

OCTOBRE 2024 – VOL. 14 N° 1

ACTIVITÉ OSCILLATOIRE DANS LE RÉSEAU CÉRÉBRAL FRONTO-PARIÉTAL ET MÉMOIRE DE TRAVAIL VISUO-SPATIALE

NOÉMIE FONTAINE^{1,2*}, ÉMILIE CLOUTIER DEBAQUE^{1,2}, PHILIPPE ALBOUY^{1,2} &
ROXANE S. HOYER^{1,2}

¹École de psychologie, Université Laval, Québec, QC, Canada

²Centre de recherche CERVO, Québec, QC, Canada

*noemie.fontaine.1@ulaval.ca

Pour citer l'article

Fontaine, N., Cloutier Debaque, É., Albouy, P. & Hoyer, R. S. (2024). Activité oscillatoire dans le réseau cérébral fronto-pariétal et mémoire de travail visuo-spatiale. *Psycause: Revue scientifique étudiante de l'École de psychologie de l'Université Laval*, 14(1), 27-34.

Droits d'auteur

© 2024 Fontaine, Cloutier Debaque, Albouy & Hoyer. Cet article est distribué en libre accès selon les termes d'une licence Creative Commons Attribution 4.0 International (de type CC-BY 4.0) qui permet l'utilisation du contenu des articles publiés de façon libre, tant que chaque auteur ou autrice du document original à la publication de l'article soit cité(e) et référencé(e) de façon appropriée.

ACTIVITÉ OSCILLATOIRE DANS LE RÉSEAU CÉRÉBRAL FRONTO-PARIÉTAL ET MÉMOIRE DE TRAVAIL VISUO-SPATIALE

Noémie FONTAINE^{1,2*}, Émilie CLOUTIER DEBAQUE^{1,2}, Philippe ALBOUY^{1,2} & Roxane S. HOYER^{1,2}

¹École de psychologie, Université Laval, Québec, QC, Canada

²Centre de recherche CERVO, Québec, QC, Canada

*noemie.fontaine.1@ulaval.ca

Résumé

Les oscillations (fluctuations de l'activité cérébrale) ont un rôle fonctionnel dans la cognition. Elles supportent divers mécanismes cognitifs au sein d'un même réseau, notamment en fonction de leur fréquence. Lorsque le rôle des oscillations dans une fonction cognitive est bien défini, leur rythme peut être modulé grâce à des techniques de neurostimulation (p. ex. stimulation magnétique transcrânienne, stimulation visuelle rythmique). Par exemple, le rythme thêta (4 à 8 Hz) favorise les performances de mémoire de travail et une stimulation du réseau fronto-pariétal à ce rythme améliore les performances comportementales dans des tâches de mémoire auditive (Albouy et al., 2017, 2022). La présente étude avait pour objectif de définir le rôle fonctionnel des oscillations cérébrales mesurées via électroencéphalogramme (EEG) durant une nouvelle tâche de mémoire de travail (MDT) visuo-spatiale (N=20, adultes sains). Les résultats indiquent que des dynamiques oscillatoires spécifiques dans le réseau fronto-pariétal impliquant les rythmes delta (1-3 Hz), thêta (4-8 Hz), alpha (9-14 Hz) et gamma (+de 30 Hz) sont associées à la création et à la modification de la trace mnésique dans le cerveau. Ces nouvelles connaissances permettront de développer de futures approches de neurostimulation pour améliorer les capacités de MDT.

Mots-clés : Oscillations cérébrales, électroencéphalogramme (EEG), mémoire de travail

Abstract

Brain oscillations (fluctuations in brain activity) play a functional role in cognition: within the same network, they underlie different cognitive mechanisms, especially according to their frequency. When the relationship between a specific oscillatory activity and cognitive mechanisms is well known, brain rhythms can be modulated using neurostimulation techniques (e.g., transcranial magnetic stimulation, rhythmic visual stimulation). For instance, it has been shown that theta rhythm (4 to 8 Hz) supports good working memory performance. Stimulating the fronto-parietal network at this rhythm during an auditory working memory task improves participants' task performance (Albouy et al., 2017, 2022). This study aims to define the functional role of brain oscillations measured with an electroencephalogram (EEG) during a new visuo-spatial working memory task (N=20, healthy adults). The results indicate that specific fronto-parietal oscillatory dynamics involving theta (4-8 Hz), alpha (9-14 Hz), and gamma (+30 Hz) rhythms are associated with the creation and modification of the memory trace. These new findings will be used to develop new information-based neurostimulation approaches targeting specific brain oscillatory activity associated with the creation or modification of the memory trace.

