

DEPARTEMENT ORTHOPHONIE
FACULTE DE MEDECINE
Pôle Formation
59045 LILLE CEDEX
Tél : 03 20 62 76 18
departement-orthophonie@univ-lille.fr



MEMOIRE

En vue de l'obtention du
Certificat de Capacité d'Orthophoniste
Présenté par

Clémence SENÉE

Soutenu publiquement en septembre 2024

Rythme et production de la parole Etude pilote de tâches basées sur le métronome et perspectives cliniques dans la maladie de Parkinson

MÉMOIRE dirigé par
Anahita BASIRAT, Maître de conférences, Université de Lille

Lille – 2024

Remerciements

Je tiens en premier lieu à remercier Madame Basirat, pour son encadrement et ses conseils éclairés tout au long de la réalisation de ce mémoire. Son expertise et sa réactivité ont grandement enrichi mon travail.

Je souhaite également adresser mes remerciements sincères à Jules Fumel, qui m'a généreusement accueillie pour les passations nécessaires à cette étude. Sa disponibilité et ses conseils ont été d'une grande aide.

Un immense merci à ma famille pour son soutien indéfectible et ses encouragements tout au long de cette aventure académique.

À mes meilleures amies, Camille et Coline, que je suis fière de bientôt pouvoir appeler mes consœurs. Je suis reconnaissante pour leur présence, leur écoute, leur aide et leurs rires qui ont rendu ce parcours plus léger et plus joyeux. Grâce à elles, mon esprit et mon corps ont tenu bon, elles ont été mon moteur pendant ces 5 années.

Un remerciement spécial à Sarah, mon binôme de mémoire, pour notre collaboration fructueuse, nos échanges constructifs et notre travail d'équipe qui a enrichi nos réflexions et nos résultats.

Je tiens aussi à exprimer toute ma reconnaissance envers Kevin pour ses multiples relectures, son aide dans la mise en page et sa compréhension qui a été un soutien dans l'aboutissement de ce parcours universitaire.

Enfin, je remercie toutes les personnes m'ayant accompagnée et formée pendant mon cursus universitaire, je pense en particulier à toutes mes maîtres de stage, tout particulièrement Violaine Martinet, Constance Rouquet et Marie-Anouk Moreau m'ayant guidée pendant cette dernière année.

Résumé :

L'effet de l'amorçage rythmique sur les capacités langagières est un sujet qui suscite un grand intérêt dans la recherche. En effet, Les interventions basées sur la musique et le rythme ont déjà prouvé leur efficacité sur certaines pathologies, particulièrement sur les patients atteints de la maladie de Parkinson, pour qui ces thérapies ont un impact sur la marche. De plus, le bénéfice de l'amorçage rythmique sur la parole et les capacités langagières a déjà été objectivé pour certaines populations. Dans l'optique d'explorer les mécanismes régissant ce bénéfice, le but de cette étude pilote est d'observer l'effet de l'amorçage rythmique sur la production de la parole chez les sujets sains et d'analyser les mécanismes sous-jacents à ce phénomène en s'appuyant sur le modèle PRISM (Processing Rhythm in Speech and Music). En d'autres termes, ce mémoire a pour objectif d'examiner, à travers une tâche de lecture de phrase consécutive à l'écoute d'une amorce rythmique régulière ou irrégulière, corrélé aux capacités de couplage sensori-moteur, de l'importance des capacités de synchronisation motrice. Celles-ci représenteraient un facteur prédictif de la capacité d'un sujet à bénéficier de l'amorçage rythmique. Malgré quelques améliorations ponctuelles, les résultats obtenus ne permettent pas de valider toutes nos hypothèses. Cependant, cette étude étant une étude pilote, les résultats restent à approfondir. Ainsi, cette étude ouvre la voie à la mise en place d'une étude similaire chez les patients atteints de la maladie de Parkinson dans le but de mettre en place de nouvelles approches thérapeutiques basées sur le rythme pour la rééducation des troubles de la parole dans la maladie de Parkinson.

Mots clés :

Maladie de Parkinson – Dysrythmie - Amorçage rythmique - Production de la parole - Tâches de métronome - Synchronisation motrice – Orthophonie – Thérapie rythmique et musicale

Abstract :

The effect of rhythmic priming on speech abilities is a subject of great interest in research. Indeed, music and rhythm-based interventions have already proven their effectiveness for several pathologies, particularly on patients with Parkinson's disease, with whom these therapies have an impact on gait. Furthermore, the benefit of rhythmic priming on speech has also been demonstrated for certain populations. To explore the mechanisms underlying this benefit, the goal of this pilot study is to observe the effect of rhythmic priming on speech production in healthy subjects and analyze the underlying mechanisms based on the PRISM model (Processing Rhythm in Speech and Music). In other words, this study aims to examine, through a sentence reading task following the regular or irregular rhythmic priming, correlated with sensorimotor coupling abilities, the importance of motor synchronization abilities. These abilities could be a predictive factor of a subject's ability to benefit from rhythmic priming. Despite some occasional improvements, our findings do not allow for a validation of all our hypotheses. However, as this is a pilot study, the results need to be further investigated. Thus, this study paves the way for implementing a similar study in patients with Parkinson's disease, with the aim of developing new rhythm-based therapeutic approaches for the rehabilitation of speech disorders in Parkinson's disease.

Key words :

Parkinson's Disease – Dysrhythmia – Rhythmic priming – Speech production – Metronome Tasks
– Motor synchronisation – Speech dans language therapy – Rhythmic and music therapy

Table des matières

| | |
|--|-----------|
| Introduction..... | 5 |
| Contexte Théorique | 2 |
| 1. Mécanismes de l'effet bénéfique de l'amorçage rythmique..... | 2 |
| 1.1 La rythmique de la parole en français | 2 |
| 1.2 Effet bénéfique de l'amorçage rythmique sur la parole et le langage | 3 |
| 1.3 Caractéristiques du rythme musical et lien avec le rythme langagier | 4 |
| 2. Théories existantes portant sur le traitement cortical du rythme et son impact sur la parole. | 5 |
| 3. Couplage sensori-moteur et synchronisation motrice | 7 |
| 4. Maladie de Parkinson et atteinte rythmique | 8 |
| Buts et hypothèses | 10 |
| Méthode | 11 |
| 1- Participants | 11 |
| 2- Matériel | 11 |
| 2.1. Matériel langagier : | 11 |
| 2.2. Matériel d'amorçage rythmique : | 12 |
| 2.3. Matériel d'évaluation de la synchronisation motrice | 13 |
| 3- Procédure..... | 13 |
| Traitement des données | 14 |
| Résultats..... | 15 |
| Discussion..... | 21 |
| Conclusion | 25 |
| Bibliographie :..... | 27 |
| Liste des annexes | 32 |
| Annexe n°1 : Caractéristiques des participants | 32 |
| Annexe n°2 : Lettre d'information | 32 |
| Annexe n°3 : Questionnaires sur la pratique et la sensibilité musicale..... | 32 |

Introduction

La maladie de Parkinson touche entre 6 et 7 millions de personnes dans le monde, elle est la deuxième maladie neurodégénérative la plus fréquente et affecte 1 % de la population de plus de 60 ans (SOFMA et al., 2020). De plus, le nombre de cas en France a plus que doublé entre 1990 et 2015 (Santé publique France, 2023). Son étude et sa compréhension sont donc primordiales et suscitent l'intérêt de nombreux chercheurs. Les altérations de la voix et de la parole touchent 70 % des patients atteints de la maladie (Viallet & Teston, 2007), parmi elles nous retrouvons la dysarthrie hypokinétique, atteinte motrice de la parole qui peut entraîner des répercussions sur tous les niveaux du langage, dont la prosodie. Souvent observée dans la maladie de Parkinson, la dysprosodie est caractérisée entre autres par une monotonie de la hauteur, une baisse de l'accentuation, un rythme langagier altéré et des pauses inadaptées (Frota et al., 2021). Toutes ces altérations de la parole impactent grandement l'intelligibilité des patients ainsi que la compréhension par l'entourage. Puyjarinet et al. (2019) évoquent une « dysrythmie généralisée » dans la maladie de Parkinson qui impacterait les capacités rythmiques à la fois au niveau de la marche, des membres supérieurs et de la sphère oro-faciale. Cet auteur émet également l'hypothèse de « mécanismes en lien avec une fonction prédictive générale qui, lorsqu'elle est la cible d'un entraînement rythmique, pourrait permettre de réduire certains troubles moteurs dans la maladie de Parkinson. »

Parallèlement, de nombreuses études menées sur l'apraxie de la parole et les troubles phonologiques (Aichert et al., 2019 ; Aichert et al., 2021) ainsi que la dyslexie, le bégaiement et les troubles du langage montrent que l'entraînement par le rythme aurait un impact sur les compétences langagières (Fiveash et al., 2021), faisant ainsi foi de l'efficacité des thérapies rythmiques sur plusieurs composantes du langage et sur plusieurs pathologies. Cette efficacité est cependant souvent attestée au niveau perceptif du traitement langagier et rarement au niveau de la production du langage, il n'a d'ailleurs jamais été objectivé sur la production orale de phrases en français. Suite à ces observations, il est intéressant de se demander si un entraînement par le rythme, qui pourrait se caractériser par une tâche de production du langage suite à l'écoute d'un stimulus rythmique, autrement appelée amorçage rythmique, pourrait avoir un impact sur la production de la parole dans la maladie de Parkinson. Cette hypothèse a été le sujet de plusieurs études préliminaires (Lacroix, 2022 ; Riegler, 2022) qui ont exploré l'impact d'une amorce rythmique régulière sur la production de la parole de patients atteints de la maladie de Parkinson. Les mécanismes sous-jacents de ce phénomène n'ont cependant que peu été explorés.

