-fréquence
 - Segmentation
 - Modélisation
- 2 **Structuration et comparaison**
 - Structure de graphe
 - **Appariement**
- 3 Validation
 - Protocole d'acquisition
 - Segmentation
 - Appariement
 - Récapitulatif
- 4 Conclusion et perspectives

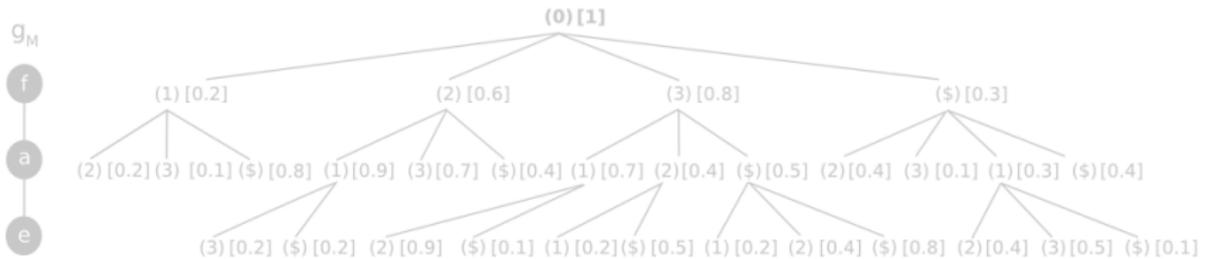
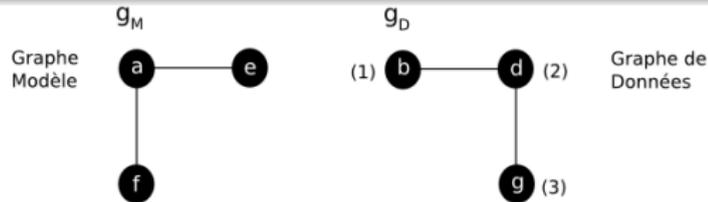


Algorithme d'appariement

But

Comparaison de signaux \rightsquigarrow **appariement** de graphes

- Non identiques \rightsquigarrow correspondance **inexacte**
- De tailles différentes \rightsquigarrow utilisation de **sous-graphes**

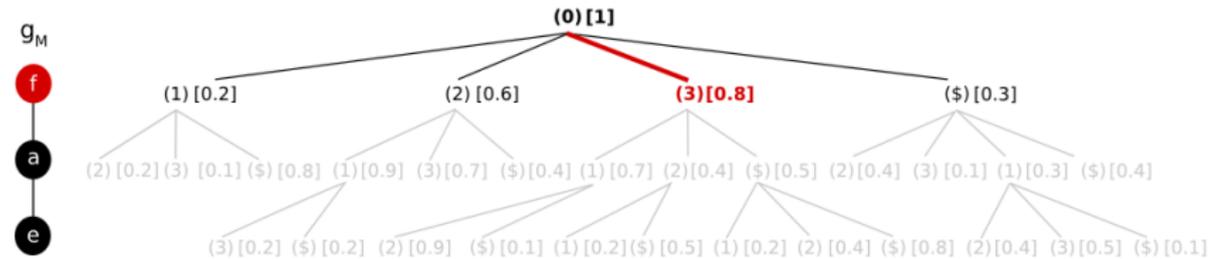
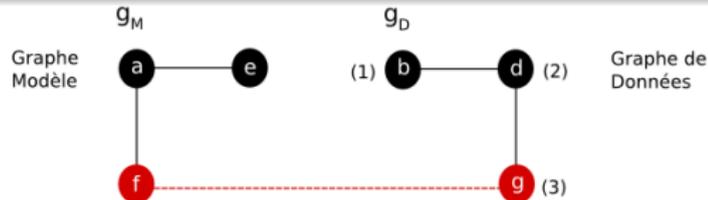


Algorithme d'appariement

But

Comparaison de signaux \rightsquigarrow appariement de graphes

- Non identiques \rightsquigarrow correspondance inexacte
- De tailles différentes \rightsquigarrow utilisation de sous-graphes

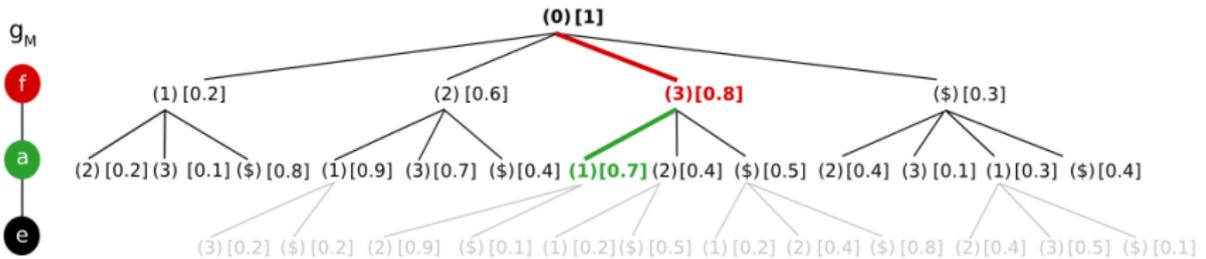
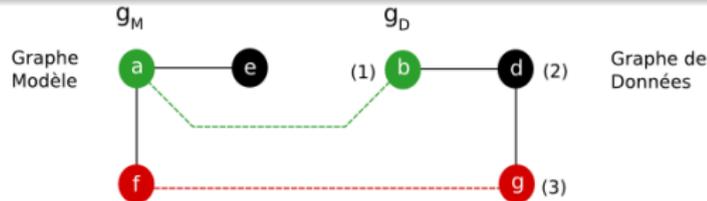


Algorithme d'appariement

But

Comparaison de signaux \rightsquigarrow appariement de graphes

- Non identiques \rightsquigarrow correspondance inexacte
- De tailles différentes \rightsquigarrow utilisation de sous-graphes

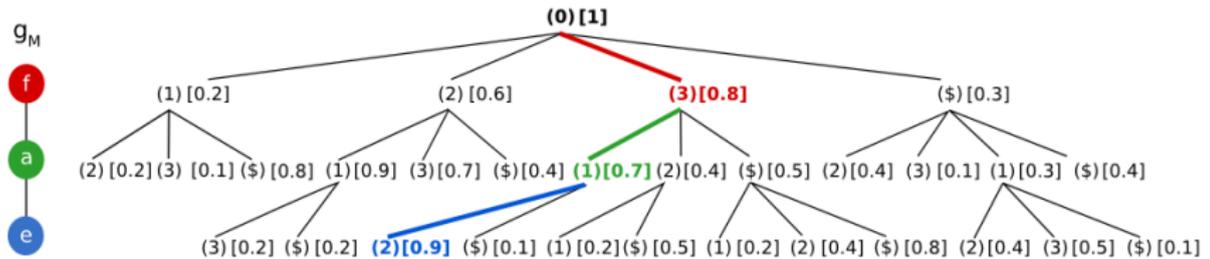
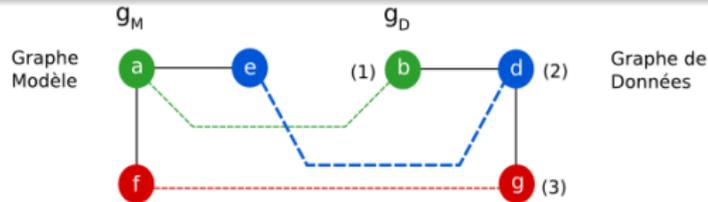


Algorithme d'appariement

But

Comparaison de signaux \rightsquigarrow appariement de graphes

- Non identiques \rightsquigarrow correspondance inexacte
- De tailles différentes \rightsquigarrow utilisation de sous-graphes



Algorithme d'appariement

But

Comparaison de signaux \rightsquigarrow appariement de graphes

- Non identiques \rightsquigarrow correspondance inexacte
- De tailles différentes \rightsquigarrow utilisation de sous-graphes

X Problème NP-complet

Algorithme A*

- Recherche optimale
- Coût calcul trop important (pour nombre de nœuds > 8)

Algorithme d'assignement gradué de Gold

- Optimisation non linéaire
- Coût calcul raisonnable

Mesure de similitude

Similitude entre les éléments

Mesure locale entre deux vecteurs d'attributs

$$s(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = 1 - d_{Mink}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = 1 - \left(\sum_{i=1}^n |\mathbf{x}(i) - \mathbf{y}(i)|^p \right)^{\frac{1}{p}}$$

Distance de Minkowski

\mathbf{x} vecteur d'attributs de taille n du graphe 1

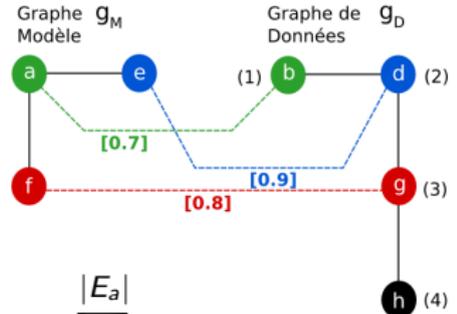
\mathbf{y} vecteur d'attributs de taille n du graphe 2

- mesure $\in L_1$ (variables actuellement corrélées)
- mesure simple, non spécifique à l'application

Mesure de similitude

Similitude entre deux graphes

Mesure globale entre deux signaux



$$s_{G_M, G_D} = \frac{|V_a| \times |E_a|}{|V_a^h|^2 \times |E_a^h|^2} \times \sum_{i=1}^{|V_a|} s_v(v_i, h(v_i)) \times \sum_{i=1}^{|E_a|} s_e(e_i, h(e_i))$$