Keywords: Brain oscillations, electroencephalogram (EEG), working memory

Les oscillations cérébrales sont des variations de la fréquence de l'activité électrique des neurones dans le cerveau. La fréquence de cette activité cérébrale est définie par le nombre de cycles observés en une seconde. Par exemple, cinq cycles par seconde équivalent à une activité de 5 Hz. Les oscillations sont généralement classées en bandes de fréquences qui portent chacune un nom différent : delta (1-3 Hz), thêta (4-8 Hz), alpha (9-14 Hz), bêta (15-30 Hz) et gamma (+de 30 Hz; Ward, 2003). Plus il y a de neurones qui déchargent de manière synchrone à une fréquence donnée, plus l'amplitude de la réponse oscillatoire est augmentée, ce qui correspond à une synchronisation de l'activité oscillatoire par rapport à l'activité au repos (Jensen et al., 2014). Une diminution de l'amplitude par rapport au repos correspond en revanche à une désynchronisation de

cette activité (Jensen et al., 2014). Les oscillations et leur fréquence traduisent le déclenchement, dans le cerveau, de traitements spécifiques de l'information. Les oscillations ont donc un rôle fonctionnel dans la cognition. En effet, certaines de leurs caractéristiques comme leur puissance (c.-à-d. l'importance de la synchronisation ou désynchronisation des oscillations dans une bande de fréquences donnée) ont été associées aux performances comportementales dans diverses tâches cognitives. Par exemple, la puissance du rythme thêta (4-8 Hz) sur des électrodes fronto-centrales chez des humains effectuant une tâche de mémoire de travail a été positivement corrélée avec les performances comportementales (c.-à-d. stockage et manipulation de l'information améliorée; Klimesh, 1999; Jensen et Tesche, 2002).

Le cerveau peut par ailleurs synchroniser ses oscillations avec des rythmes externes. Cela signifie qu'il peut modifier son activité en réponse à des stimulations de l'environnement, un processus appelé entraînement oscillatoire. Par exemple lorsqu'une image apparaît et disparaît cinq fois par seconde, les neurones du système visuel déchargent cinq fois par seconde. Les oscillations cérébrales peuvent être entraînées à l'aide de différentes techniques de neurostimulation (e.g. la stimulation magnétique transcrânienne (SMT), ou la stimulation sensorielle rythmique (SSR); Albouy et al., 2017, 2022). La modulation de ces oscillations grâce à des techniques de neurostimulation est possible uniquement lorsque les zones cérébrales concernées, les moments précis pendant une tâche et les fréquences d'entraînement de l'activité cérébrale sont bien compris.

La mémoire est une fonction cognitive multidimensionnelle. Il existe différents types de mémoire, tels que la mémoire à court terme et la mémoire de travail (MDT). La MDT est une habileté mentale impliquant deux grandes sous-fonctions : la rétention et la manipulation (Baddeley, 1992, 2012). La capacité de rétention permet de conserver les informations intactes en mémoire de façon transitoire, alors que la capacité de manipulation permet de transformer et de modifier l'information retenue à court terme pour mener à bien une tâche (p. e.x. calcul mental, rédaction; Wianda et Ross, 2019). Le vieillissement s'accompagne de modifications au niveau du fonctionnement cognitif, comme la MDT qui décline naturellement au cours de la trajectoire du vieillissement (Ska et Joannette, 2006). La MDT est également affectée dans le cadre de différents troubles neurologiques (p. e.x. trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité, Emond et Poissant, 2009). Pour ces raisons, développer des techniques pour entraîner, compenser ou améliorer la MDT est actuellement un enjeu majeur de santé publique.

Après avoir montré que la puissance des oscillations thêta dans les régions pariétales du cerveau est corrélée aux performances dans une tâche de MDT, Albouy et ses collègues (2022) ont utilisé la stimulation visuelle rythmique (SVR; présentation rythmique d'images présentées sur un écran) avant chaque essai d'une tâche de mémoire auditive pour entraîner et augmenter l'activité thêta dans le réseau fronto-pariétal. En utilisant cette technique, ces chercheurs ont réussi à améliorer les performances des participants à la tâche. Leurs résultats indiquent qu'une compréhension approfondie des dynamiques oscillatoires permettrait de définir des protocoles de stimulation optimisés pouvant induire une activité cérébrale. Ainsi, les performances mnésiques des participants pendant la tâche seraient améliorées (Albouy et al., 2022). En ce sens, avant d'appliquer la neurostimulation pour influencer le comportement, il est crucial de comprendre les diverses dynamiques oscillatoires cérébrales qui se produisent pendant les tâches cognitives.

La présente étude visait à déterminer si des techniques de neurostimulation pourraient permettre d'améliorer les performances des participants à une tâche de MDT visuo-spatiale récemment mise au point (Hoyer et al., sous presse). Dans l'optique de bien définir les futurs paramètres de neuromodulation qui permettraient de modifier efficacement les performances en MDT visuo-spatiale des participants, une étude exploratoire a été réalisée afin d'identifier les dynamiques oscillatoires dans le réseau fronto-pariétal des participants lors d'une tâche de MDT visuo-spatiale. Plus précisément, l'objectif était de déterminer les caractéristiques (fréquence, puissance, durée de l'activité, localisation dans le cerveau) des oscillations qui sous-tendent de bonnes performances en condition de rétention et en condition de manipulation. Considérant les résultats d'Albouy et collaborateurs (2022), il était attendu d'observer une activité thêta dans le réseau fronto-pariétal durant l'encodage en mémoire, de relever des différences en termes de dynamiques oscillatoires entre la condition de rétention et de manipulation et de noter une meilleure performance des participants soit en condition de rétention par rapport à la condition de manipulation (Baddeley, 1992, 2012; Albouy et al., 2022).