Dans ce contexte, Fiveash et al. (2021) ont proposé un cadre concernant le lien perceptif entre le traitement du rythme langagier et celui du rythme musical à travers le modèle Processing Rhythm in Speech and Music (PRISM). Celui-ci rassemble trois mécanismes communs entre le traitement musical et le traitement de la parole : un traitement auditif précis, une synchronisation des oscillations neuronales à un stimulus externe et un couplage sensori-moteur. Ce couplage sensorimoteur, peut être mesuré par les capacités rythmiques sensori-motrices. Celles-ci sont des composantes multidimensionnelles qui ont été grandement étudiées (Bégel et al., 2017 ; Fiveash et al., 2022). La tâche de synchronisation motrice à un métronome est une tâche qui permet d'évaluer à la fois les capacités de perception et de production du rythme et ainsi d'avoir une idée des compétences de couplage sensori-moteur d'un sujet.

De ce fait, ce mémoire est une étude pilote s'appuyant sur le modèle PRISM afin de répondre à deux objectifs : D'abord, examiner la présence d'une amélioration de la production de la parole via une amorce rythmique régulière chez des sujets sains. Dans un second temps, des données sensori-motrices ont été récoltées sur des sujets tout-venant afin d'observer le potentiel lien entre les capacités de synchronisation rythmiques et le bénéfice apporté par l'amorçage régulier par rapport à l'amorçage irrégulier. Enfin, dans cette étude, nous discuterons de la pertinence de ce protocole et des perspectives cliniques pour la maladie de Parkinson.

Contexte Théorique

1. Mécanismes de l'effet bénéfique de l'amorçage rythmique

1.1 La rythmique de la parole en français

La prosodie, souvent considérée comme la musique de la parole (Viallet & Teston, 2005), est une branche de la linguistique qui apparaît complexe à appréhender de par son nombre important de définitions et sa variabilité d'une langue à l'autre, en effet chaque langue a ses particularités mélodiques et temporelles (Di Cristo, 2016). C'est un sujet qui a été grandement étudié et questionné et qui permet aujourd'hui de comprendre que les éléments prosodiques sont nécessaires à la transmission et à la compréhension du message, ils permettent de véhiculer des émotions ainsi que de structurer le discours.

Le domaine de la prosodie regroupe des éléments dits suprasegmentaux car bien qu'ils appartiennent au système phonologique, ils s'ajoutent aux unités phonémiques comme les voyelles et les consonnes (Viallet & Teston, 2005). Ceux-ci sont composés d'éléments non verbaux de la parole comme l'accentuation, l'intonation, le rythme, le débit, le tempo, les pauses ou les tons (Di Cristo, 2017). Le lien entre les éléments suprasegmentaux et l'action physique de la production de la parole sont directement représentés par la variation de certains paramètres acoustiques : la fréquence fondamentale ou fréquence de vibration des cordes vocales (F0), la durée qui regroupe le débit de parole et le rythme et l'intensité (Viallet & Teston, 2005).

L'accentuation est un paramètre prosodique variable d'une langue à l'autre qui assure plusieurs fonctions : l'accent peut être métrique, lexical, syntaxique ou même pragmatique. La fonction métrique de l'accentuation joue un rôle important dans l'organisation du message sonore (Di Cristo, 2017) et dans la formation du rythme de la parole. Dans cette optique, les mots peuvent être accentogènes ou non accentogènes, c'est à dire qu'ils peuvent ou non porter un accent. En français deux niveaux d'accentuation sont reconnus : un accent primaire (accent final) porté par la dernière syllabe pleine des mots accentogènes, c'est un accent dit « tête à droite » et un accent secondaire (accent initial) attribué à la première et éventuellement seconde syllabe des mots accentogènes (Di Cristo, 2017).

L'accentuation du discours est l'un des paramètres clés de la formation du phrasé rythmique, c'est l'alternance d'unités linguistiques accentuées ou non qui va créer le rythme de la parole. Il a été prouvé que le rythme langagier a une forte valeur prédictive, il permet la

prédiction cognitive des événements à venir, il améliore la perception et la segmentation du discours en apportant des indices quant à la délimitation des mots (Fiveash et al., 2021). Le rythme est aussi impliqué dans l'accès à une partie de la forme phonologique des mots grâce aux informations métriques qu'il contient (Aichert et al., 2019). Son importance dans le traitement de la parole est donc non négligeable.

1.2 Effet bénéfique de l'amorçage rythmique sur la parole et le langage

La prosodie et le rythme étant des éléments clés de la communication et du traitement de la parole, les études et les interventions basées et portant sur le rythme se sont multipliées. C'est ainsi que l'amorçage rythmique, une technique qui lie musique et rythme en exposant le sujet à un stimulus auditif rythmique avant la réalisation d'une tâche, a été liée au langage. Cette technique avait déjà fait ses preuves sur certains processus moteurs et dans certaines pathologies, comme dans l'étude de Spaulding et al. (2013) dans laquelle il est mis en avant que la marche serait améliorée avec un amorçage rythmique chez les personnes atteintes de la maladie de Parkinson. De nombreuses études ont ainsi associé un stimulus rythmique à une tâche cible pour observer son effet sur certaines difficultés de langage, des résultats prometteurs en ont émergés (Thaut et al., 2001 ; Aichert et al., 2021 ; Späth et al., 2022). En effet, en 2012, Cason et Schön ont observé l'effet positif de l'amorçage rythmique régulier sur le traitement des informations phonologiques dans la parole. Aichert et al. (2019) ont quant à eux observé l'effet bénéfique sur l'articulation d'un stimulus rythmique langagier chez des patients présentant des troubles acquis (apraxie de la parole et aphasie avec trouble phonologique). En effet, chez les patients présentant ces troubles, les informations rythmiques et prosodiques présentes dans l'amorce régulière (série de mots ayant un rythme régulier appelé trochée) avaient un impact positif sur la production de l'item cible. Cet impact positif s'est manifesté par une baisse des erreurs segmentales, montrant ainsi l'importance du schéma métrique perçu sur la qualité de la production orale. De plus, il est intéressant de relever que l'effet d'amorçage semblait avoir un effet plus important sur les patients présentant un trouble plus lourd. Schön et Tillmann (2015) suggèrent également dans leur article que les interventions rythmiques ont le potentiel d'améliorer le traitement du langage et les résultats de rééducation dans diverses populations, notamment chez des personnes atteintes d'aphasie, de troubles du langage développementaux et de troubles de la parole. Les travaux de Benhaïm (2020) ont également apporté des preuves sur l'effet de l'amorçage rythmique sur les capacités morphosyntaxiques d'enfants atteints de TDL. Plus récemment, et sur le long terme, il a été mis en évidence qu'un entraînement rythmique permettrait de renforcer la mémoire de travail (Ahokas et al., 2024), mettant ainsi en avant l'effet bénéfique que cette thérapie pourrait avoir sur les fonctions exécutives.

Enfin, Zhang et Zhang (2019) ont mis en avant l'effet de l'amorçage rythmique sur la production de la parole et plus précisément sur la programmation motrice. En effet, cette étude portant sur des sujets tout-venant et ayant comme langue natale le chinois, a relevé un effet de la condition rythmique congruente avec la phrase cible sur la latence d'initialisation de la parole. De surcroît, la latence d'initialisation de la parole témoignerait d'une accélération de la programmation du langage et donc d'une facilitation de l'élocution. Dans ce contexte, l'efficacité d'une amorce rythmique sur le délai d'initialisation de la parole en langue française et sur des patients atteints de la maladie de Parkinson n'a encore jamais été explorée.

Pourtant, Les patients atteints de la maladie de Parkinson sont un sujet grandement évoqué en raison de leur grande capacité à se synchroniser à un rythme extérieur (Späth et al., 2022). En effet, les auteurs font le lien entre les structures anatomiques atteintes dans la maladie de Parkinson et la forte capacité à se synchroniser. Le dysfonctionnement striatal présent dans la maladie de Parkinson semble épargner, et même améliorer, la capacité des patients à s'adapter au rythme langagier de leur interlocuteur (Späth et al., 2022). Les mécanismes biologiques impliqués dans cette maladie rendent donc les patients atteints de la maladie de Parkinson très adaptés pour l'intervention par amorçage rythmique. D'autres études montrent également les effets bénéfiques de l'entraînement rythmique sur ces populations (Aichert et al., 2021). Kotz et Gunter (2015) soulignent d'ailleurs, que l'écoute d'un stimulus rythmique peut aider les patients à améliorer leur contrôle moteur et leur précision dans la production de la parole, de plus l'effet bénéfique de l'amorçage peut persister au-delà de la période d'entraînement, ce qui indique une potentielle amélioration à long terme des compétences linguistiques. Par ailleurs, la stimulation auditive rythmique (SAR) est une stimulation rythmique qui peut être réalisée avec un métronome ou avec une structure musicale plus complexe et qui permet la facilitation, l'accélération et l'initiation de la marche et des mouvements (Thaut et al., 1996 ; Keus et al., 2007 ; Lim et al. 2005 cités dans Thaut & Hoemberg, 2019). Cette thérapie ayant émergé avant l'amorçage rythmique diverge de ce dernier par son caractère simultané vis-à-vis de la tâche cible. Il a été prouvé que cette thérapie était particulièrement efficace chez les patients atteints de la maladie de Parkinson et que ces effets étaient maintenus même après l'arrêt du traitement (Pour une revue voir De Dreu et al. 2019, dans Thaut & Hoemberg, 2019). On pourrait imaginer que cet effet sur la marche et les mouvements se reporte à la parole, particulièrement à l'articulation et à sa programmation. Plusieurs thérapies basées sur le rythme ont donc déjà fait leurs preuves avec ce type de population, cependant l'effet sur le long terme des thérapies rythmiques sur la production de la parole reste à être objectivé.