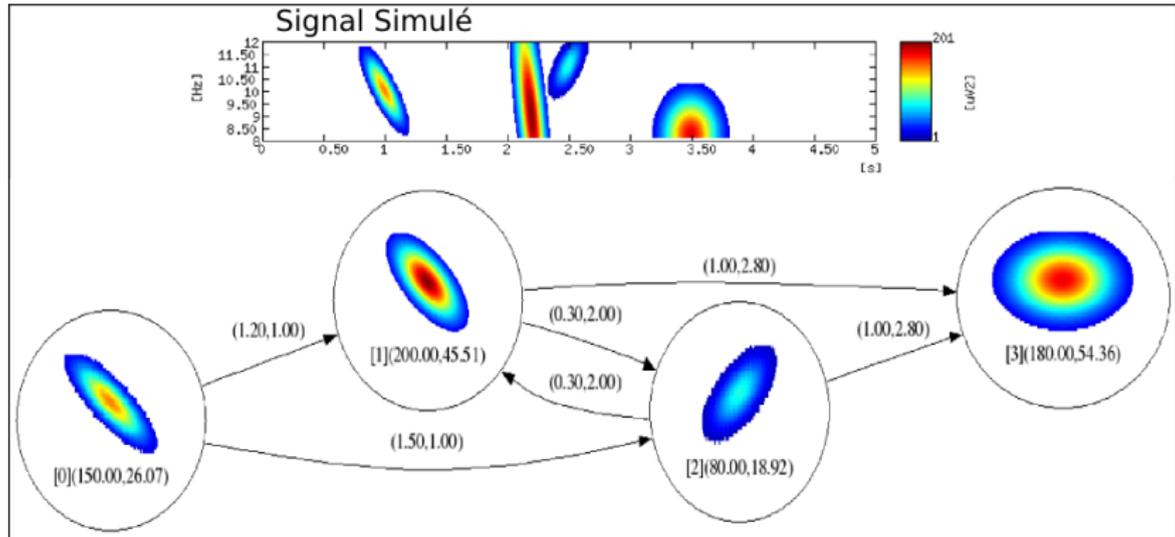
$h : V_{G_M} \rightarrow V_{G_D}$ fonction d'appariement

$|V_a^h|$ nombre de nœuds appariés

$|V_{na}^h|$ nombre de nœuds non appariés

$|V_a|$ nombre de nœuds total

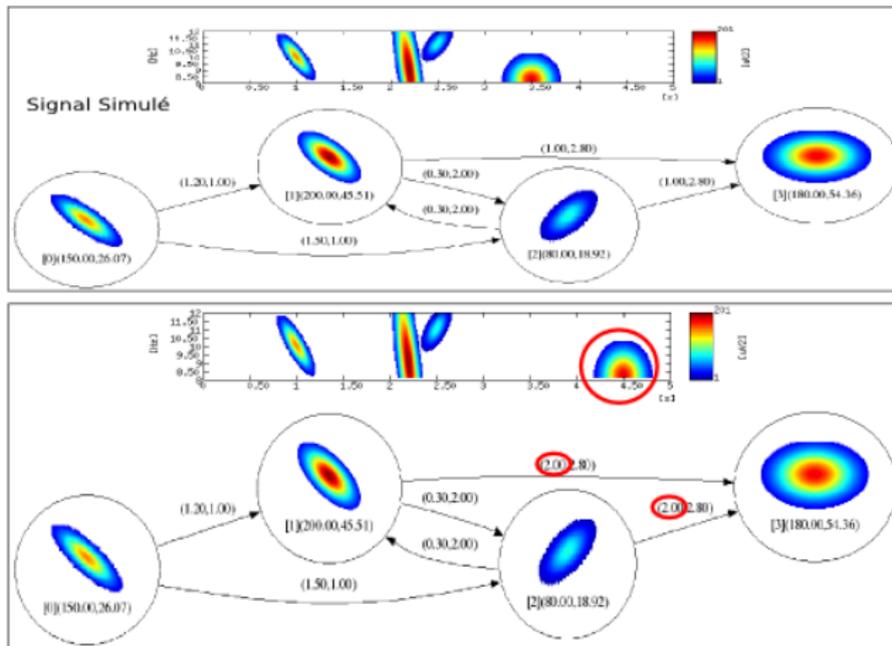
Comportement de la mesure de similarité



- Signal de synthèse
- Structure proche des caractéristiques réelles

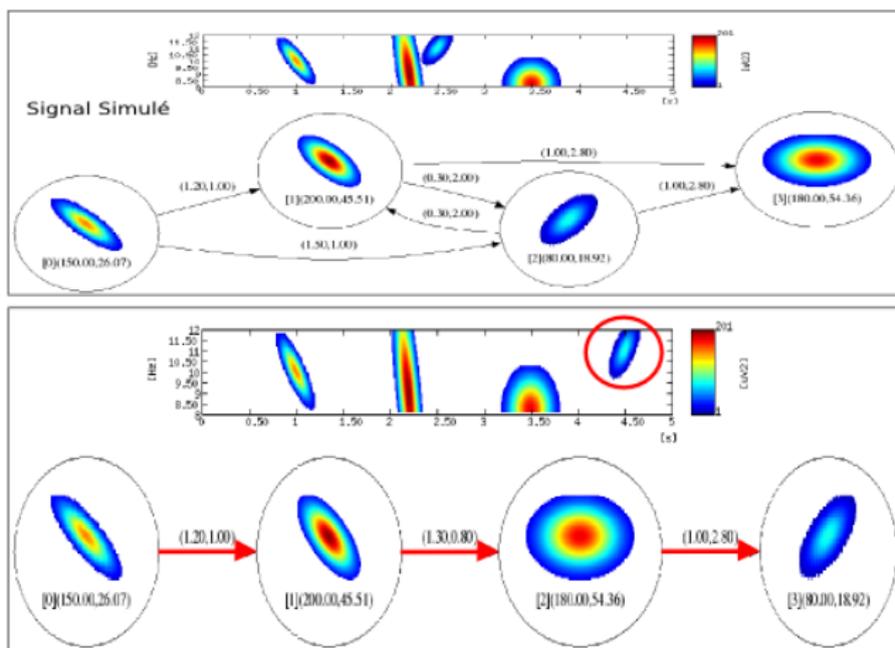
Comportement de la mesure de similarité

Faible variation de valeur d'attribut \Rightarrow forte similitude

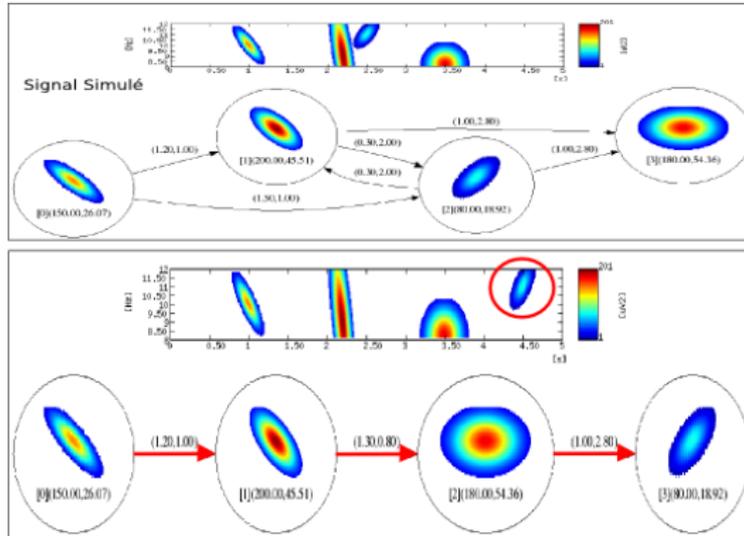


Comportement de la mesure de similarité

Variation de structure ➡ **faible similitude**



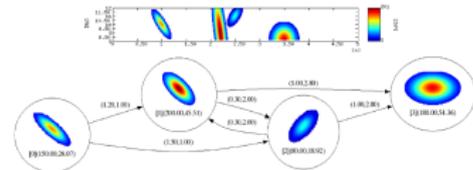
Comportement de la mesure de similarité



- ✓ Estimation de la similitude entre deux graphes
- ✗ Similitude faible si forte variation de structure

Plan

- 1 Description et quantification
 - Analyse temps-fréquence
 - Segmentation
 - Modélisation
- 2 Structuration et comparaison
 - Structure de graphe
 - Appariement
- 3 **Validation**
 - **Protocole d'acquisition**
 - Segmentation
 - Appariement
 - Récapitulatif
- 4 Conclusion et perspectives



Protocole d'acquisition

Objectif

Retrouver les résultats connus de la littérature

▀ étude des processus cognitifs impliquant différentes aires cérébrales

Conditions

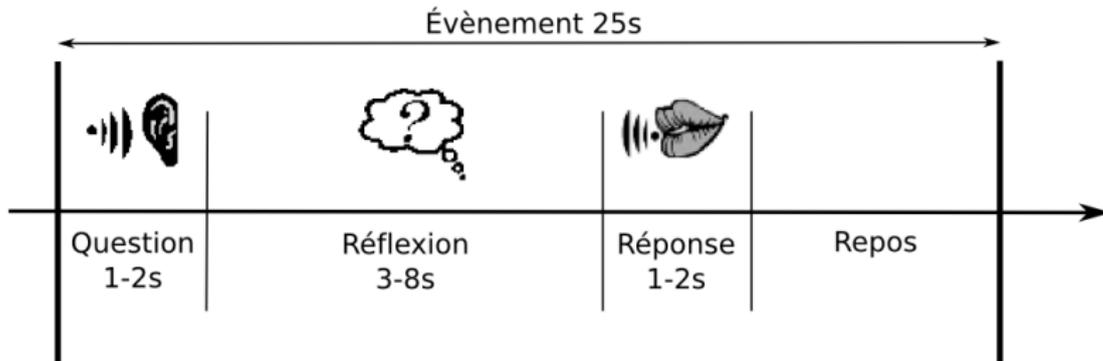
- Service de neurophysiologie clinique de Poitiers
- 10 sujets sains de 30 à 50 ans
- 40 questions d'estimation
 - ▀ Quelle est la vitesse d'un cheval au galop ?
 - ▀ Quelle est la longueur d'une allumette ?
 - ▀ Quel est le poids moyen d'une pomme ?