Méthode

Participants

Le Tableau 1 présente la distribution et les caractéristiques des participants de l'échantillon. Dans cette étude, 21 participants âgés de 18 à 35 ans ($M = 26,2$ ans) sans atteintes neurologiques connues ont été recrutés. Tous les participants ont fourni un consentement éclairé écrit et les procédures expérimentales ont été approuvées par le comité d'éthique du CIUSSS-CN (2022-2476).

Protocole

L'étude comprenait la réalisation d'une tâche de MDT visuo-spatiale pendant que l'activité cérébrale des participants était mesurée à l'aide d'un électroencéphalogramme (EEG) (Herweg et al., 2020). Des électrodes actives avec deux amplificateurs BrainAmp 32 MRPlus (Brain Products, www.brainproducts.com) ont été utilisés. L'EEG a été utilisé en continu à partir de 64 canaux (c.-à-d. électrodes) avec une électrode de référence sur le nez et une électrode terre. Le signal a été filtré par passe-bande entre 0.02 et 1 000 Hz et numérisé à une fréquence d'échantillonnage de 1 000 Hz. L'impédance des électrodes a été maintenue en dessous de 10 kilohms. Les participants exécutaient la tâche de MDT visuelle sur un ordinateur.

Tableau 1
Caractéristiques des participants de l'étude

Effectif total	Latéralité	Sexe biologique	Âge (moyenne ± écart type)	Performance à la tâche (% de bonnes réponses ± écart-type)
N = 21	Droitier : 86 % Gaucher : 14 %	Femme : 52 % Homme : 48 %	26,2 ± 2,2 (min : 22, max : 32)	Total : 87,4 ± 5,3 % Rétention : 90,8 ± 4,6 % Manipulation : 84,1 ± 6,5 %

Tâche

La tâche de MDT comportait deux conditions, soit une tâche de rétention, et une autre de manipulation. Le logiciel Presentation (Neurobehavioral Systems, Albany, Californie, États-Unis) a été utilisé pour présenter des stimuli visuels et enregistrer les réponses des participants.

Pendant la condition de rétention, une première image était présentée pendant 2,5 s. À ce moment, les participants devaient retenir la position spatiale de trois animaux se trouvant dans trois des neufs enclos différents. Par la suite, l'image disparaissait (3 s) et une deuxième image apparaissait présentant un rectangle gris à l'écran. Une troisième image présentant trois animaux dans trois enclos apparaissait, et les participants devaient indiquer rapidement (3 s) si oui ou non les animaux étaient placés dans les bons enclos par rapport à l'image présentée au départ.

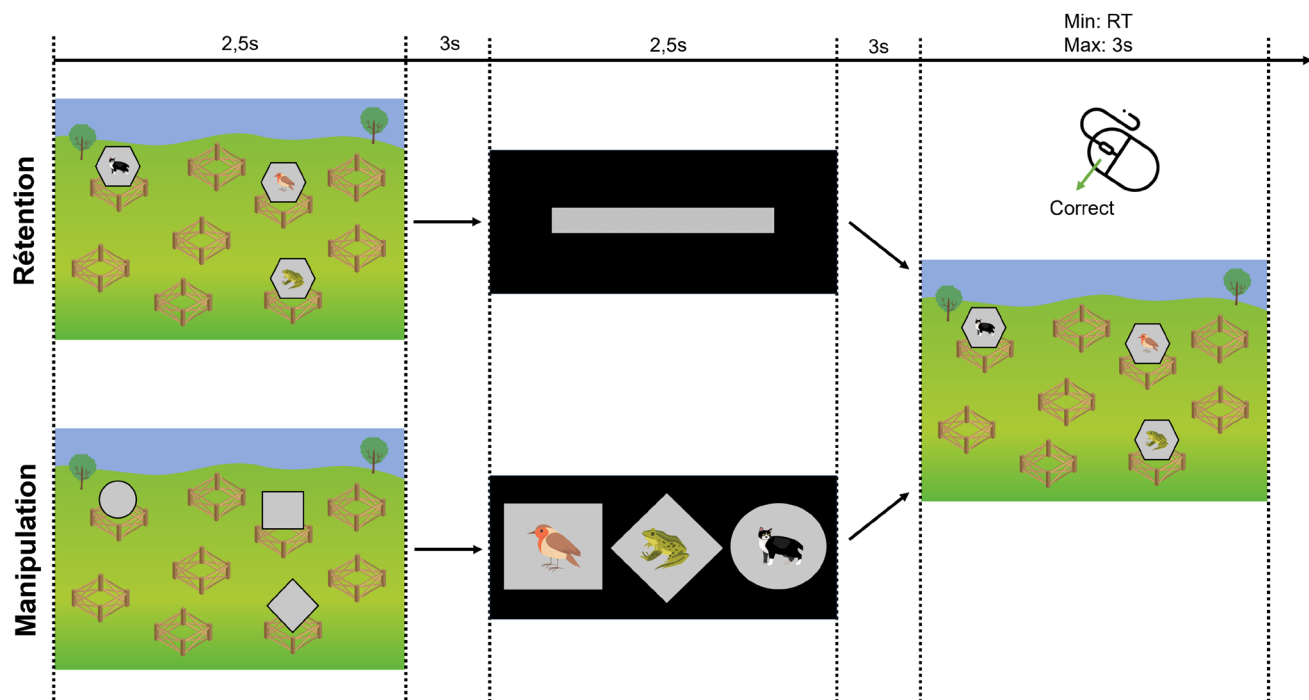
Pour la condition de manipulation, la tâche consistait à retenir la position spatiale de trois formes grises géométriques se trouvant au-dessus de trois enclos différents pendant 2,5 s.