1.3 Caractéristiques du rythme musical et lien avec le rythme langagier

Dans le cadre de ce mémoire, nous allons nous intéresser plus particulièrement à la compréhension des mécanismes régissant l'effet bénéfique de l'amorçage rythmique sur la production de la parole. Dans les études mentionnées précédemment, il est souvent question d'un amorçage rythmique réalisé à l'aide d'un rythme dit 'musical'. Les effets sont donc observés sur des composantes du langage tandis que le rythme musical est utilisé comme amorce. Dans l'objectif de comprendre le fonctionnement de ce phénomène, Il est intéressant de se pencher sur les points communs et les différences entre ces deux rythmes. Tant la musique que la parole sont des signaux auditifs qui évoluent dans le temps et contiennent des informations périodiques, telles que la durée, la fréquence, l'amplitude, l'intensité et le timbre. En outre, tout comme le rythme de la parole, le rythme musical est doté d'une métrique, se définissant comme l'organisation temporelle des beats d'intensité différentes (Fiveash et al., 2022). Ces caractéristiques acoustiques et leur organisation temporelle forment la base de la perception du rythme auditif et permettent l'anticipation d'événements futurs. Dans la musique, un rythme régulier est souvent perçu, offrant aux auditeurs la possibilité d'anticiper des moments spécifiques pour réagir, en effet les rythmes musicaux sont composés de schémas récurrents et hiérarchisés qui permettent une meilleure prédictibilité des éléments à venir et donc une meilleure synchronisation en comparaison aux rythmes langagiers (Fiveash et al.,

2021). C'est pour cette raison que le rythme musical est habituellement choisi pour les interventions rythmiques. Ainsi, l'utilisation du rythme musical comme amorce peut influencer positivement la production de la parole en exploitant les avantages de la forte prédictibilité offerte par les schémas rythmiques musicaux. Comprendre ces mécanismes permettrait de développer des interventions rythmiques plus ciblées et efficaces, en exploitant les similarités et les différences entre les rythmes musical et langagier. Dans ce sens, le modèle théorique de Fiveash et al. (2021) offre une base d'explication du traitement commun entre une amorce rythmique musicale et la production du langage. L'un des objectifs de notre étude est de mettre en évidence les liens soulignés dans le modèle PRISM.

2. Théories existantes portant sur le traitement cortical du rythme musical et son impact sur la parole

Le lien entre musique et langage a déjà été mis en avant dans de nombreuses études, notamment à travers la technique d'amorçage rythmique musical et son impact sur le langage. Plusieurs théories et cadres ont donc été explorés concernant le traitement du rythme musical dans le cerveau et son éventuel effet sur la parole. D'abord, le cadre SEP (speech entrainment to pulse) suggère que les interventions basées sur le rythme déclenchent une réorganisation fonctionnelle et structurelle dans les circuits neuronaux dédiés à la communication (Fujii & Wan, 2014). Dans le cas de la maladie de Parkinson, l'écoute de rythmes musicaux libérerait de la dopamine dans le striatum (Salimpoor et al., 2011), facilitant l'output moteur et l'envie de bouger. D'autres études renforcent cette hypothèse en montrant que l'activité cérébrale est décuplée lors de l'écoute de rythmes musicaux et plus particulièrement au niveau du gyrus temporal supérieur, du cortex prémoteur et du cortex préfrontal ventrolatéral (Kung et al., 2013).

L'hypothèse PATH (precise auditory timing hypothesis) a également son importance dans les mécanismes de traitement du rythme, celle-ci se base sur le fait que la synchronisation rythmique repose sur la perception de détails temporels précis dans le signal sonore (Tierney & Kraus, 2014), c'est-à-dire que le signal musical demande un traitement plus précis que le signal langagier (Patel, 2011), un entraînement basé sur la musique permettrait donc de développer une forte précision dans les capacités de traitement temporel acoustique, ce qui mènerait à une meilleure perception des rythmes langagiers.

Cette hypothèse est renforcée par une seconde hypothèse : l'hypothèse OPERA (overlap, precision, emotion, repetition, attention). Celle-ci expose que les effets de l'entraînement musical sur le langage peuvent être analysés en examinant les caractéristiques acoustiques communes entre la musique et le langage (Tierney & Kraus, 2014). Lorsque le chevauchement, la précision, l'émotion, la répétition et l'attention sont présents, la plasticité neuronale permettrait aux réseaux responsables du traitement du rythme de fonctionner avec une précision décuplée par rapport à la précision habituellement nécessaire au traitement de la parole. Or, les mécanismes de traitement du langage et de la musique étant partagés (Fiveash et al., 2021) le traitement du langage en bénéficierait (Patel, 2011).

Afin d'identifier les mécanismes sous-tendant le traitement commun entre musique et langage, Fiveash et al. (2021) proposent un modèle théorique nommé PRISM (processing

rhythm in speech and music) faisant le lien entre 3 concepts : le traitement auditif précis, la synchronisation des oscillations neuronales et le couplage sensorimoteur.

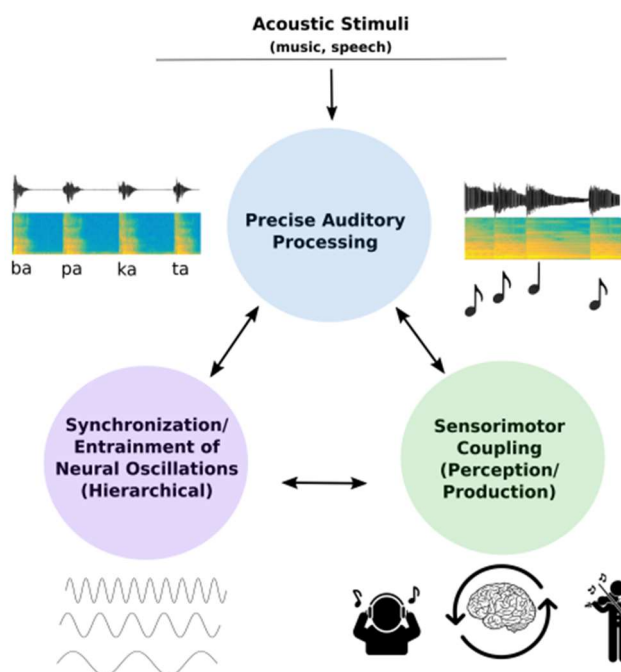


Figure 1 : Le modèle PRISM (processing rhythm in speech and music) adapté de Fiveash et al. (2021)

Le traitement auditif précis désigne « la capacité à discriminer des très petites variations ou changements dans le timing, la hauteur et le timbre » (kraus and chandrasekaran, 2010). Comme mentionné précédemment dans les hypothèses SEP (Fujii & Wan, 2014) et PATH (Tierney & Kraus, 2014), cette capacité est cruciale pour la perception du rythme musical et pour la production de la parole. Certaines études ont montré que l’entraînement musical renforçait la perception temporelle et la capacité à suivre l’enveloppe rythmique de la parole, ce qui facilite le traitement des informations phonologiques. Le traitement auditif précis a donc un impact important sur la perception mais également sur la synchronisation neuronale.

La synchronisation neuronale est une manifestation du rythme cérébral à certains niveaux de fréquence, en fonction du type de stimulus perçu mais également en fonction de la précision du traitement auditif. Tous ces processus sont liés, c’est pourquoi le traitement précis d’un rythme musical ou langagier permettrait une meilleure synchronisation de l’activité cérébrale et un meilleur traitement de la parole.

La synchronisation neuronale est également un mécanisme commun au traitement du rythme musical et du rythme de la parole qui se produirait, pour ce qui est du rythme langagier, sur les basses fréquences (4-8Hz) (Yan & Zhang, 2022 ; Falk et al, 2017). L’entraînement neuronal est un calibrage de l’activité neuronale envers la prédiction de certains événements temporels (Falk et al. 2017), c’est-à-dire que les neurones ajustent et synchronisent leurs réponses en fonction des schémas temporels récurrents dans l’environnement. Les rythmes des amorces rythmiques étant prévisibles, elles permettent à l’activité cérébrale de prédire et de traiter les événements futurs. Dans le cas du langage, ce peut être l’anticipation d’une unité accentuée ou d’une pause. Falk et al. (2017) avancent que l’entraînement neuronal au rythme régulier d’une amorce rythmique faciliterait le traitement subséquent de la phrase en français.

Ainsi, l'écoute d'une amorce régulière, en comparaison à une amorce irrégulière, modifierait l'activité neuronale et se synchroniserait sur certaines fréquences qui jouent un rôle crucial sur le traitement du langage, notamment au niveau de la syllabe.

Il a été plusieurs fois démontré qu'écouter de la musique activait certaines zones du cortex moteur (Fiveash et al., 2021), comme ce qui nous donnerait envie de danser en entendant de la musique. Le couplage sensorimoteur est la preuve du lien qui existe entre perception et production dans le langage, les deux processus nécessitant à la fois les circuits neuronaux auditifs et du cortex moteur. Les recherches avancent que les similitudes au niveau du couplage sensorimoteur pour le traitement du langage et de la musique impliqueraient qu'un entraînement rythmique pourrait renforcer la connexion entre les zones auditives et les zones motrices. De plus, il est probable que les oscillations neuronales des zones auditives et des zones motrices se synchronisent entre elles pour améliorer la perception et donc la précision du traitement auditif.

3. Couplage sensori-moteur et synchronisation motrice

Le rythme peut être défini comme un « schéma d'intervalle de temps dans une séquence de stimulus » (Fuji & Schlaug, 2013), c'est une entité complexe qui peut être représentée en production dans la méthodologie de recherche par le tapping (tapotement moteur rythmique), et en perception par un intervalle de tons ou par le « beat », soit la périodicité la plus prééminente derrière une musique.

Par nature, les humains ont spontanément l'envie de taper du pied ou de battre des mains en entendant de la musique, cette compétence arrive tôt dans le développement et est commune à beaucoup d'individus (Bégel et al., 2017). Cependant, le traitement du rythme est une composante multidimensionnelle qui varie en fonction de plusieurs critères et de plusieurs paramètres d'un individu à l'autre (Fuji & Schlaug, 2013). La BAASTA (The Battery for the Assessment of Auditory Sensorimotor and Timing Abilities ; Dalla Bella et al., 2017) et la H-BAT (Harvard Beat Assessment Test ; Fuji & Schlaug, 2013) sont deux batteries de tests permettant d'attester à la fois des capacités de production et de perception rythmiques. Ces dernières proposent une évaluation rapide et efficace des capacités rythmiques préservées et atteintes chez des sujets ayant des troubles du rythme ou des surdités au rythme, coupler ces batteries à des mesures EEG permettrait d'identifier les mécanismes neurocognitifs impliqués dans ces troubles ainsi que dans chaque compétence rythmique. De plus, selon Fuji et Schlaug (2013), l'entraînement musical des individus aurait un impact sur la capacité à se synchroniser à un rythme, mettant ainsi en évidence un effet de plasticité cérébrale généré par l'entraînement musical.