Protocole d'acquisition

Objectif

Retrouver les résultats connus de la littérature

→ étude des processus cognitifs impliquant différentes aires cérébrales

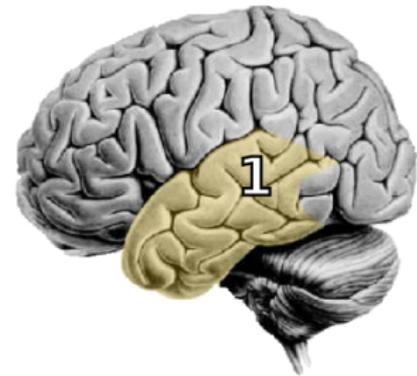
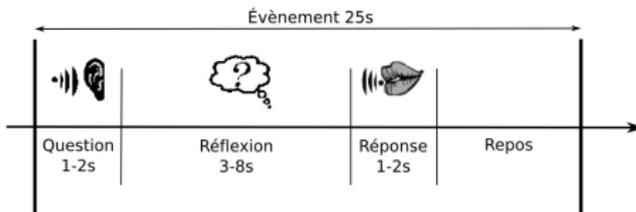


Protocole d'acquisition

Objectif

Retrouver les résultats connus de la littérature

➡ étude des processus cognitifs impliquant différentes aires cérébrales

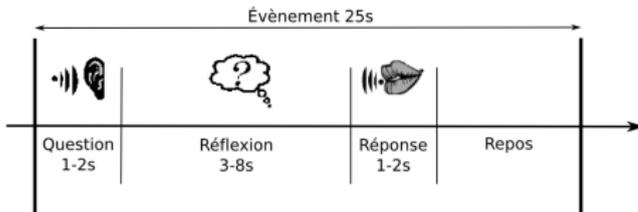


Protocole d'acquisition

Objectif

Retrouver les résultats connus de la littérature

➡ étude des processus cognitifs impliquant différentes aires cérébrales

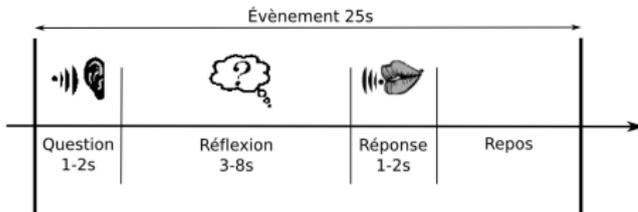


Protocole d'acquisition

Objectif

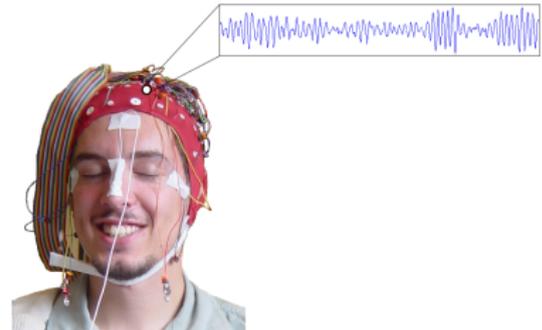
Retrouver les résultats connus de la littérature

→ étude des processus cognitifs impliquant différentes aires cérébrales



Plan

- 1 Description et quantification
 - Analyse temps-fréquence
 - Segmentation
 - Modélisation
- 2 Structuration et comparaison
 - Structure de graphe
 - Appariement
- 3 **Validation**
 - Protocole d'acquisition
 - **Segmentation**
 - Appariement
 - Récapitulatif
- 4 Conclusion et perspectives

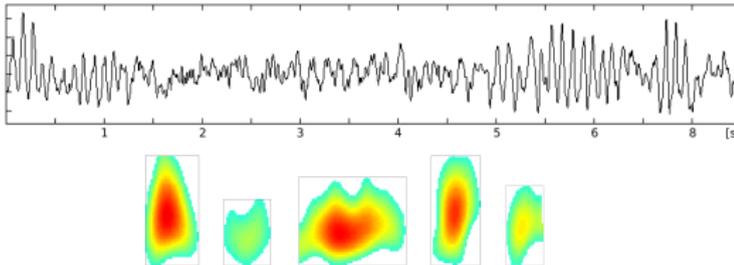


Désynchronisation liée à l'évènement

But

Étude de la réactivité des rythmes EEG à un évènement particulier

- Quantification des phénomènes de synchronisation
- Méthode développée par Pfurtscheller et al.



Rythme alpha

synchronisation

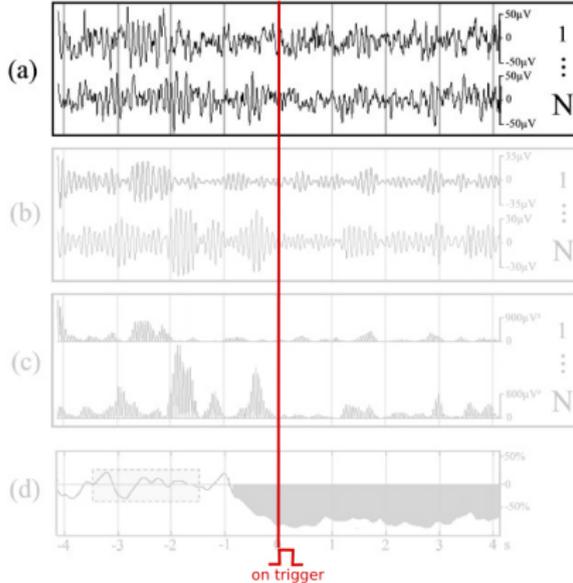
repos

désynchronisation

activité

Notre sélection des phénomènes de synchronisation est-elle correcte ?

Désynchronisation liée à l'évènement



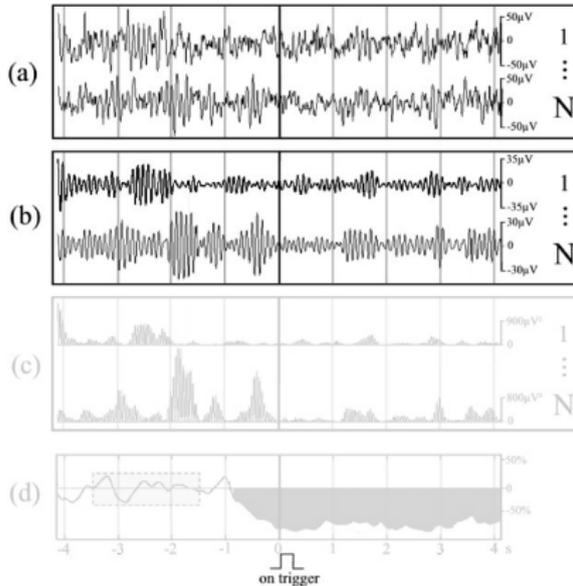
Étapes de calcul

- sélection des époques EEG non artéfactées
- filtrage passe-bande
- calcul de la puissance de chaque échantillon
- moyennage des puissances et test statistique

Filtrage 8-12Hz

⇒ Etude de la diminution du rythme alpha

Désynchronisation liée à l'évènement



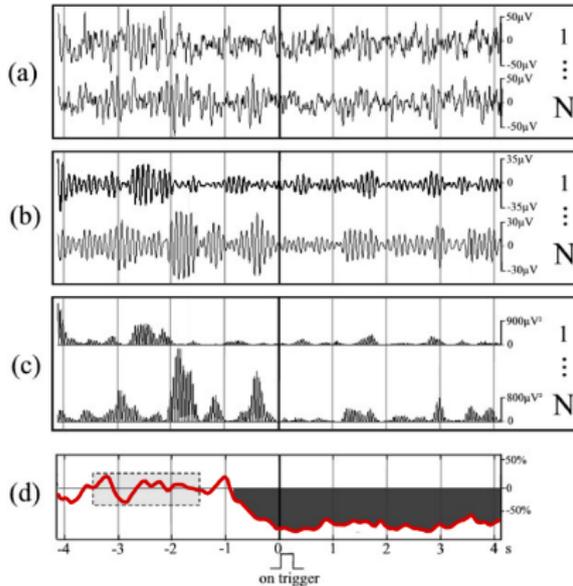
Étapes de calcul

- sélection des époques EEG non artéfactées
- filtrage passe-bande
- calcul de la puissance de chaque échantillon
- moyennage des puissances et test statistique