Par la suite, l'image disparaissait (3 s) et une seconde image était présentée (2,5 s). Sur cette seconde image, les trois formes grises étaient présentées (2,5 s) au centre de l'écran, cette fois-ci avec des animaux à l'intérieur des formes (p. e.x. un chat dans un cercle). À ce moment, les participants devaient replacer mentalement les animaux dans leurs bons enclos en se basant sur les formes présentes dans les images. (Voir Fig. 1; p. ex. le chat doit être placé où se trouvait le cercle sur l'image 1). Les participants devaient donc manipuler l'information visuelle. Ensuite, l'image disparaissait (3 s) pour être remplacée par une autre contenant trois animaux au-dessus de trois des neufs enclos. À ce moment, les participants devaient dire si oui ou non les animaux étaient situés au-dessus des bons enclos (voir Fig.1).

Indépendamment de la condition de mémoire en rétention ou en manipulation (dans 50 % des essais), les animaux étaient dans les bons enclos sur la troisième image (essais congruents) alors que dans les 50 % essais restants, les animaux n'étaient pas dans les bons enclos (essais incongruents). Les participants pouvaient rencontrer quatre types

Figure 1

Illustration des essais de rétention et de manipulation (essais congruents : 50%) de la tâche de mémoire de travail visuo-spatiale



d'essais incongruents : sur la troisième image, les participants pouvaient voir un animal (1) ayant des caractéristiques différentes (p. e.x. couleur) (2) ayant été remplacé par un autre animal (p. e.x. un chat remplacé par un oiseau) (3) dont la position a été intervertie avec celle d'un autre animal, ou, enfin, (4) dans un des enclos adjacents à sa position initiale.

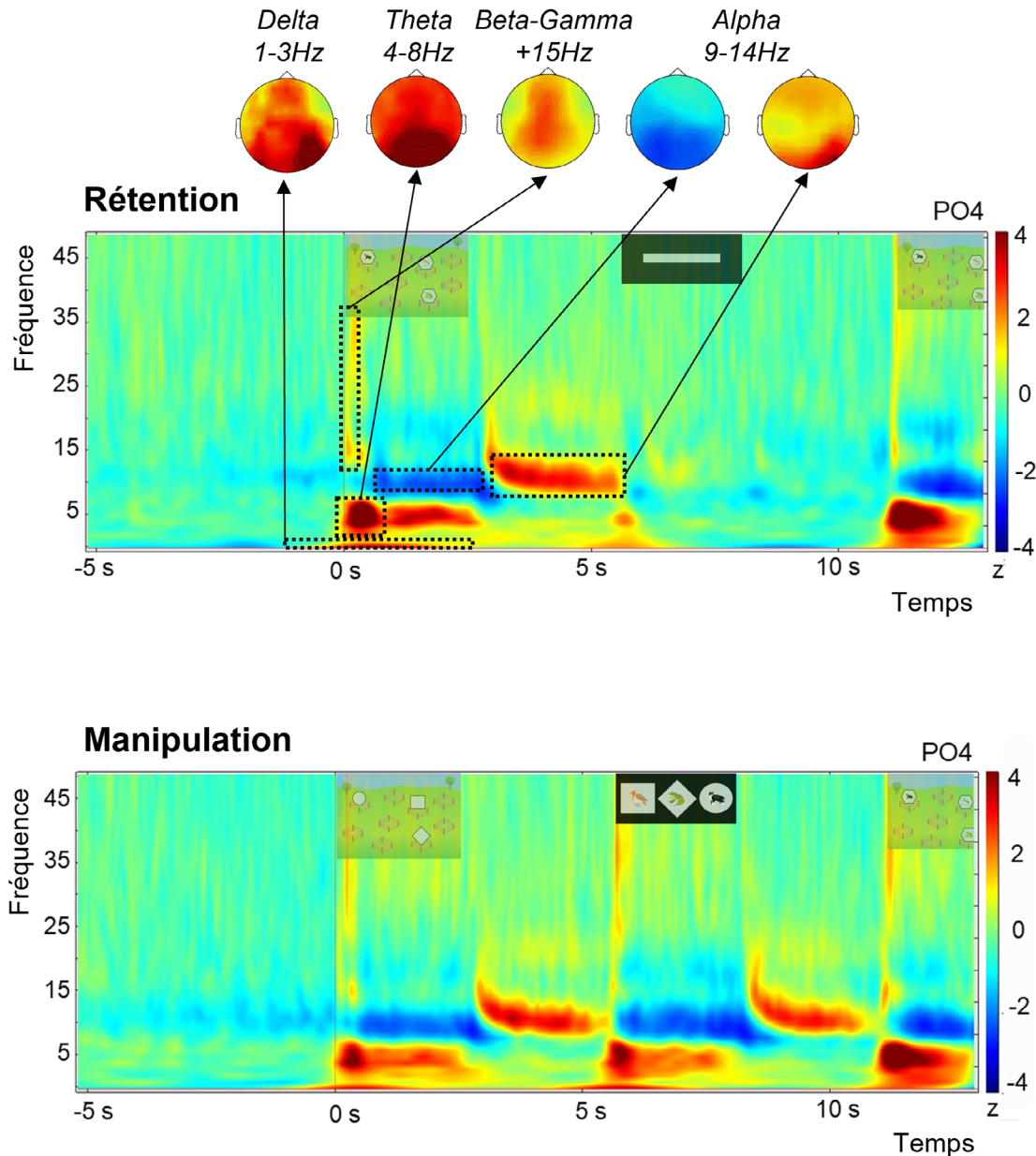
Au total, cinq blocs en rétention et cinq blocs en manipulation étaient présentés pour une durée totale de 2h30 de passation. Chacun des blocs comprenait 32 essais (16 essais congruents et 16 essais incongruents). Les différents animaux et leur position spatiale étaient présentés de manière équilibrée entre les différents blocs et conditions de mémoire.