Dans la littérature, plusieurs dissociations dans les compétences rythmiques ont été relevées et permettent aujourd'hui d'étudier le traitement et les troubles du rythme plus en détail. La première et la principale est la dissociation entre la production du rythme et le rythme perceptif. Cette distinction se retrouve dans la diversité des types de tâches rythmiques. Une tâche de jugement, par exemple le jugement du caractère isochrone d'une séquence rythmique, fait appel au traitement perceptif du rythme. Les tâches de synchronisation ou de reproduction d'un rythme, quant à elles, font appel à la fois à la perception et à la production rythmique, c'est le cas de la tâche de synchronisation à un métronome étudiée dans ce mémoire. Les mécanismes sous-tendant la production et la perception du rythme et les liens entre ceux-ci ont beaucoup été étudiés de par leur complexité et leur variabilité. En 2017, Bégel et al. mettent en évidence

que certains individus dont la perception rythmique est atteinte sont capables de produire un rythme sans difficultés. Les mécanismes de perception et de production dans le rythme seraient donc partiellement indépendants.

D'après Fiveash et al. (2022), une différence de mécanismes et de traitement cortical est également attribuée aux rythmes basés sur la mémorisation de la séquence par rapport aux rythmes basés sur le beat (synchronisation à un métronome par exemple). En effet, Tierney et Kraus (2015), cités par Fiveash et al. (2022), mettent en avant que ces deux types de compétences ne dépendraient pas de la même précision temporelle. La mémorisation de la séquence rythmique serait relative à la supra-seconde alors que le rythme basé sur le beat dépendrait d'un traitement au niveau de la sous-seconde. Pour le modèle PRISM (Fiveash et al. 2021), cela implique et confirme que la précision du traitement auditif impacte les capacités de traitement du rythme. De façon plus hypothétique, Schwartz et al. (2012), cités par Fiveash et al. en 2022, avancent que le traitement de la supra-seconde serait lié aux ganglions de la base alors que l'unité de la sous-seconde serait traitée en partie au niveau du cervelet.

Dans la littérature, une distinction entre les tâches rythmiques explicites et implicites est mise en évidence. De fait, les tâches explicites impliquent un traitement conscient du rythme, à l'inverse, les tâches implicites impliquent un traitement inconscient du rythme (Hiroyasu & Yotsumoto, 2020). Selon Bégel et al. (2017) ces deux niveaux de traitement du rythme seraient liés à des zones cérébrales différentes. Contrairement au rythme implicite, le traitement explicite du rythme serait rattaché aux ganglions de la base (Coull & Nobre (2008) ; Weiner et al., 2010) cités par (Hiroyasu & Yotsumoto, 2020).

Selon Bégel et al. (2017), la tâche de synchronisation motrice est particulière dans le sens où elle nécessite un bon couplage sensori-moteur, c'est-à-dire de bonnes compétences à la fois en perception (suivre le rythme ou le beat) et en production (générer une réponse motrice). Un trouble du rythme pouvant impacter ces deux compétences à la fois ou séparément, cette tâche serait donc très complète et très utile pour la détection des compétences atteintes dans des pathologies rythmiques et plus particulièrement, dans le cadre de notre étude, pour les patients atteints de la maladie de Parkinson. Cependant, elle ne serait que très peu sensible et montrerait peu de variabilité dans une population typique. Par ailleurs, une tâche de synchronisation motrice sur une musique, par exemple la tâche de Music Tapping Test (MTT) dans H-BAT (Fuji & Schlaug, 2013) ajoute une difficulté supplémentaire, celle de devoir extraire le beat dans un signal sonore plus complexe (Bégel et al., 2017). Une simple tâche de synchronisation à un métronome serait donc à la fois sensible dans une population potentiellement atteinte de troubles du rythme et éviterait des ajouts de difficultés.

En conclusion, la réussite ou l'échec d'une tâche de synchronisation motrice peut dépendre de multiples caractéristiques. Cependant, il est également important de noter que plusieurs paramètres externes au traitement cortical du rythme influent sur la réussite ou l'échec d'une tâche rythmique : l'attention, la mémoire, la mémoire de travail, l'extraction d'un rythme et la difficulté de la tâche (Bégel et al., 2017 ; Fiveash et al., 2022 ; Hiroyasu & Yotsumoto, 2020).

4. Maladie de Parkinson et atteinte rythmique

Ce mémoire vise à fournir un protocole de base pouvant s'adapter aux patients atteints de la maladie de Parkinson, nous abordons donc brièvement les divers troubles de la parole

observés dans cette pathologie. La maladie de Parkinson recense 25000 nouveaux cas par an en France (Santé publique France, 2023). Les troubles découlant de cette maladie ont un impact important sur la qualité de vie des patients ainsi que sur leur entourage. La prise en charge de ces symptômes est donc nécessaire afin d'améliorer les perspectives d'avenir et l'autonomie des patients. Il s'agit d'une maladie neurodégénérative qui touche le système nerveux central et plus particulièrement les noyaux gris centraux, elle est caractérisée par des lésions dopaminergiques de la voie nigro striée (Defebvre et al., 2015). C'est-à-dire une dégénérescence progressive des cellules dopaminergiques présentes dans la substance noire entraînant une baisse de la disponibilité de la dopamine dans le striatum. Comme beaucoup d'autres maladies neurodégénératives, les causes de cette maladie restent peu connues. Même si certaines hypothèses environnementales et génétiques ont déjà été évoquées (Santé publique France, 2023), c'est malgré tout l'âge qui reste le facteur de risque le plus établi (Defebvre et al., 2015).

Dans la maladie de Parkinson, les structures cérébrales responsables du contrôle du mouvement sont donc atteintes et entraînent des dysfonctionnements. Les symptômes caractéristiques de la maladie sont appelés « triade typique ». Il s'agit de l'akinésie, caractérisée par un ralentissement des mouvements volontaires et une difficulté à initier les mouvements, de l'hypertonie extrapyramidale et des tremblements au repos (Haute Autorité de Santé, 2019). Les troubles moteurs sont cependant loin d'être isolés et peuvent être couplés à d'autres atteintes (Defebvre et al., 2015) telles que des troubles cognitifs, sensoriels ou psychologiques. Les tableaux cliniques sont très différents d'un patient à l'autre et la maladie peut prendre différentes formes, qu'elles soient typiques ou atypiques.

L'organisation du « geste articulatoire » étant sous le contrôle des noyaux gris centraux, leur atteinte dans la maladie de Parkinson peut engendrer des troubles du langage et plus précisément de production de la parole. Le principal trouble observé est appelé dysarthrie hypokinétique, elle fait référence à la fois à la réduction des mouvements articulatoires, à une baisse de l'intelligibilité, à une imprécision articulatoire ainsi qu'à une monotonie prosodique (Viallet & Teston, 2007). Cette atteinte prosodique, aussi appelée dysprosodie parkinsonienne, a été le sujet de nombreuses études, sa compréhension et son évaluation est un sujet complexe de par la variabilité des productions des patients et du nombre important de méthodes disponibles pour l'explorer (Viallet & Teston, 2005). Les symptômes incluent un manque de modulation dans le discours ainsi qu'une diminution de l'intonation et de l'expressivité vocale, donnant une voix souvent monotone. Les personnes atteintes de ce trouble peuvent sembler parler de manière plate, sans variation émotionnelle, ce qui peut rendre leur discours difficile à comprendre ou à interpréter correctement. A cette liste de difficultés prosodiques s'ajoutent également des altérations du rythme qui sont de plus en plus étudiées (Lowit et al., 2018). Dans cet article, les auteurs mettent en évidence les altérations rythmiques observées chez les personnes atteintes de dysarthrie hypokinétique dans différentes tâches verbales.

De façon plus globale, Puyjarinet (2019) évoque une dysrythmie généralisée en mettant en avant que les variabilités rythmiques oro-faciale, manuelle et de la marche sont corrélées dans la maladie de Parkinson. Il fait également l'hypothèse qu'un mécanisme central de traitement du rythme serait responsable de ces variabilités, et que celui-ci serait indépendant des systèmes de contrôle moteur. Ainsi, la maladie de Parkinson provoquerait un dysfonctionnement de ce système rythmique commun, résultant en des difficultés rythmiques variées et généralisées. Par ailleurs, Puyjarinet (2022) met en avant le fait que l'entraînement

rythmique peut avoir un effet bénéfique à la fois sur le système moteur visé mais aussi sur différents systèmes effecteurs en même temps ainsi que sur la perception du rythme.

Dans le cas de la maladie de Parkinson, l'exposition à la musique et plus particulièrement au rythme permettrait d'activer un réseau neuronal secondaire qui stimule l'aire motrice complémentaire (Dalla Bella & Tillmann, 2014). Cette aire motrice complémentaire inclut entre autres des régions responsables de la motricité et du contrôle de la motricité fine, telles que le cervelet. Compensant ainsi le réseau moteur des ganglions de la base, endommagé par la maladie. C'est dans cette optique que la maladie de Parkinson semble être la cible idéale de notre étude, permettant, en stimulant par le rythme, d'activer ce circuit compensatoire et de retrouver une certaine motricité, dans le cas de notre étude il s'agira de capacités permettant une meilleure production et une meilleure programmation de la parole.