Filtrage 8-12Hz

➡ Etude de la diminution du rythme alpha

Désynchronisation liée à l'évènement



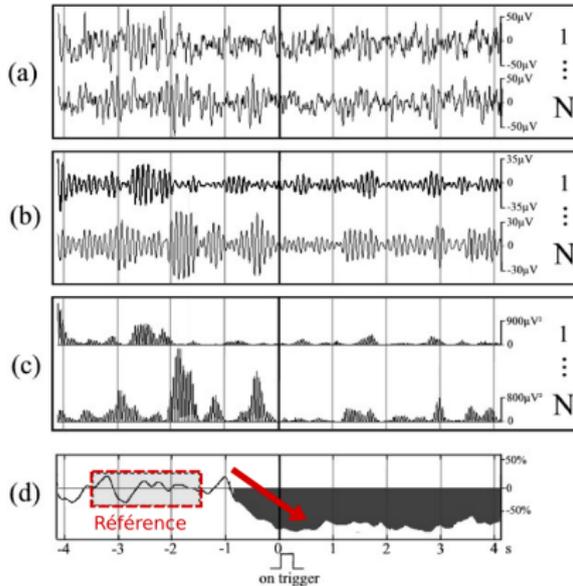
Étapes de calcul

- sélection des époques EEG non artéfactées
- filtrage passe-bande
- calcul de la puissance de chaque échantillon
- moyennage des puissances et test statistique

Moyenne

40 signaux correspondant aux 40 questions

Désynchronisation liée à l'évènement



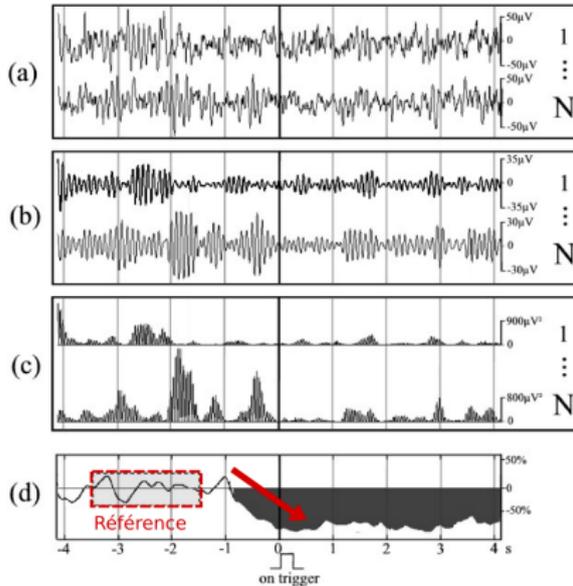
Étapes de calcul

- sélection des époques EEG non artéfactées
- filtrage passe-bande
- calcul de la puissance de chaque échantillon
- moyennage des puissances et test statistique

Test statistique

▣ Différence significative entre la référence et l'activité

Désynchronisation liée à l'évènement



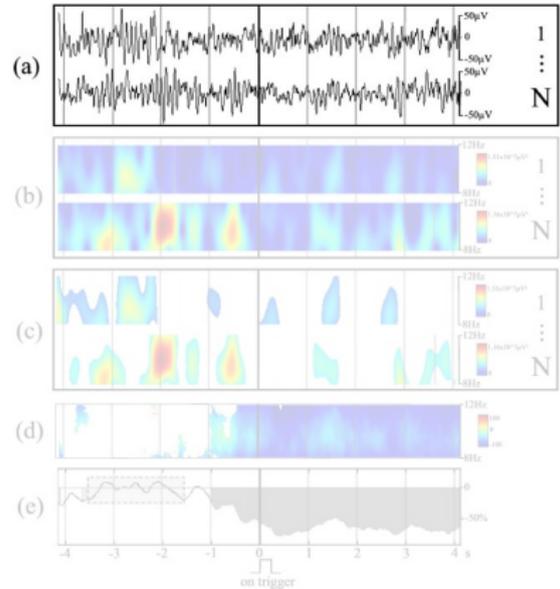
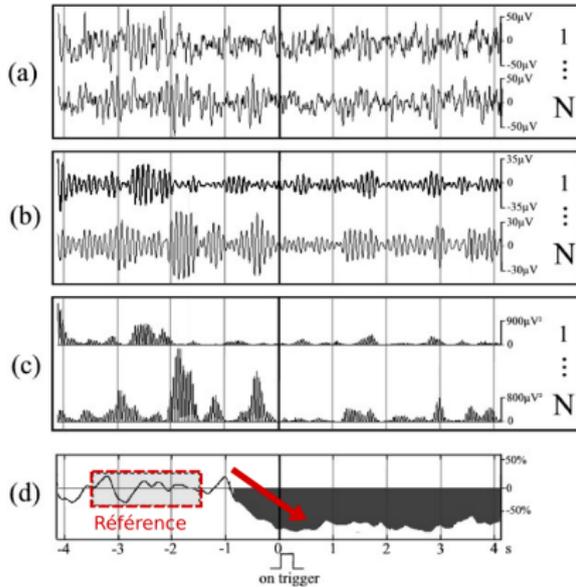
Étapes de calcul

- sélection des époques EEG non artéfactées
- filtrage passe-bande
- calcul de la puissance de chaque échantillon
- moyennage des puissances et test statistique

En vue d'une validation

⇒ Équivalence avec l'approche temps-fréquence ?

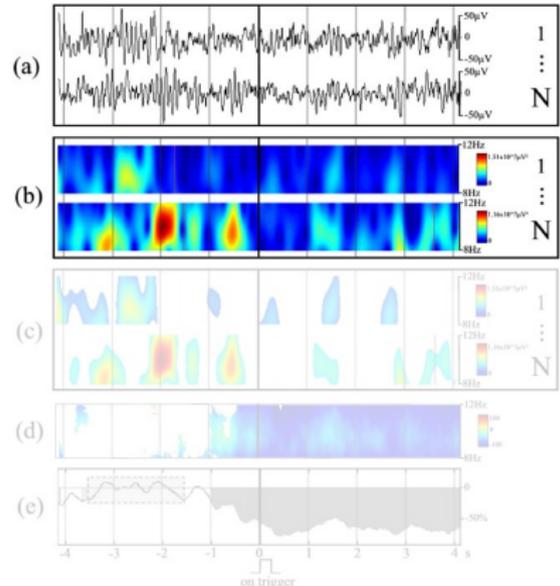
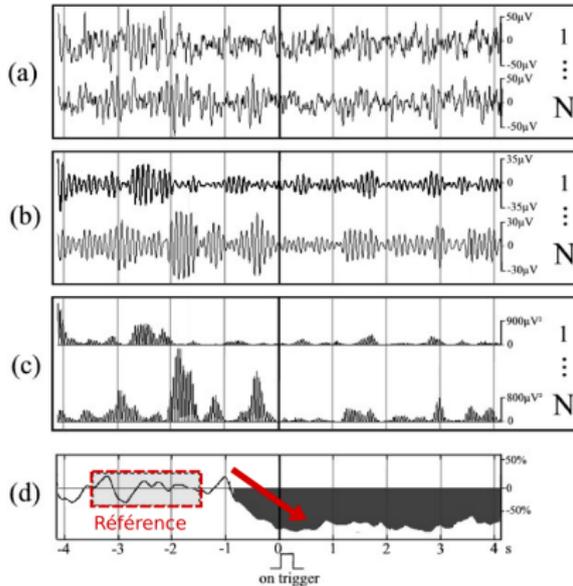
Désynchronisation liée à l'évènement



Équivalence des étapes

➡ Sélection des EEG identiques

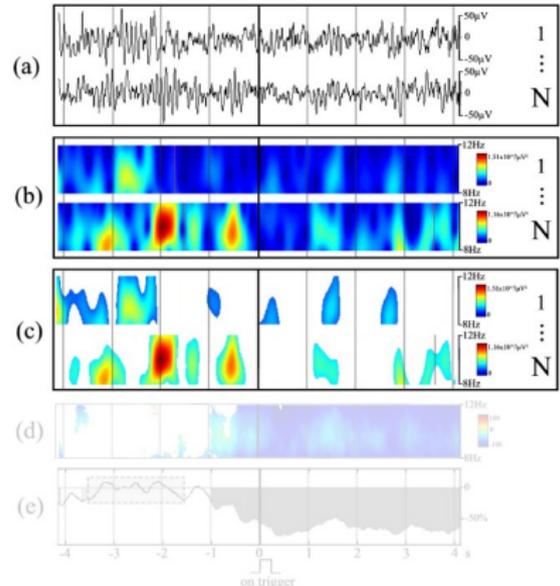
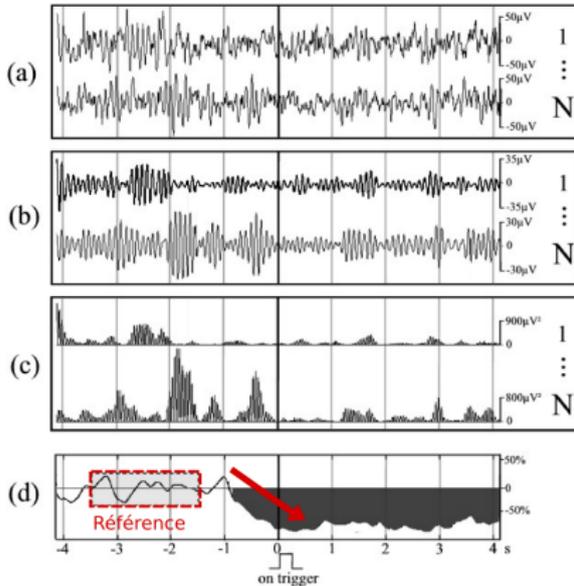
Désynchronisation liée à l'évènement