Analyses

Les données EEG ont été prétraitées afin de nettoyer le signal (retrait du signal non lié à l'activité cérébrale). Les saccades et clignements des yeux ont été retirés grâce à une Analyse des composantes indépendantes (ACI). Un filtre notch (60-120-180 Hz, retrait du signal lié au courant du secteur) et un filtre passe-bande (0,3-80 Hz, retrait des ondes très lentes et très rapides) ont également été utilisés. Des décompositions temps-fréquence ont ensuite été effectuées pour chaque électrode en utilisant une transformation en ondelettes (Morlet) complexes, avec une forme gaussienne à la fois dans les domaines temporel ($SD \sigma_t$) et fréquentiel ($SD \sigma_f$) autour de la fréquence centrale (f_0).

Figure 2

Cartes temps-fréquence représentant la puissance de l'activité cérébrale oscillatoire moyenne dans les essais de rétention et de manipulation pendant la tâche de mémoire de travail visuo-spatiale



La famille des ondelettes a été définie par $(f_0/\sigma_f) = 7$, avec f_0 compris entre 2 et 80 Hz par pas de 1 Hz. La décomposition temps-fréquence a été appliquée pour chaque essai, puis moyennée entre les essais, ce qui a permis d'obtenir une estimation de l'amplitude des oscillations pour chaque échantillon de temps et pour chaque fréquence comprise entre 2 et 80 Hz. Les décompositions temps-fréquence ont ensuite été normalisées par rapport à une période-repos (période de référence entre -4 000 et 0 ms avant la présentation de la première image).

Les données comportementales ont été modélisées selon une approche linéaire mixte généralisée en analysant la proportion de réponses correctes et incorrectes. La variabilité entre les données brutes des sujets a été modélisée par maximum de vraisemblance en définissant des intercepts aléatoires par sujet. Les analyses statistiques ont été réalisées avec R version 3.4.1 en utilisant les modules lme4 (Bates et al., 2015) et car (Fox et Weisberg, 2018). Des facteurs fixes (conditions de mémoire : rétention vs manipulation) et aléatoires (sujet) ont été pris en compte dans la modélisation statistique. Un test de Wald (χ^2) a ensuite été réalisé. Ce test a été choisi plutôt qu'un test de rapport de vraisemblance, puisqu'un seul modèle a été utilisé dans cette étude et seul un effet simple (condition de mémoire) a été testé.

Les analyses réalisées sur les données EEG ont été des comparaisons des conditions de mémoire à travers les participants soit test-t apparié avec des stimulations de Monte-Carlo (1000 aléatoires) et des corrections par facteur de temps de 1800 ms (FDR; c.-à-d. une correction par un nombre équivalent de tests). Ensuite, des corrélations de Pearson entre la puissance de l'activité oscillatoire et le pourcentage de bonnes réponses ont été réalisées.

Un seuil alpha (α) de 0,05 a été utilisé pour établir la significativité des analyses comportementales et d'EEG.

Résultats

Activité oscillatoire commune et différente en condition rétention et manipulation

De façon cohérente avec ce qui était attendu, les participants ont obtenu de meilleurs résultats dans la condition de rétention (91% de bonnes réponses) que dans la condition de manipulation (84 % de bonnes réponses ; $\chi^2(1) = 52,1$; $p < 0,001$).

Pour les conditions de rétention et de manipulation, lorsque la première image était présentée au participant, il était possible d'observer une augmentation de la puissance des oscillations bêta et gamma dans les deux conditions de mémoire en plus d'une synchronisation des oscillations thêta. La puissance du thêta était plus élevée en condition de rétention

qu'en condition de manipulation. Également, durant la présentation de la première image, il était possible d'observer une désynchronisation de l'alpha suivie d'une synchronisation dans cette même bande de fréquences dès que la première image disparaissait. En condition de manipulation, ces patrons oscillatoires se répétaient lorsque la trace mnésique devait être récupérée et modifiée (voir Fig. 2).

Corrélation entre l'activité oscillatoire dans différentes bandes de fréquences et les pourcentages de bonnes réponses

Une bonne performance à la tâche en condition de rétention était associée à des changements de puissance dans des bandes de fréquences spécifiques.