Nous notons également que la prise en charge de la maladie de Parkinson se fait via un traitement médicamenteux antiparkinsonien (L-Dopa). Celui-ci serait cependant susceptible d'aggraver les déficits prosodiques, il aurait d'ailleurs un impact sur les performances relatives au rythme (Cameron et al., 2016), cette information serait à prendre en compte dans la mise en pratique d'une thérapie rythmique et met en lumière la nécessité d'explorer des méthodes spécifiques à la prosodie et à la production de la parole. Dans cette optique, La LSVT Loud (Lee Silverman Voice Treatment) est une thérapie de rééducation vocale spécialement conçue pour les personnes atteintes de la maladie de Parkinson. Cette méthode vise principalement à améliorer la qualité de la voix, l'articulation et la prosodie des patients. Celle-ci est qualifiée comme intensive et demande au patient de « parler fort », l'objectif est de pallier la désorganisation de la perception des patients et de trouver une voix qui sera confortable et intelligible. Il a aussi été prouvé que cette méthode améliore l'articulation, la modulation de la hauteur et l'intonation du discours (LSVT global, 2023). Cependant, la LSVT Loud peut être moins efficace pour les patients présentant des troubles sévères du rythme, soulignant ainsi la nécessité de développer des stratégies de rééducation spécifiques aux propriétés rythmiques.

Buts et hypothèses

Sur la base du modèle PRISM (Fiveash et al. 2021), les objectifs généraux de ce mémoire sont d'étudier l'impact des rythmes réguliers et irréguliers sur la production de la parole ainsi que d'examiner le lien entre l'effet du rythme sur la production de la parole et les capacités de synchronisation motrice.

Dans un premier temps, il s'agit d'analyser les résultats obtenus chez les sujets tout-venant puis d'étudier et corrélérer certains paramètres de la parole au type d'amorce utilisé. Plus précisément, il est question d'examiner si le délai d'initialisation de la parole (la durée entre la présentation de la phrase cible et le début de l'émission de la parole) est réduit en condition d'amorce régulière par rapport à la condition d'amorçage irrégulière.

Dans un second temps, il est question d'explorer les liens entre les capacités de synchronisation motrice, étudiées dans ce mémoire à travers la tâche de métronome, et l'amélioration qualitative de la parole, mesurée ici par une diminution du délai d'initiation de la parole. Cet aspect de l'étude permettrait ultérieurement de lier la sensibilité et les capacités rythmiques à l'efficacité des thérapies rythmiques pour la rééducation des troubles de la parole, dont la dysarthrie Parkinsonienne.

Plus généralement, nous souhaitons évaluer la faisabilité et les perspectives de cette étude chez les patients atteints de la maladie de Parkinson, en comparant les données et méthodes utilisées dans la littérature avec ce type de population.

Les hypothèses de cette étude sont les suivantes :

- Hypothèse 1 : Le délai d'initialisation de la parole est réduit dans la condition d'amorçage régulière par rapport à la condition irrégulière.
- Hypothèse 2 : Plus un sujet a de bonnes performances sensorimotrices, plus il bénéficiera de l'amorçage rythmique régulier par rapport à l'amorçage rythmique irrégulier.

Hypothèses opérationnelles :

- Si le délai d'initialisation est réduit en condition d'amorçage régulier par rapport à l'amorçage irrégulier et qu'une corrélation significative est retrouvée entre les délais d'initialisation de chaque sujet en condition d'amorçage régulier et en condition d'amorçage irrégulier, alors l'hypothèse 1 serait validée.
- Si une corrélation significative est établie entre l'indice de bénéfice et les résultats aux tâches de métronome pour chaque sujet alors l'hypothèse 2 serait validée.

Méthode

1- Participants

Les données de 15 participants ont été analysées dans ce mémoire, l'annexe 1 répertorie leurs caractéristiques. 12 s'identifient comme des femmes et 3 s'identifient comme des hommes. Leur âge variait entre 18 et 30 ans, avec une moyenne d'âge de 22,4 ans et un écart-type de 3,56. Tous les participants avaient pour langue natale le français, avaient une audition et une vision normale ou corrigée, étaient droitiers et avaient lu et signé le formulaire de consentement. Aucun des participants n'avait de troubles cognitifs, de la mémoire, de l'attention ou du langage. Ils n'étaient pas sujets à la claustrophobie et ne présentaient aucune contre-indication à l'examen EEG. Les participants recevaient une rémunération à la fin de l'expérience. Les données de certains sujets ayant participé à l'expérience n'ont pas pu être inclus dans ce mémoire pour diverses raisons : erreur dans l'ordre de présentation des amorces, échec aux tests ou questionnaires de vérification des critères d'inclusion ou d'exclusion.

2- Matériel

2.1. Matériel langagier :

Le matériel langagier est composé de 256 phrases réparties en 8 blocs. Celles-ci sont déclaratives et composées de 12 syllabes. 128 phrases sont composées de quatre groupes accentuels contenant chacun 3 syllabes, correspondant à la structure rythmique suivante : « xxXxxXxxXxxX » avec « x » correspondant aux syllabes non accentuées et « X » aux syllabes accentuées. « Le poisson / se nourrit / de nombreux / végétaux » est un exemple de

phrase utilisée en structure 4 groupes de 3 syllabes avec une accentuation portée sur la dernière syllabe de chaque groupe accentuel, soit 4 accentuations. L'autre moitié des phrases est composée de trois groupes accentuels contenant chacun quatre syllabes, correspondant à la structure rythmique suivante : « xxxXxxxXxxxX ». « Le monument / modernisé / est élégant » est un exemple de phrase utilisée en structure 3 groupes de 4 syllabes avec une accentuation portée sur la dernière syllabe de chaque groupe accentuel, soit 3 accentuations. Afin de maintenir la structure métrique déterminée au préalable, certains paramètres ont dû être contrôlés : la fréquence lexicale, les mots à accent de focalisation, le « schwa », la structure syntaxique (les structures passives ou complexes ainsi que les verbes modaux ont été écartés). L'objectif était de limiter les mots et les structures pouvant être accentués indépendamment de leur place dans la phrase et pouvant faire varier la structure métrique de la phrase cible.

2.2. Matériel d'amorçage rythmique :

La création du matériel d'amorçage s'est basée sur le paradigme d'amorçage rythmique. Les rythmes ont été élaborés avec le logiciel Hydrogen, créés avec des sons de percussions (un djembé) pour que les seuls indices donnés viennent de la structure rythmique et non mélodique. On dira d'une condition qu'elle est « congruente » lorsque l'amorce utilisée aura le même nombre de groupes rythmiques et d'accentuations que la phrase cible, indépendamment de la régularité ou de l'irrégularité de l'amorce rythmique. Deux amorces régulières sont utilisées, l'une correspondant au schéma rythmique de la phrase cible contenant quatre groupes de trois syllabes, avec le dernier son de chaque bloc accentué, pour créer le rythme suivant : «titiTAtitiTAtitiTAtitiTA». L'autre correspondant au schéma rythmique trois groupes par quatre syllabes, avec le dernier son de chaque bloc accentué, pour créer le rythme suivant : « tititiTAtititiTAtititiTA ». Leur structure rythmique est congruente avec celle des phrases cibles. Deux amorces irrégulières ont également été créées en partant des amorces régulières correspondantes et en modifiant de façon aléatoire les sons accentués et non-accentués.

| | Amorce régulière 3 (3 blocs de 4 sons) | Amorce régulière 4 (4 blocs de 3 sons) |
|--|--|--|
| Phrase cible (Structure 3 : 3 groupes de 4 syllabes) | Congruente | Non congruente |
| Phrase cible (Structure 4 : 4 groupes de 3 syllabes) | Non congruente | Congruente |

Tableau 2. Présentation des 4 conditions d'amorçage régulier

| | Amorce irrégulière 3 (à partir de l'amorce composée de 3 blocs de 4 sons) | Amorce irrégulière 4 (à partir de l'amorce composée de 4 blocs de 3 sons) |
|--|---|---|
| Phrase cible (Structure 3 : 3 groupes de 4 syllabes) | Congruente | Non congruente |
| Phrase cible (Structure 4 : 4 groupes de 3 syllabes) | Non congruente | Congruente |

Tableau 3. Présentation des 4 conditions d'amorçage irrégulier

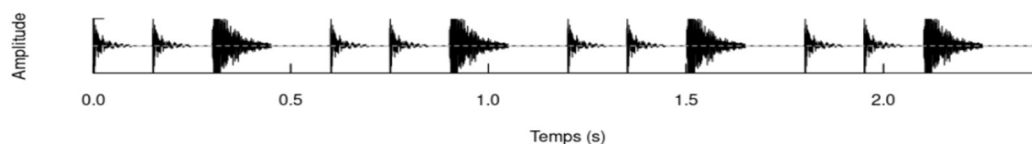


Figure 2 : Amorce régulière 4 (4 blocs de 3 sons)

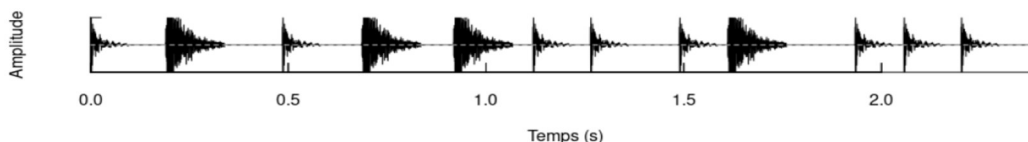


Figure 3 : Amorce irrégulière 4 (4 accentuations)

2.3. Matériel d'évaluation de la synchronisation motrice

Pour les tâches de perception rythmique comme les tâches de jugement, le participant donne ses réponses sur un clavier d'ordinateur classique. Pour les tâches nécessitant la production d'un rythme, un tambourin est utilisé pour recueillir les données de tapping. Un embout rond en caoutchouc est installé au bout de l'index droit du participant, la main est placée au bord du tambourin, cette position permet au sujet de frapper au centre du tambourin en bénéficiant d'un appui.