Équivalence des étapes

➡ Filtrage par sélection de la bande de fréquence d'intérêt

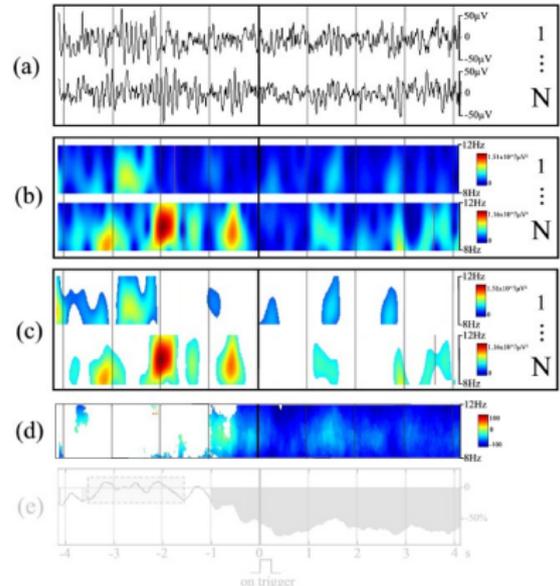
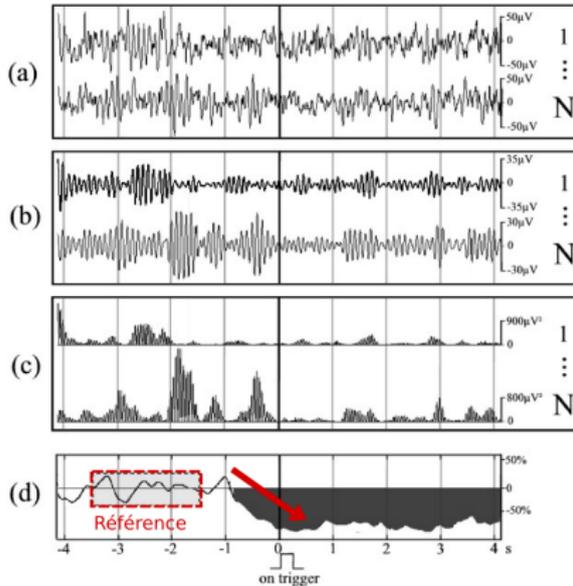
Désynchronisation liée à l'évènement



Équivalence des étapes

➡ Segmentation des régions d'intérêt

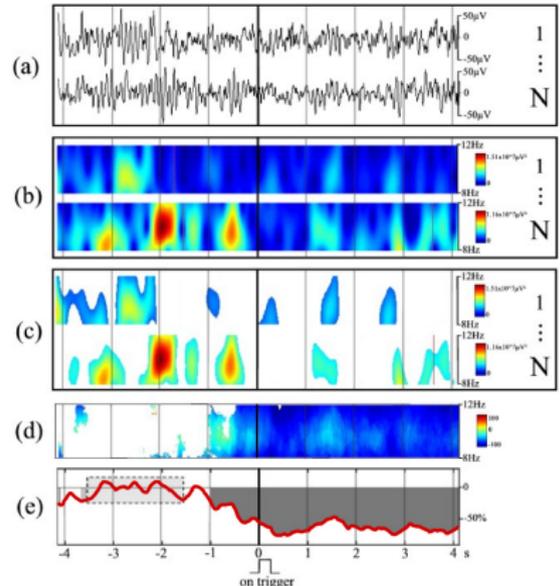
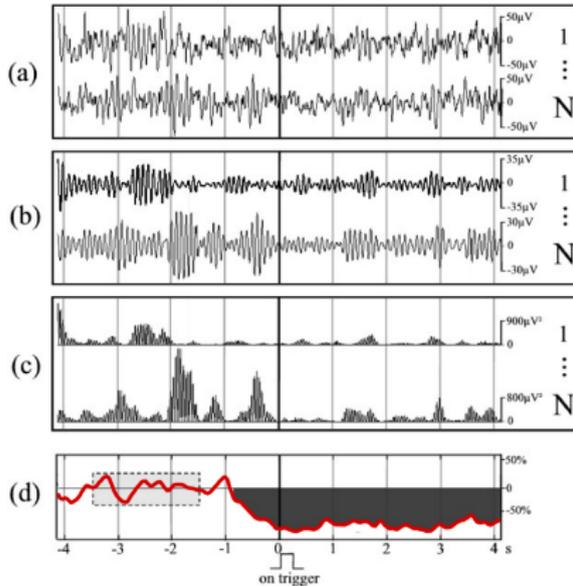
Désynchronisation liée à l'évènement



Équivalence des étapes

1- Moyennage des cartes temps-fréquence (2 dimensions)

Désynchronisation liée à l'évènement



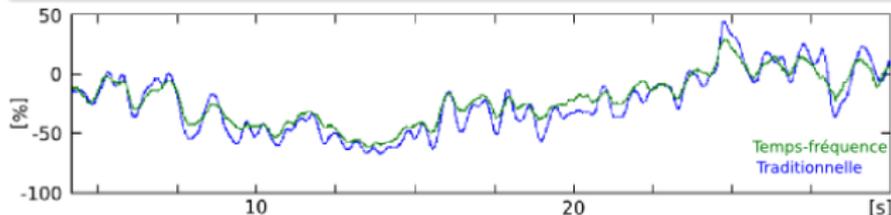
- 1- Moyennage des cartes temps-fréquence (2 dimensions)
- 2- Densité marginale (1 dimension)

Validité de la segmentation

Test statistique de Wilcoxon signé (données appariées)

Les résultats des deux approches sont-ils similaires ?

- 1 comparaison approche traditionnelle / carte temps-fréquence segmentée
- 2 comparaison approche traditionnelle / carte temps-fréquence modélisée



Mesure de confiance
 $\alpha = 0,01$

Résultats comparables

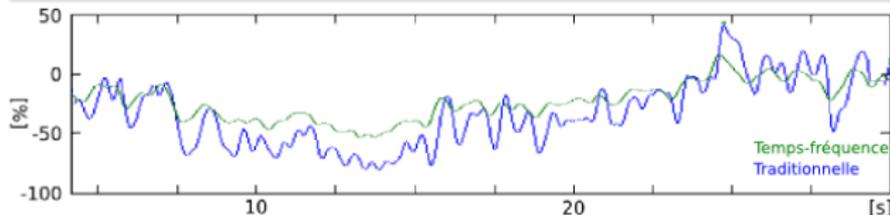
⇒ **segmentation et modélisation correctes**

Validité de la segmentation

Test statistique de Wilcoxon signé (données appariées)

Les résultats des deux approches sont-ils similaires ?

- 1 comparaison approche traditionnelle / carte temps-fréquence segmentée
- 2 comparaison approche traditionnelle / carte temps-fréquence modélisée



Mesure de confiance
 $\alpha = 0,05$

Résultats comparables

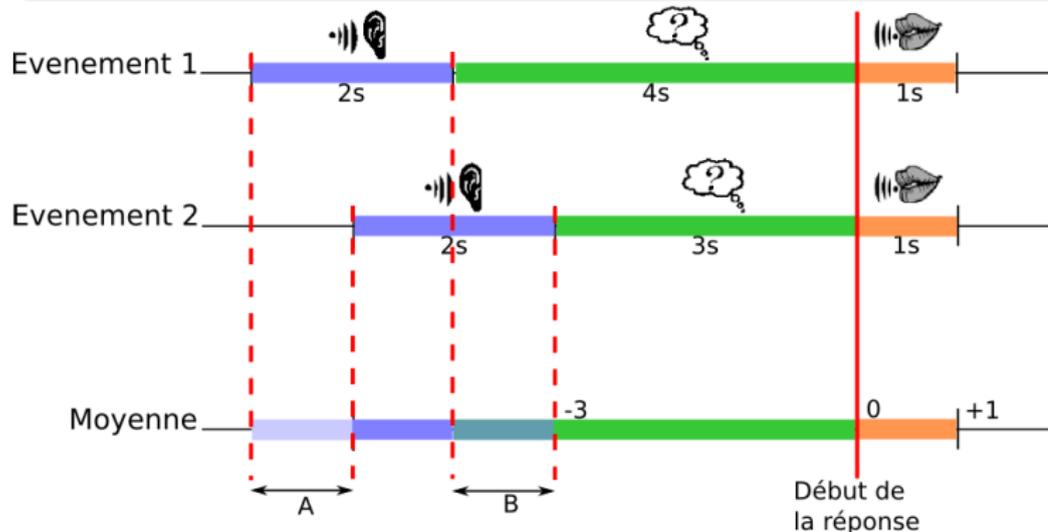
⇒ **segmentation et modélisation correctes**