Plus spécifiquement, en condition de rétention, lorsque la première image était présentée, les bonnes performances étaient associées à une synchronisation des oscillations thêta dans les régions pariéto-occipitales ($r = 0,52$) et une désynchronisation des oscillations de l'alpha en régions frontales ($r = -0,71$). Durant la période de rétention, la désynchronisation des oscillations alpha en régions pariéto-occipitales est également corrélée aux bonnes performances ($r = -0,58$).

En condition de manipulation, la désynchronisation de l'alpha en régions pariéto-occipitales avant la présentation du stimulus était associée aux bonnes réponses ($r = 0,55$). Dans ces mêmes régions, la désynchronisation des oscillations alpha était également associée aux bonnes performances lorsque la première image était présentée ($r = -0,57$) et lorsque les participants devaient mentalement replacer les animaux dans leurs enclos ($r = -0,62$). Par ailleurs, les synchronisations des oscillations delta et thêta en régions frontales était également associée aux bonnes réponses lors de la présentation de la première image (respectivement $r = 0,60$ et $r = 0,48$) ainsi que lors de la manipulation mentale des informations (respectivement $r = 0,59$ et $r = 0,60$).

Considérés dans leur ensemble, ces résultats supportent donc l'hypothèse selon laquelle la performance dans les deux conditions serait liée à des profils d'activation cérébrale différents (voir Fig. 3)

Discussion

La présente étude s'est intéressée aux différences de performance comportementale et d'activité cérébrale entre les conditions de rétention et de manipulation d'une nouvelle tâche de MDT visuo-spatiale afin de déterminer si elles sollicitaient l'utilisation de processus cognitifs différents (c.-à-d. création et maintien ou modification de la trace mnésique). L'objectif était d'identifier l'activité cérébrale associée à de meilleures performances à la tâche. Les résultats comportementaux et d'EEG suggèrent que différents rythmes

cérébraux sont associés à de bonnes performances durant la nouvelle tâche de MDT.

En condition de rétention et de manipulation, les résultats ont révélé une augmentation transitoire de la puissance des rythmes bêta et gamma par rapport à l'activité cérébrale de référence; cette activité de haute fréquence reflèterait l'extraction des caractéristiques physiques et spatiales des items à retenir en mémoire (Düzel et al., 2010), soit les caractéristiques des animaux et leur localisation. Également, les résultats ont montré une augmentation de la puissance des oscillations thêta; cette augmentation était plus importante en condition de rétention qu'en condition de manipulation. Lorsque les participants voyaient la première image des essais de la tâche, ils devaient encoder les différentes caractéristiques physiques des animaux ainsi que leurs positions au-dessus des enclos. Ce travail demanderait un effort plus soutenu qu'en condition de manipulation, où seules les formes géométriques présentées sur la première image devaient être encodées.

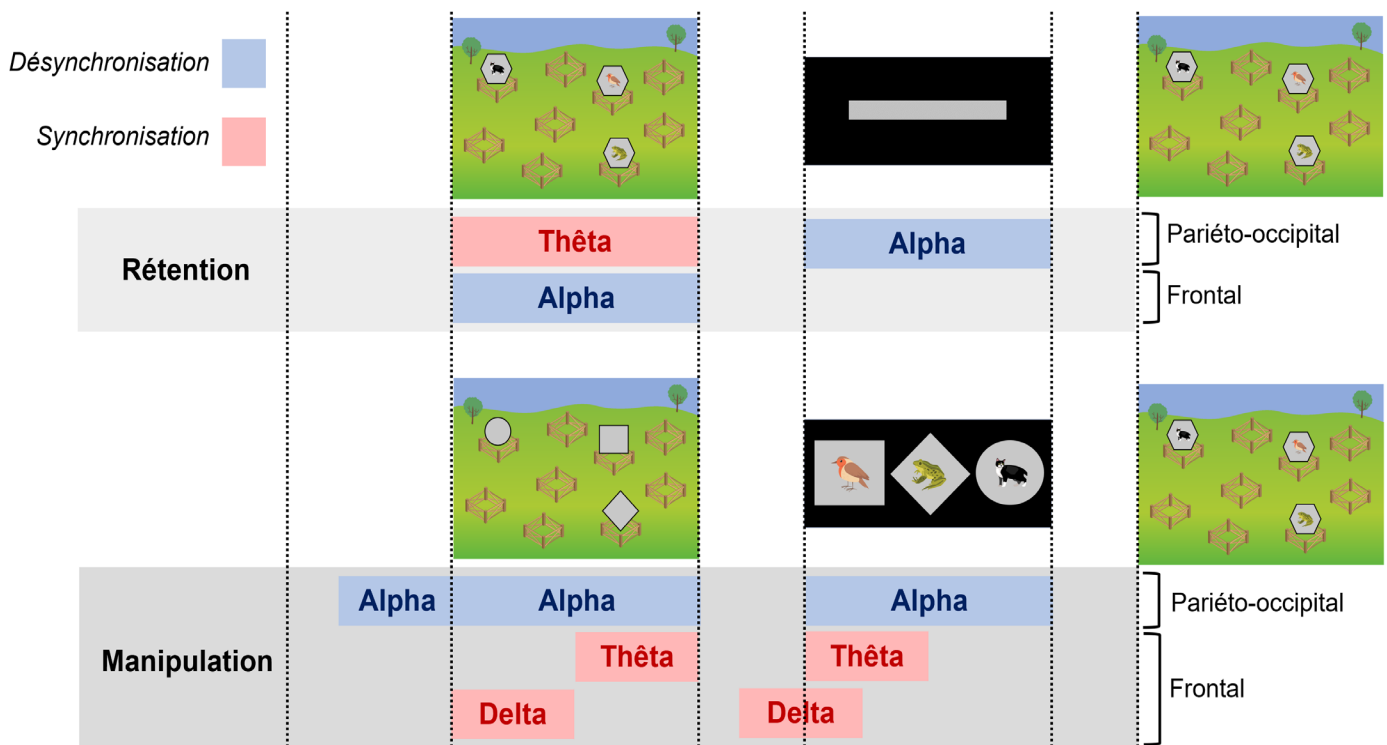
En condition de rétention, la synchronisation thêta pariéto-occipitale était associée aux bonnes performances. Le rythme thêta sous-tendrait l'encodage des différentes informations de l'image à retenir et favoriserait l'intégration de ces caractéristiques pour former un ensemble cohérent (Ward, 2003). Cet exercice, qui demande une attention et une concentration particulières, serait aussi soutenu par le rythme alpha, qui jouerait un rôle dans la facilitation du