3- Procédure

Les passations se sont déroulées à l'Imaginarium de Tourcoing, celles-ci étaient individuelles et chacune durait approximativement 2h30. Après avoir lu la lettre d'information (Annexe 2), recueilli le consentement et vérifié les critères d'inclusion et d'exclusion de tous les sujets, les compétences cognitives sont évaluées à l'aide de la MoCA (Montreal Cognitive Assessment, Nasreddine et al., 2005). L'audition est vérifiée à l'aide d'une audiométrie tonale et la latéralité à l'aide d'un questionnaire. Puis plusieurs questionnaires sont présentés aux participants, l'un portant sur la pratique et la formation en musique et en danse. L'autre portant sur la sensibilité à la musique (Annexe 3), il s'agit de la traduction française du Barcelona music reward questionnaire, ou BMRQ (Saliba et al., 2016) ainsi que de 3 questions provenant du Goldsmith musical sophistication index (Degraeve & Dedonder, 2018).

Les tâches d'amorçage rythmique et d'évaluation de la synchronisation motrice se déroulaient dans une cage de Faraday car un enregistrement EEG était réalisé en parallèle. La tâche de production de la parole administrée était une tâche de lecture de phrase à voix haute après l'écoute d'une amorce rythmique régulière ou irrégulière. Deux conditions d'amorçage sont présentées : Une condition où l'amorce est congruente avec la phrase cible et une condition où l'amorce est non congruente avec la phrase cible. L'expérience commence par un bloc d'entraînement, puis les 8 blocs de 32 phrases représentant les 8 conditions d'amorçage sont présentés. Deux blocs présentant la même amorce ne sont jamais administrés à la suite. L'ordre des items dans chaque bloc est semi-aléatoire. Une croix de fixation est présentée au centre d'un écran noir pendant que l'amorce auditive est écoutée par le sujet, ce temps d'amorçage dure environ 2,4 secondes. La phrase cible est ensuite affichée à l'écran pendant que le sujet doit la lire à voix haute, la phrase est affichée pendant 4,8 secondes avant de passer à l'item

suivant. La parole du sujet est enregistrée grâce à un micro placé devant lui, il est demandé d'éviter tout mouvement pendant la passation afin de limiter les interférences lors de l'expérience.

Les tâches de synchronisation motrice ont été élaborées sur la base du H-BAT (Fujii & Schlaug, 2013), cet outil permet de rapidement évaluer à la fois les capacités de perception et de production du rythme d'un sujet.

Six tâches sont administrées :

→ Une tâche d'unpaced tapping (tapping sans rythme) : Il est demandé au sujet de taper à un rythme régulier qui lui convient pendant une minute, sans stimuli extérieur ne pouvant guider le tapping.

→ Deux tâches de synchronisation tapping (tapping synchronisé à un rythme) :

- Le métronome, qui est le sujet de ce mémoire : Le sujet doit taper en rythme pendant 30 secondes avec le stimulus présenté auditivement. Celui-ci est composé d'une séquence rythmique isochrone de 60 notes identiques, avec une note toutes les 500 ms soit 120 notes en une minute. La fréquence de tonalité utilisée est de 1319 Hz, cette tâche est répétée deux fois et les deux essais sont séparés d'une courte pause.
- Le MTT (Music tapping test, H-BAT) : Le participant doit identifier le beat d'une musique et taper en rythme avec celui-ci.

→ Deux tâches provenant du Beat saliency test (H-BAT)

- Production / accentuation : Le participant doit synchroniser son tapping avec un stimulus rythmique extérieur tout en suivant les variations d'amplitude.
- Perception : Cette tâche requiert du participant d'identifier si le rythme perçu est accentué tous les deux ou trois tons.

→ Une tâche de repérage de seuil en production, basée sur le *Stair Case Paradigm* (H-BAT). L'objectif de cette tâche est de trouver le seuil d'audition auquel le participant est capable d'identifier et de reproduire en synchronisation un rythme accentué en structure double ou triple.

Traitement des données

Afin de quantifier l'amélioration de la parole, nous avons dû choisir un paramètre pouvant témoigner de celle-ci, notre choix s'est porté sur le délai d'initialisation. En effet, comme expliqué dans le contexte théorique et exploré en langue chinoise dans l'étude de Zhang & Zhang (2019), sa réduction témoigne d'une accélération de la programmation du langage et donc d'une facilitation de l'élocution.

Dans un premier temps, les enregistrements de la parole des sujets ont été traités à l'aide du logiciel PRAAT (Boersma & Weenink, 2020). Chaque piste audio était associée à un fichier « Textgrid ». Il s'agissait ensuite, pour chacune des 256 phrases de chaque sujet, de déplacer la barre d'initialisation (sur l'image, la barre rouge) là où le premier phonème était produit. Nous nous sommes aidés des enregistrements audios pour chaque phrase et des pics fréquentiels représentés visuellement sur le logiciel PRAAT.

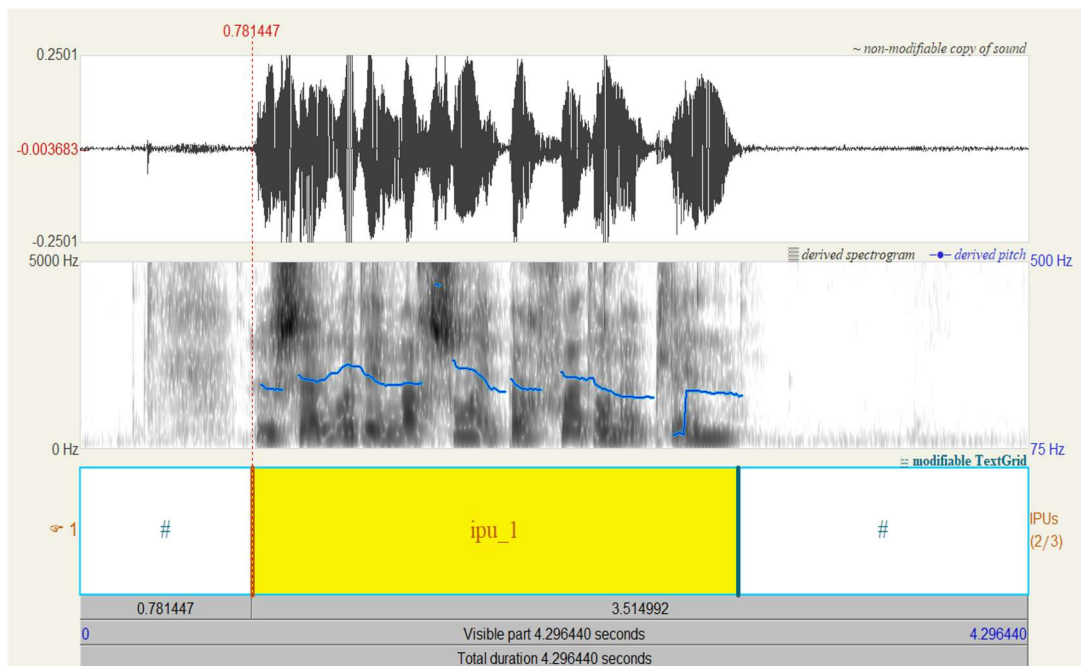


Figure 3 : Visualisation de la production orale de la phrase « Le chameau des marchands est parfois dans la plaine » et alignement du délai d'initialisation via le logiciel PRAAT.

Afin de pouvoir exploiter l'effet du rythme sur la production de la parole et la corrélérer à d'autres variables, nous avons calculé un indice de bénéfice appelé « Delta », représentant le gain apporté par l'amorce régulière par rapport à l'amorce irrégulière. Pour chaque sujet, nous avons calculé la différence de délai d'initialisation entre l'amorçage régulier et l'amorçage irrégulier.

Pour la tâche de métronome, nous avons analysé la moyenne de l'intervalle entre chaque tapement (ITI_mean) et le coefficient de variabilité des tapements (ITI_CoeffVar). La moyenne de l'intervalle entre chaque tapement (ITI-mean) représente la précision des tapements du sujet, plus la moyenne est proche de 0,5 secondes (soit 500 ms, correspondant à l'intervalle entre les notes du métronome) plus le sujet est capable de se synchroniser avec le métronome de façon précise. Le coefficient de variabilité des tapements est défini comme l'écart-type des intervalles entre chaque tapements divisé par ITI_mean. Plus il est proche de 0, moins il y a de variabilité entre les tapements. Nous avons ensuite examiné la corrélation entre les indices de bénéfice et les résultats à la tâche de métronome.

Pour attester de la corrélation entre les amorces rythmiques régulières et irrégulières, le test statistique des rangs signés de Wilcoxon a été utilisé. Pour attester de la corrélation entre les indices de bénéfice et les coefficients de variation, le coefficient de corrélation de Spearman a été calculé.