Amélioration du calcul de la désynchronisation

Amalgame

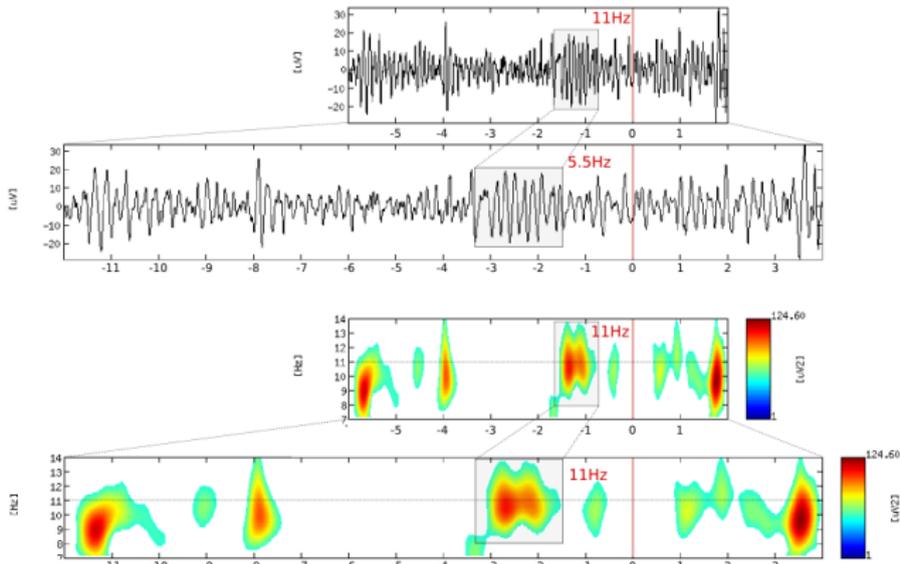
Moyennage d'intervalles correspondant à des tâches différentes

▮▮▮▮▮ ➔ perte de précision

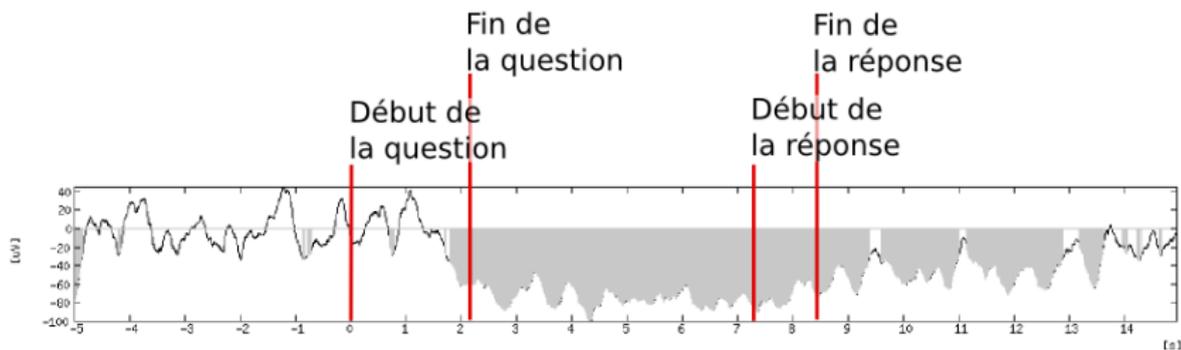


Amélioration du calcul de la désynchronisation

- Préservation de la structure de réponse
 - interpolation temporelle



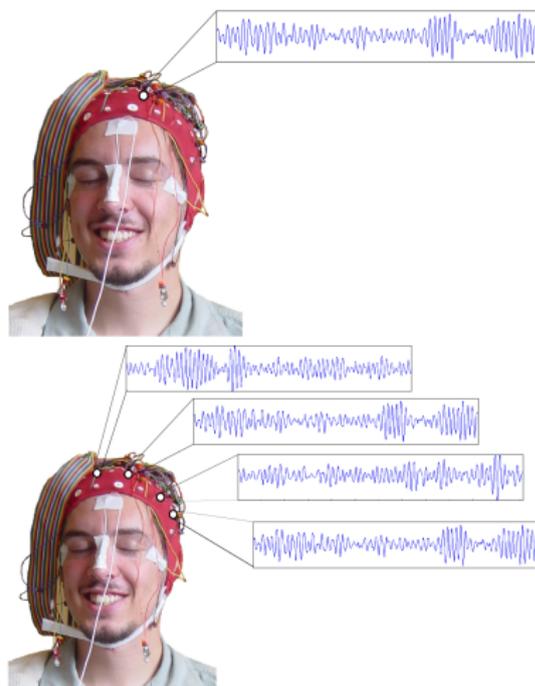
Amélioration du calcul de la désynchronisation



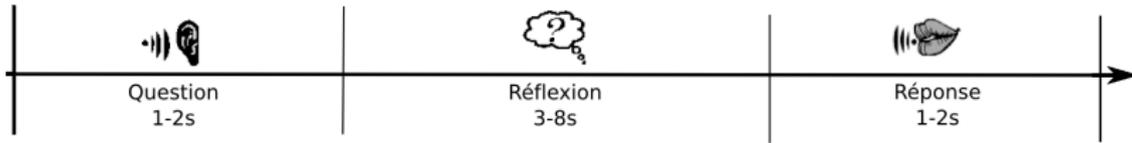
- ✓ Amélioration de la précision
- ✓ Facilité d'interprétation
- ➡ Dans un cadre limité aux réponses cérébrales similaires

Plan

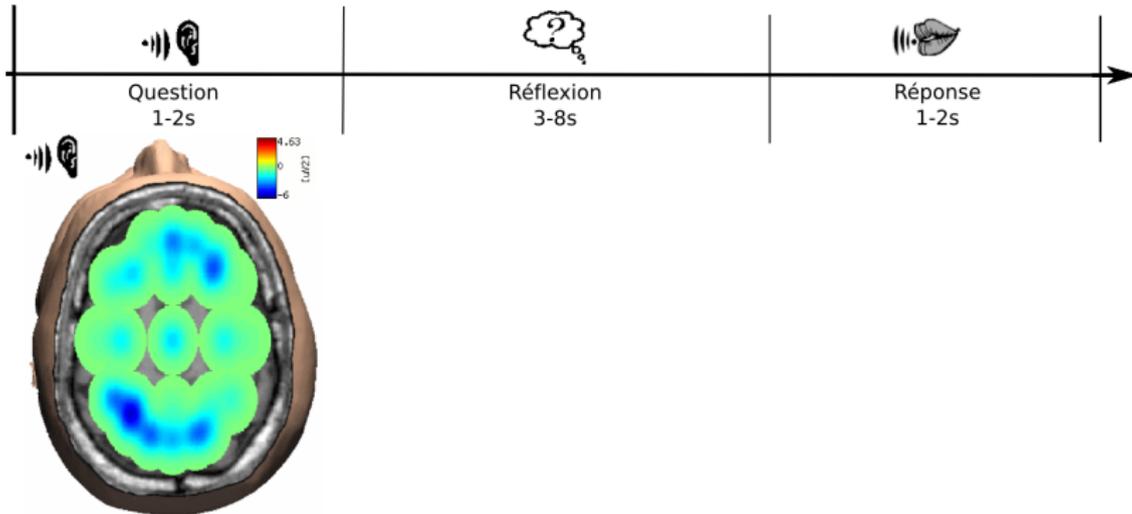
- 1 Description et quantification
 - Analyse temps-fréquence
 - Segmentation
 - Modélisation
- 2 Structuration et comparaison
 - Structure de graphe
 - Appariement
- 3 **Validation**
 - Protocole d'acquisition
 - Segmentation
 - **Appariement**
 - Récapitulatif
- 4 Conclusion et perspectives



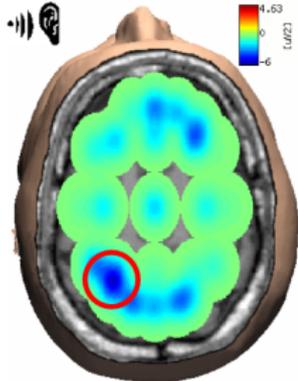
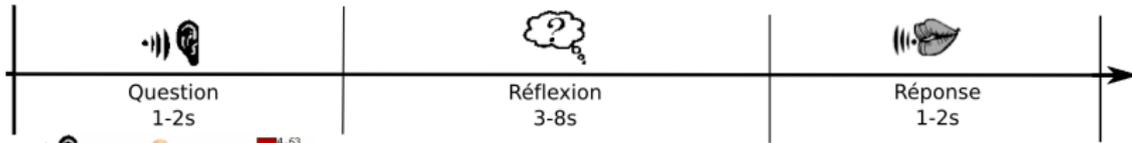
Processus cognitif