traitement de l'information pertinente et le blocage des informations non pertinentes (Klimesh, 1999; Jensen et Tesche, 2002). Dans cette étude, la désynchronisation des oscillations alpha pariéto-occipitale, observable tant en condition de rétention que de manipulation, était associée à de bonnes performances. La désynchronisation de l'alpha permettrait de faire entrer le maximum d'informations sensorielles pertinentes en mémoire alors qu'à l'inverse, sa synchronisation bloquerait l'entrée de ces informations dans le cerveau (Foxe & Snyder, 2011). Il a aussi été observé, qu'avant même que les informations à encoder et manipuler ne soient présentées, la désynchronisation des oscillations alpha était associée à la manipulation efficace des informations. Ceci suggère que l'état attentionnel général des participants peut influencer la réalisation de la tâche (Melcón et al., 2024).

Enfin, en condition de manipulation seulement, la synchronisation des oscillations delta des régions frontales était associée aux bonnes performances à la tâche. Le rôle fonctionnel de ces oscillations delta reste à ce jour mal compris. Ce rythme contribuerait notamment à l'inhibition attentionnelle (Harmony, 2013) et à la bonne communication entre des aires cérébrales distantes (Nácher et al., 2013). Dans cette étude, il est ainsi possible de supposer que la présence de ce rythme dans les régions frontales reflète leur implication dans la gestion de la charge cognitive liée à la manipulation des informations en mémoire.

Figure 3

Résumé graphique montrant l'activité oscillatoire associée au pourcentage de réponses correctes à la tâche de mémoire de travail visuo-spatiale



Conclusion

En conclusion, cette étude a permis d'identifier les différents marqueurs oscillatoires associés à l'efficacité de la MDT visuo-spatiale. Plus précisément, des profils oscillatoires différents ont été caractérisés pour la rétention et la manipulation de l'information mnésique. En condition de rétention, les oscillations cérébrales émergeaient à des moments précis du traitement d'information et permettaient de créer une trace mnésique afin de maintenir l'information en mémoire pendant une courte période. En condition de manipulation, cette même trace mnésique (même modèle oscillatoire) se réactivait pour que l'information mentale puisse être modifiée. Les bonnes performances en condition de rétention étaient associées à une synchronisation des oscillations thêta pariéto-occipitales et une désynchronisation des oscillations alpha fronto-pariéto-occipitales, alors qu'en condition de manipulation, les bonnes performances à la tâche étaient associées à une désynchronisation des oscillations alpha pariéto-occipitale et une synchronisation dans les bandes de fréquences thêta et delta au niveau frontal.

Forces et limites de l'étude

Une des forces de cette étude réside dans la méthodologie du protocole. Plus précisément, peu d'études usant d'EEG ont utilisé un protocole avec des périodes particulièrement longues pour le calcul de la puissance des oscillations cérébrales. Cette durée prolongée de la tâche permet d'augmenter la précision des résultats. En contrepartie, l'échantillon représente une limite pour cette étude. En effet, l'échantillon constitué majoritairement d'étudiants universitaires n'est pas représentatif de la population en général, ce qui limite la généralisation des résultats. D'autre part, les personnes au début de la vingtaine et de la trentaine sont sous-représentées dans l'échantillon. Enfin, il est essentiel de noter que le dossier médical des participants n'a pas été vérifié. De ce fait, les informations obtenues concernant les atteintes neuropsychologiques des participants sont basées exclusivement sur des déclarations autorapportées.