Résultats

1. Délai d'initialisation

Les moyennes de délai d'initialisation pour chaque condition et pour chaque participant ont été calculées. Seuls les délais d'initialisation des phrases congruentes ont été retenues, il

s'agissait donc de 4 conditions. Deux régulières : une correspondant à la structure 3x4 (reg_congruent_3), une correspondant à la structure 4x3 (reg_congruent_4). Deux irrégulières : une correspondant à la structure 3x4 (irr_congruent_3) et une correspondant à la structure 4x3 (irr_congruent_4). Le tableau 4 représente les moyennes et les écarts-types des délais d'initialisation pour chaque condition. La figure 5 représente la répartition des moyennes des délais d'initialisation des sujets pour chaque condition.

| | Amorces régulières | | Amorces irrégulières | | Amorces régulières | Amorces irrégulières | Total |
|------------|--------------------|-----------------|----------------------|-----------------|--------------------|----------------------|-------|
| | reg_congruent_3 | reg_congruent_4 | irr_congruent_3 | irr_congruent_4 | | | |
| Moyenne | 0,800 | 0,807 | 0,831 | 0,806 | 0,804 | 0,819 | 0,811 |
| Ecart-type | 0,104 | 0,124 | 0,107 | 0,174 | 0,111 | 0,137 | 0,119 |

Tableau 4. Moyenne et écart type des délais d'initialisation de l'échantillon pour chaque condition d'amorçage

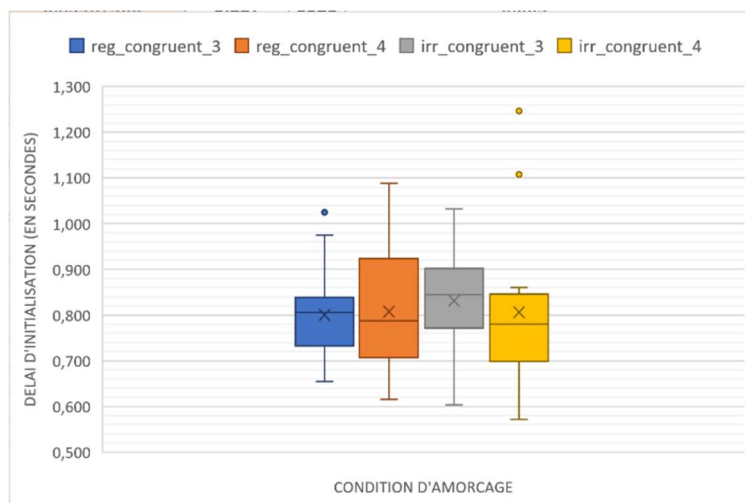


Figure 5 : Impact du type d'amorçage sur le délai d'initialisation de la parole

Au niveau de la répartition de l'échantillon, la médiane des délais d'initialisation est plus élevée en condition irrégulière qu'en condition régulière. Les barres d'erreurs, représentant les valeurs minimum et maximum de l'échantillon, nous permettent de remarquer que les délais d'initialisation en condition d'amorçage régulier 4 sont les plus étalés. Plus de données dites « aberrantes » sont retrouvées dans les conditions irrégulières.

Le test de Wilcoxon a été utilisé pour observer la significativité des comparaisons entre les amorces régulière et irrégulière ($P=0,49$), entre amorce régulière 3 et amorce irrégulière 3 ($P=0,09$) et entre amorce régulière 4 et amorce irrégulière 4 ($P=0,36$). Ces résultats attestent donc d'une non significativité des données récoltées.

Afin de quantifier l'amélioration de la parole par l'amorçage rythmique, pour chaque sujet et pour chaque type d'amorce (amorce 3, amorce 4, puis la moyenne des amorces 3 et 4), la différence entre le délai d'initialisation en condition d'amorçage irrégulier et le délai d'initialisation en condition d'amorçage régulier a été calculé. Nous permettant d'obtenir un indice de bénéfice, nommé Delta. Les Deltas des sujets sont représentés par la figure 6. Si le Delta est positif, alors le délai d'initialisation est réduit davantage en condition régulière qu'en condition irrégulière. Plus le Delta est élevé, plus le bénéfice est grand.

De façon globale, nous remarquons sur la figure 6 que la moyenne des Deltas totale (amorces 3 et 4) est positive. Nous relevons également que l'amorce 3 a un Delta moyen plus élevé que l'amorce 4. Cependant, la répartition de Deltas de l'amorce 3 est plus étalée que celle de l'amorce 4. Une supériorité numérique des données « aberrantes » est remarquée au niveau de l'amorce 4.

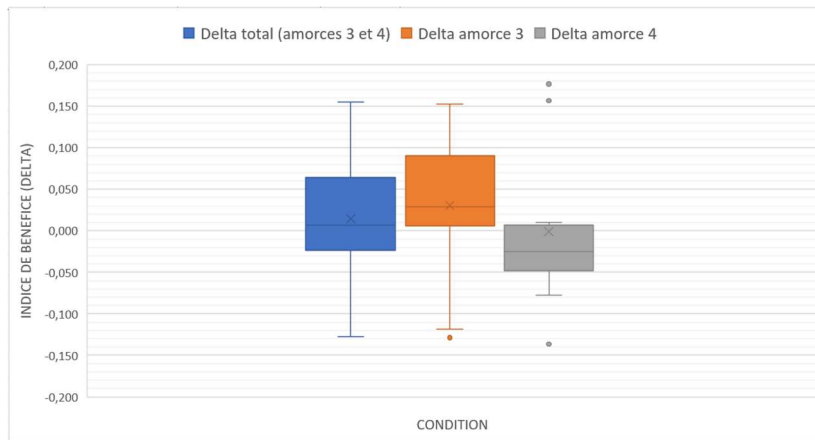


Figure 6 : Deltas apportés par l'amorçage rythmique régulier par rapport à l'amorçage rythmique irrégulier

2. Tâche de métronome

Les deux répétitions de la tâche de métronome ont été séparées dans le traitement des données et nommées Rep 1 et Rep 2. Le tableau 5 représente les moyennes et les écarts types des ITI_mean et des ITI_coefVar des sujets pour chaque répétition et pour la globalité de la tâche de métronome. La figure 7 représente la répartition des ITI_mean des sujets pour chaque répétition et pour la globalité de la tâche de métronome. La figure 8, quant à elle, représente la répartition des ITI_coefVar des sujets pour chaque répétition et pour la globalité de la tâche de métronome.

| | Rep 1 | | Rep 2 | | Moyenne Rep 1 et 2 | |
|-------------------|----------|--------------|----------|--------------|--------------------|--------------|
| | ITI_mean | ITI_CoeffVar | ITI_mean | ITI_CoeffVar | ITI_mean | ITI_CoeffVar |
| Moyenne | 0,4997 | 0,0471 | 0,5012 | 0,0584 | 0,5004 | 0,0527 |
| Ecart-type | 0,0014 | 0,0155 | 0,0029 | 0,0340 | 0,0016 | 0,0209 |

Tableau 5 : Moyennes et écarts-types des ITI_mean et ITI_CoeffVar pour chaque répétition et pour la globalité de la tâche de métronome.

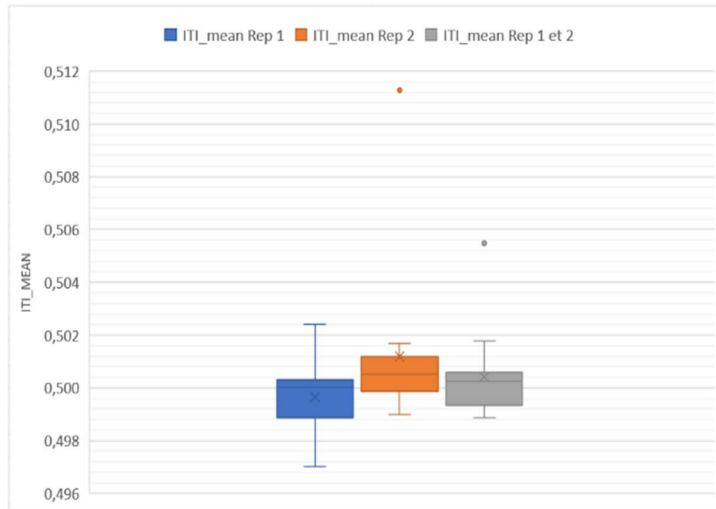


Figure 7 : Moyennes des intervalles entre chaque tapement pour chaque répétition et pour la globalité de la tâche du métronome

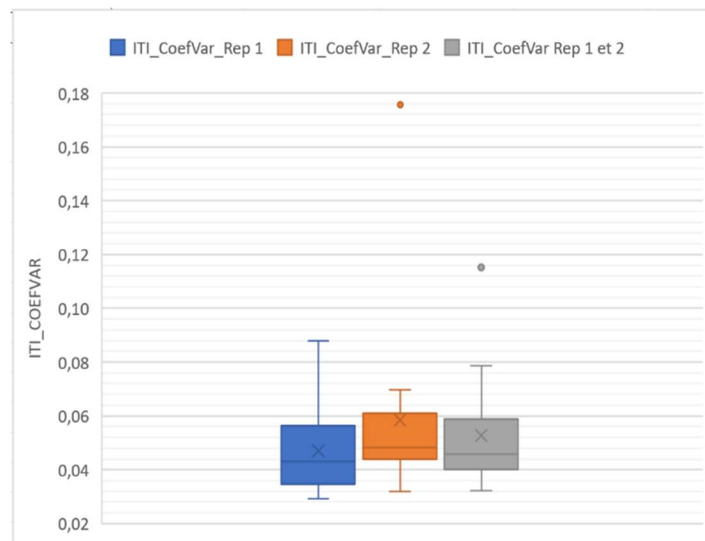


Figure 8 : Coefficient de variabilité pour les deux répétitions et pour la globalité de la tâche de métronome.

3. Corrélations

Dans un premier temps, les corrélations entre Deltas et coefficients de variabilités à la tâche de métronome ont été testés à l'aide du coefficient de corrélation de Spearman : Les Deltas pour chaque type d'amorce (AM3 = amorce 3 ; AM4 = amorce 4 ; AM34 = amorces 3 et 4) et pour chaque sujet ont été corrélées à la moyenne des coefficients de variabilité (ITI_CoeffVar) pour chaque répétition (Rep 1, Rep 2) ainsi que pour la moyenne globale (Rep 1 et 2). Les résultats ont été rassemblés dans le tableau 5, tandis que la figure 11 représente l'absence de corrélation entre le Delta_AM34 et ITI_CoeffVar Rep 1 et 2.

| | Delta_AM3 | Delta_AM4 | Delta_AM34 |
|-------------------------|---------------|--------------|---------------|
| ITI_CoeffVar_Rep 1 | P = 0,4114 | P = 0,7532 | P = 0,8324 |
| | S = 688 | S = 510 | S = 594 |
| | rhô = -0,2286 | rhô = 0,0893 | rhô = -0,0607 |
| ITI_CoeffVar_Rep 2 | P = 0,7532 | P = 0,7532 | P = 0,4266 |
| | S = 510 | S = 510 | S = 436 |
| | rhô = 0,0893 | rhô = 0,0892 | rhô = 0,2214 |
| ITI_CoeffVar Rep 1 et 2 | P = 0,9744 | P = 0,6575 | P = 0,5934 |
| | S = 566 | S = 490 | S = 476 |
| | rhô = -0,0107 | rhô = 0,125 | rhô = 0,15 |

Tableau 5. Résultats aux tests des corrélations de Spearman (S = résultat du test de Spearman, $Rh\hat{o}$ = sens de la corrélation, P = valeur de probabilité que les résultats soient dû au hasard)

Le tableau 5 nous permet d'attester qu'aucune corrélation n'est retrouvée pour les 9 comparaisons.