Processus cognitif



Processus cognitif

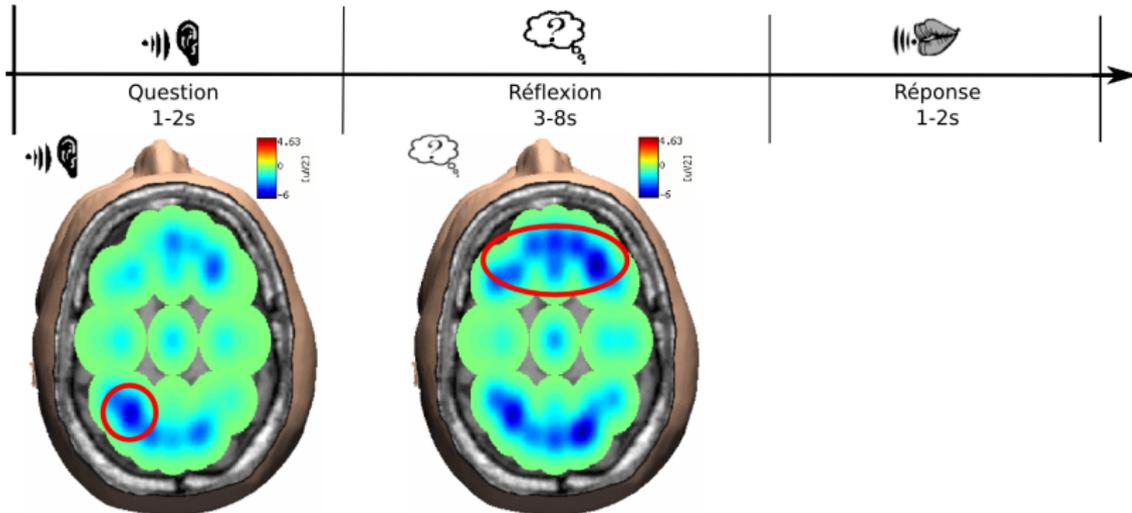


désynchronisation
pariéto-occipitale
➡ réception et décodage
du message auditif

désynchronisation
frontale
➡ résolution de
l'estimation

désynchronisation
centrale
➡ expression de la
réponse

Processus cognitif

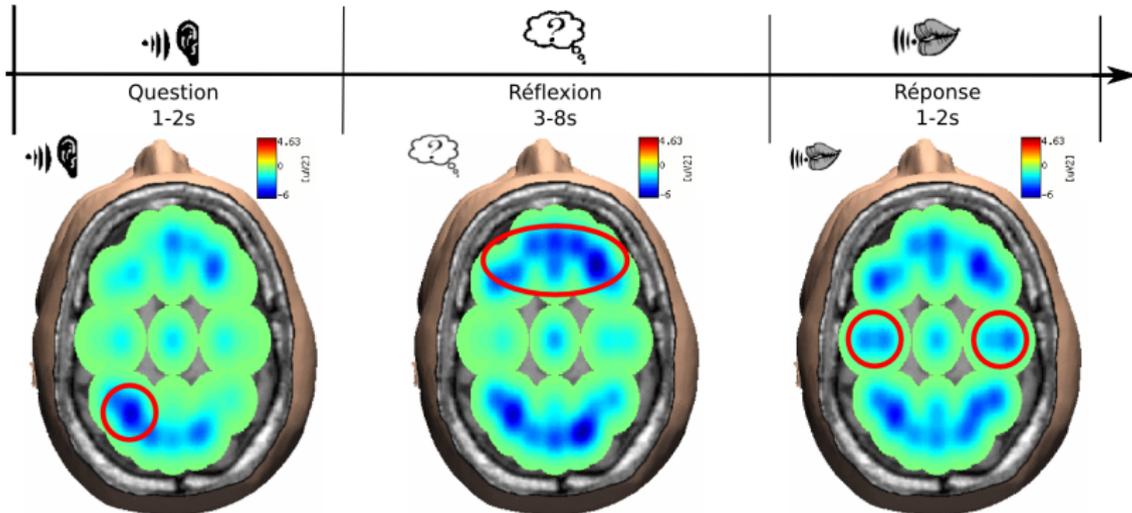


désynchronisation
pariéto-occipitale
➡ réception et décodage
du message auditif

désynchronisation
frontale
➡ résolution de
l'estimation

désynchronisation
centrale
➡ expression de la
réponse

Processus cognitif



désynchronisation
pariéto-occipitale
➡ réception et décodage
du message auditif

désynchronisation
frontale
➡ résolution de
l'estimation

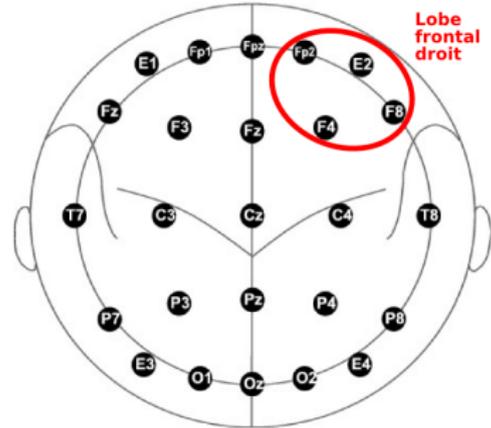
désynchronisation
centrale
➡ expression de la
réponse

Graphe médian

Étape de calcul

- 1 Sélection des électrodes
- 2 Construction des graphes à partir de l'ensemble des 160 signaux
(4 électrodes \times 40 questions)
- 3 Appariement de l'ensemble des graphes entre eux
- 4 Graphe médian \Rightarrow graphe qui maximise la somme des similitudes

$$\bar{g} = \operatorname{argmax} \sum_{i=1}^n s(g, g_i)$$

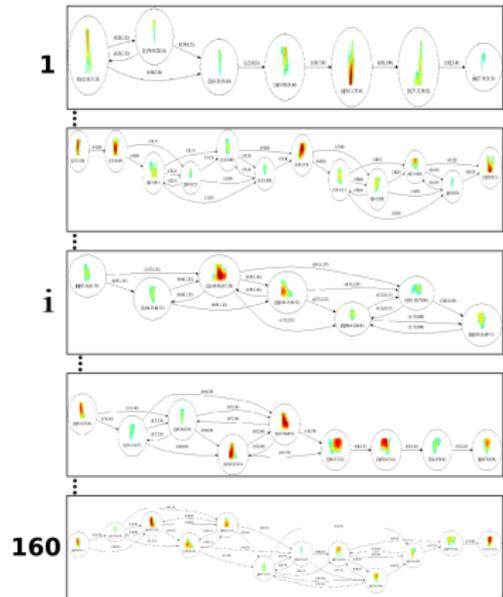


Graphe médian

Étape de calcul

- 1 Sélection des électrodes
- 2 Construction des graphes à partir de l'ensemble des 160 signaux
(4 électrodes \times 40 questions)
- 3 Appariement de l'ensemble des graphes entre eux
- 4 Graphe médian \Rightarrow graphe qui maximise la somme des similitudes

$$\bar{g} = \operatorname{argmax} \sum_{i=1}^n s(g, g_i)$$

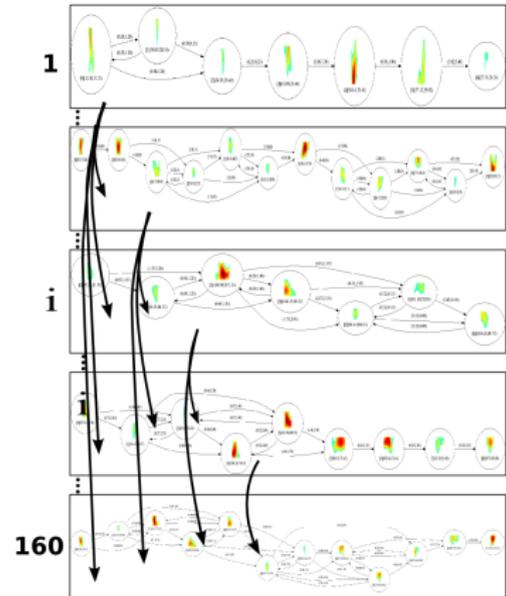


Graphe médian

Étape de calcul

- 1 Sélection des électrodes
- 2 Construction des graphes à partir de l'ensemble des 160 signaux
(4 électrodes \times 40 questions)
- 3 Appariement de l'ensemble des graphes entre eux
- 4 Graphe médian \Rightarrow graphe qui maximise la somme des similitudes

$$\bar{g} = \operatorname{argmax} \sum_{i=1}^n s(g, g_i)$$

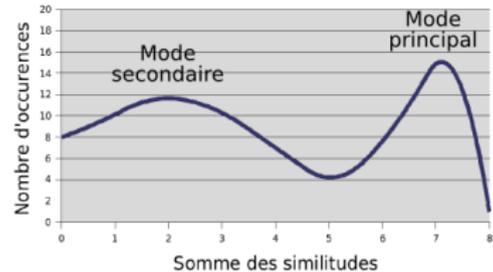


Graphe médian

Étape de calcul

- 1 Sélection des électrodes
- 2 Construction des graphes à partir de l'ensemble des 160 signaux
(4 électrodes \times 40 questions)
- 3 Appariement de l'ensemble des graphes entre eux
- 4 Graphe médian \Rightarrow graphe qui maximise la somme des similitudes

$$\bar{g} = \operatorname{argmax} \sum_{i=1}^n s(g, g_i)$$



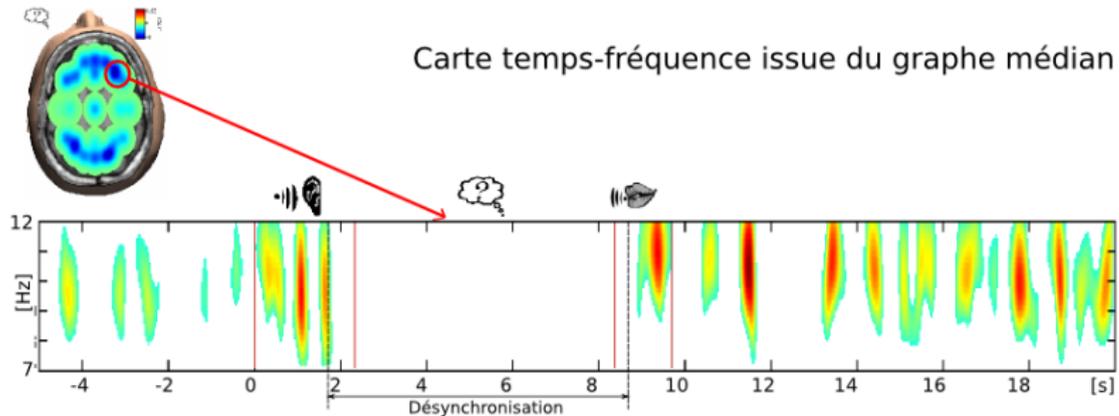
Distribution des sommes des similitudes

- 2 modes
- graphe médian appartient au mode principal
- signification du mode secondaire ?