Perspectives de recherche

Bien que les résultats de cette étude soient prometteurs, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour confirmer le rôle des rythmes cérébraux associés aux bonnes performances de la tâche de MDT utilisée. Afin d'explorer le lien de causalité entre les oscillations cérébrales et les performances en mémoire de travail visuo-spatiale, la stimulation magnétique transcrânienne pourrait être employée pendant la réalisation de cette nouvelle tâche lors de recherches ultérieures. Cette utilisation permettrait de moduler les différents rythmes identifiés dans la présente étude et de confirmer leur rôle fonctionnel. Dans le futur, la modulation

des différents marqueurs cérébraux de la performance de MDT pourrait s'avérer pertinente pour développer de nouvelles approches thérapeutiques destinées aux patients présentant des difficultés ou des déficits de la MDT.

Références

- Albouy, P., Baillet, S. et Zatorre, R. J. (2018). Driving working memory with frequency-tuned noninvasive brain stimulation. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1423(1), 126-137. <https://doi.org/10.1111/nyas.13664>
- Albouy, P., Weiss, A., Baillet, S. et Zatorre, R. J. (2017). Selective entrainment of theta oscillations in the dorsal stream causally enhances auditory working memory performance. *Neuron*, 94(1), 193-206.e5. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2017.03.015>
- Baddeley, A. (1992). Working Memory. *Science*, 255(5044), 556-559. <https://doi.org/10.1126/science.1736359>
- Baddeley, A. (2012). Working memory: Theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology*, 63, 1-29. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120710-100422>
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1-48. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- Düzel, E., Penny, W. D., & Burgess, N. (2010). Brain oscillations and memory. *Current Opinion in Neurobiology*, 20(2), 143-149. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2010.01.004>
- Emond, V., Joyal, C., & Poissant, H. (2009). Neuroanatomie structurelle et fonctionnelle du trouble déficitaire d'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH). *L'Encéphale*, 35(2), 107-114. <https://doi.org/10.1016/j.encep.2008.01.005>
- Foxe, J., & Snyder, A. (2011). The Role of Alpha-Band Brain Oscillations as a Sensory Suppression Mechanism during Selective Attention. *Frontiers in Psychology*, 2. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2011.00154>
- Fox, J., & Weisberg, S. (2018). *An R companion to applied regression*. SAGE Publications.
- Harmony, T. (2013). The functional significance of delta oscillations in cognitive processing. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 7. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnint.2013.00083>
- Herweg, N. A., Solomon, E. A., & Kahana, M. J. (2020). Theta Oscillations in Human Memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 24(3), 208-227. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2019.12.006>

Hoyer, R. S., Fontaine, N., Labelle, C., Ginzburg, G. & Albouy, P. Visual rhythmic stimulations differentially entrain oscillations in anterior and posterior brain networks according to task demand. (non publiée).

Jensen, O., Spaak, E., & Zumer, J. M. (2014). Human Brain Oscillations: From Physiological Mechanisms to Analysis and Cognition. Dans S. Supek & C. J. Aine (Éds.), *Magnetoencephalography: From Signals to Dynamic Cortical Networks* (p. 359–403). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-33045-2_17

Jensen, O., & Tesche, C. D. (2002). Frontal theta activity in humans increases with memory load in a working memory task. *The European Journal of Neuroscience*, 15(8), 1395–1399. <https://doi.org/10.1046/j.1460-9568.2002.01975.x>

Klimesch, W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: A review and analysis. *Brain Research. Brain Research Reviews*, 29(2–3), 169–195. [https://doi.org/10.1016/s0165-0173\(98\)00056-3](https://doi.org/10.1016/s0165-0173(98)00056-3)

Melcón, M., Stern, E., Kessel, D., Arana, L., Poch, C., Campo, P., & Capilla, A. (2024). Perception of near-threshold visual stimuli is influenced by prestimulus alpha-band amplitude but not by alpha phase. *Psychophysiology*, 61(5), e14525. <https://doi.org/10.1111/psyp.14525>

Nácher, V., Ledberg, A., Deco, G., & Romo, R. (2013). Coherent delta-band oscillations between cortical areas correlate with decision making. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(37), 15085–15090. <https://doi.org/10.1073/pnas.1314681110>

Ska, B., & Joannette, Y. (2006). Vieillesse normale et cognition. *Medicine Sciences: M/S*, 22(3), 284–287. <https://doi.org/10.1051/medsci/2006223284>

Ward, L. M. (2003). Synchronous neural oscillations and cognitive processes. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(12), 553–559. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2003.10.012>

Wianda, E., & Ross, B. (2019). The roles of alpha oscillation in working memory retention. *Brain and Behavior*, 9(4), e01263. <https://doi.org/10.1002/brb3.1263>

Pour citer l'article

Fontaine, N., Cloutier Debaque, É., Albouy, P. & Hoyer, R. S. (2024). Activité oscillatoire dans le réseau cérébral fronto-pariétal et mémoire de travail visuo-spatiale. *Psycause: Revue scientifique étudiante de l'École de psychologie de l'Université Laval*, 14(1), 27–34.

Droits d'auteur

© 2024 Fontaine, Cloutier Debaque, Albouy & Hoyer. Cet article est distribué en libre accès selon les termes d'une licence Creative Commons Attribution 4.0 International (de type CC-BY 4.0) qui permet l'utilisation du contenu des articles publiés de façon libre, tant que chaque auteur ou autrice du document original à la publication de l'article soit cité(e) et référencé(e) de façon appropriée.