Graphe médian

Intérêt

- Visualisation et description fine du motif de réponse
- Estimation du délai entre graphes proches

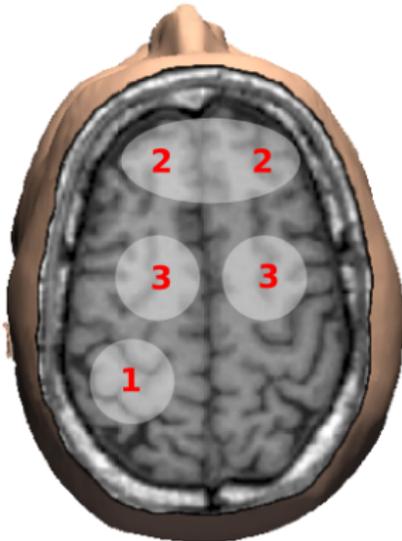


Hypothèse vérifiée de désynchronisation durant la période de réflexion

Graphe médian

Intérêt

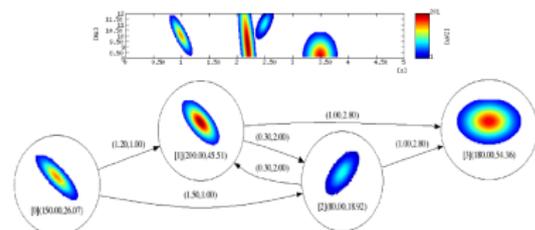
- Visualisation et description fine du motif de réponse
- Estimation du délai entre graphes proches



- 1 Calcul du graphe médian de deux aires distinctes
- 2 Estimation du sens du transfert de l'influx nerveux

Plan

- 1 Description et quantification
 - Analyse temps-fréquence
 - Segmentation
 - Modélisation
- 2 Structuration et comparaison
 - Structure de graphe
 - Appariement
- 3 **Validation**
 - Protocole d'acquisition
 - Segmentation
 - Appariement
 - **Récapitulatif**
- 4 Conclusion et perspectives



Plan

- 1 Description et quantification
 - Analyse temps-fréquence
 - Segmentation
 - Modélisation
- 2 Structuration et comparaison
 - Structure de graphe
 - Appariement
- 3 Validation
 - Protocole d'acquisition
 - Segmentation
 - Appariement
 - Récapitulatif
- 4 Conclusion et perspectives

Conclusion

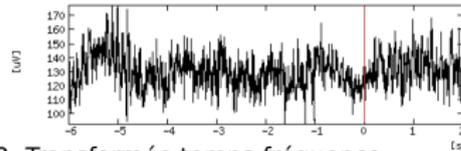
Méthodologie d'analyse des phénomènes de synchronisation neuronales basée sur :

- 1 paradigme de pixelisation
- 2 graphe

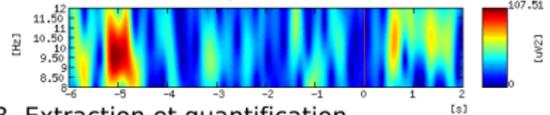
Paradigme de pixelisation

- Signal en une dimension
 ↳ images informatives en deux dimensions
- Utilisation de techniques de traitement d'image

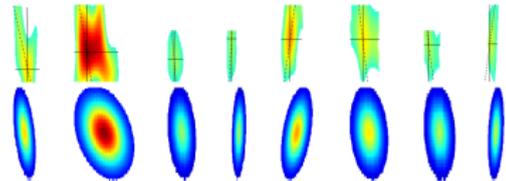
1- Signaux bruts



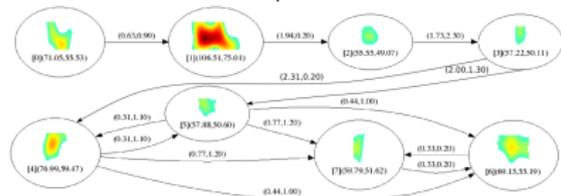
2- Transformée temps-fréquence



3- Extraction et quantification



4- Structuration et comparaison



Conclusion

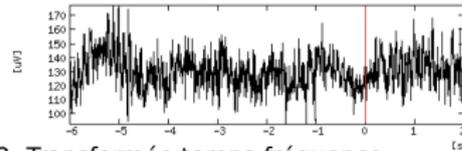
Méthodologie d'analyse des phénomènes de synchronisation neuronales basée sur :

- 1 paradigme de pixelisation
- 2 graphe

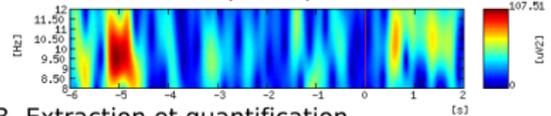
Graphe

- Intégration des dimensions du problème
- Description d'une structure de réponse (motifs)

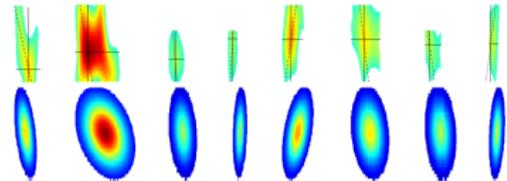
1- Signaux bruts



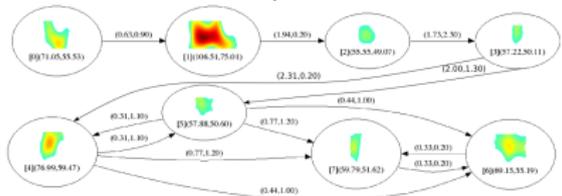
2- Transformée temps-fréquence



3- Extraction et quantification



4- Structuration et comparaison



Contributions

D'un point de vue scientifique

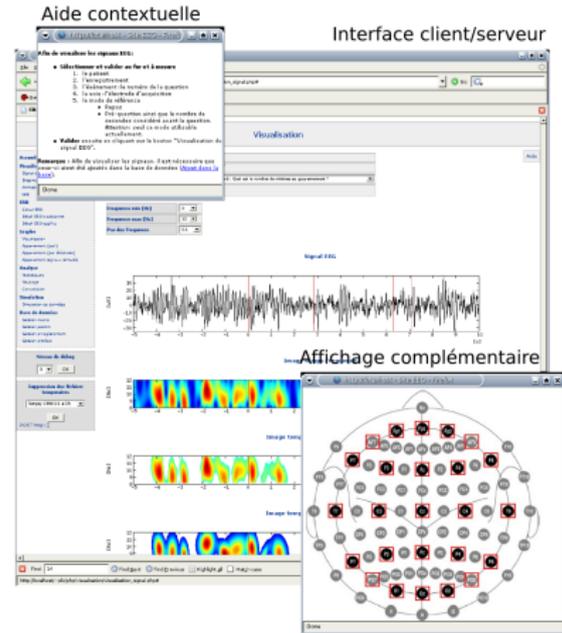
- Chaîne de visualisation des résultats
 - dialogue avec l'expert pour chaque étape
- Amélioration des techniques de désynchronisation liée à l'évènement
 - interpolation temporelle avec respect de la structure et des fréquences
- Modélisation
 - réduction importante des quantités de données
- Illustration de l'intérêt des graphes
 - recherche et analyse de motifs particuliers

Contributions

D'un point de vue technique

Logiciel de recherche clinique

- Gestion des différents formats de données
- Potentiel évoqué
- Désynchronisation liée à l'évènement améliorée
- Compression des données
- Calcul de la réponse corticale type
- Recherche de motifs
 - micro-éveils
 - maturation et sommeil chez le nouveau né
 - ...

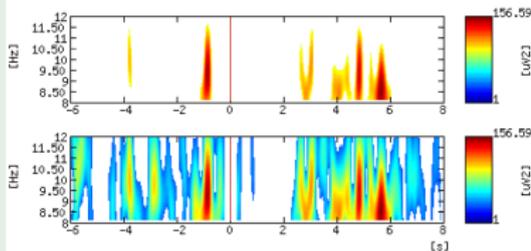


Perspectives

Méthodologie

- Construction hiérarchique des graphes
 - ➡ Niveau de détail dépendant du contexte
 - ➡ Dimension spatiale
- Amélioration de la métrique d'appariement

Niveau de détail



Dimension spatiale



Perspectives

Physiologie

- Approfondissement de l'étude physiologique des caractéristiques des bouffées d'énergie
 - ➡ Amélioration de la métrique locale et globale
- Intégration multi-modalitaire
 - ➡ Graphe de sources activées
 - ➡ IRM, IRMf, TEP

Cognition

- Recherche de motifs
 - ➡ différenciation sain/pathologique
- Identification des classes de réponses
 - ➡ Réponses principales et réponses secondaires

Perspectives

Physiologie

- Approfondissement de l'étude physiologique des caractéristiques des bouffées d'énergie
 - ➡ Amélioration de la métrique locale et globale
- Intégration multi-modalitaire
 - ➡ Graphe de sources activées
 - ➡ IRM, IRMf, TEP

Cognition

- Recherche de motifs
 - ➡ différenciation sain/pathologique
- Identification des classes de réponses
 - ➡ Réponses principales et réponses secondaires