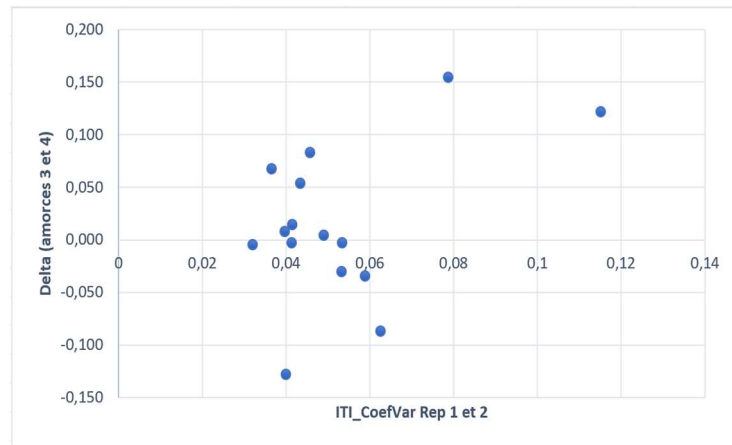


Figure 11 : Absence de corrélation entre le Delta global (amorces 3 et 4) et le coefficient de variabilité des intervalles inter-tapements global de la tâche de métronome (Rep 1 et 2)

Dans un second temps, les corrélations entre les Deltas et les moyennes des intervalles entre tapements à la tâche de métronome (ITI_Mean) ont été testés à l'aide du coefficient de corrélation de Spearman :

| | Delta_AM3 | Delta_AM4 | Delta_AM34 |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|
| ITI_Mean_Rep 1 | P = 0,4499 | P = 0,9132 | P = 0,6575 |
| | S = 442 | S = 542 | S = 490 |
| | rhô = 0,2107 | rhô = 0,0321 | rhô = 0,125 |
| ITI_Mean_Rep 2 | P = 0,0834 | P = 0,0038 | P = 0,0129 |
| | S = 300 | S = 160 | S = 204 |
| | rhô = 0,4643 | rhô = 0,7142 | rhô = 0,6357 |
| ITI_Mean Rep 1 et 2 | P = 0,206 | P = 0,0286 | P = 0,0543 |
| | S = 366 | S = 240 | S = 274 |
| | rhô = 0,3464 | rhô = 0,5714 | rhô = 0,5107 |

Tableau 6. Résultats aux tests des corrélations de Spearman

Le tableau ci-dessus nous permet d'attester de trois corrélations significatives : La première entre les Deltas de l'amorce 4 et les moyennes des intervalles entre les tapements de la deuxième répétition de la tâche de métronome. La seconde entre les Deltas de l'amorce 4 et les moyennes des intervalles entre les tapements des moyennes des deux répétitions de la tâche de métronome. La troisième corrélation est retrouvée entre les Deltas des moyennes des deux amorces et les moyennes des intervalles entre les tapements de la deuxième répétition de la tâche de métronome. Les figures 12,13 et 14 sont les représentations graphiques de ces corrélations. Aucune corrélation n'est retrouvée pour les 6 autres conditions.

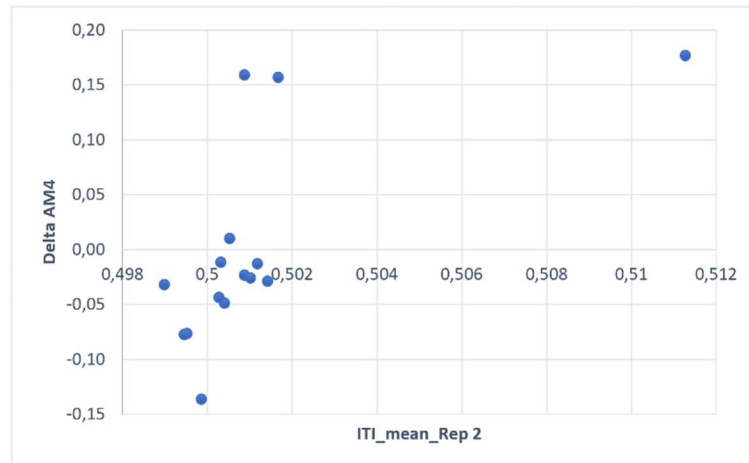


Figure 12 : Corrélation entre le Delta de l'amorce 4 et la moyenne des intervalles inter-tapements de la répétition 2 de la tâche de métronome.

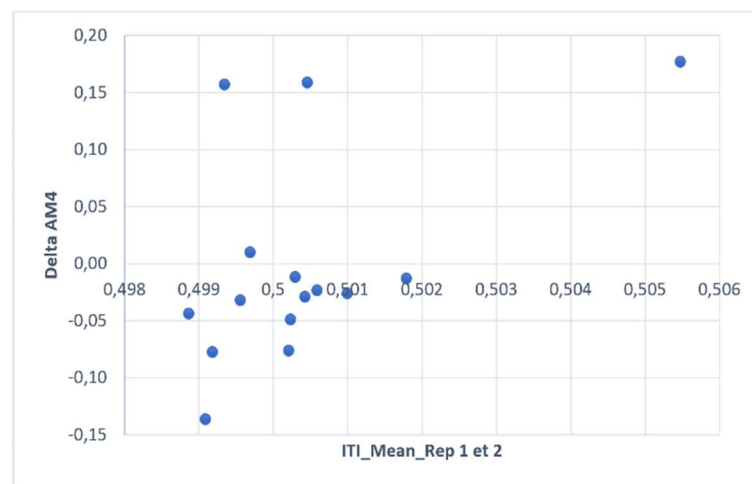


Figure 13 : Corrélation entre le Delta de l'amorce 4 et la moyenne des intervalles inter-tapements globaux (Rep 1 et 2) de la tâche de métronome.

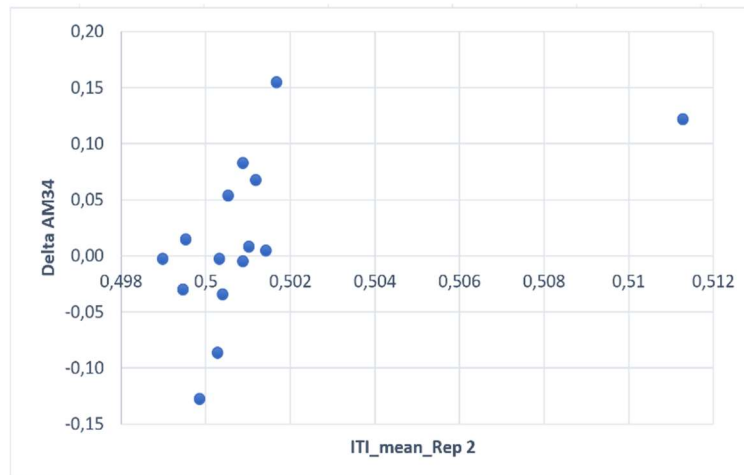


Figure 14 : Corrélation entre le Delta global (amorces 3 et 4) et la moyenne des intervalles inter-tapements de la répétition 2 de la tâche de métronome.

Discussion

De nombreuses études ont déjà mis en évidence l'effet bénéfique du rythme musical à la fois sur la perception et la production de la parole et du langage dans des populations typiques ainsi que dans des populations de patients atteints de pathologies développementales comme les troubles du langage et la dyslexie ainsi que sur le bégaiement (Fiveash et al., 2021 ; Zhang & Zhang, 2019 ; Falk et al., 2017 ; Canette et al., 2019 ; Canette et al., 2020 ; Cason & Schön, 2012). Dans cette optique, la perspective de notre étude sur le long terme est de pouvoir proposer un protocole adapté et compatible pour des populations atteintes de la maladie de Parkinson. En effet, cette affection provoque souvent des troubles du rythme (Lowit et al., 2018 ; Puyjarinet et al. 2019) et altère le geste articulatoire ainsi que la programmation de la parole (Viallet & teston, 2007) rallongeant ainsi le délai d'initialisation de la parole. D'autre part, ces patients seraient plus sensibles au rythme que les sujets tout-venant (Späth et al., 2022) et constitueraient donc une cible adéquate pour les thérapies rythmiques, celles-ci étant déjà proposées aux patients parkinsoniens pour les troubles de la marche (Thaut & Hoemberg, 2019). Néanmoins, cette étude étant une étude pilote, notre objectif était d'étudier les liens entre rythme perceptif et production de la parole dans une population de sujets tout-venant. Plus précisément, de mettre en évidence une amélioration de la parole par la réduction du délai d'initialisation de celle-ci en condition d'amorçage régulier par rapport à la condition irrégulière.

De surcroît, le second intérêt de ce mémoire était de fournir un début d'explication quant à l'effet bénéfique de l'amorçage rythmique sur la production de la parole, en s'appuyant sur les concepts mis en évidence par Fiveash et al. (2021) dans le modèle PRISM que nous avons présenté plus tôt. Ainsi, nous avons tenté d'explorer les liens entre les trois mécanismes identifiés comme communs au traitement du rythme de la parole et au traitement du rythme musical : le traitement auditif précis, la synchronisation des oscillations neuronales à un stimulus externe et le couplage sensori-moteur. Pour ce faire, nous nous sommes focalisés sur le lien entre le bénéfice apporté par l'amorce rythmique régulière et le couplage sensori-moteur. Le couplage sensori-moteur est défini comme le lien qui est établi entre la perception et la

production d'un rythme (Fiveash et al., 2021), il peut être évalué grâce à une tâche de synchronisation motrice comme le MTT (Music Tapping Test, Fujii & Schlaug, 2013) ou la synchronisation motrice à un métronome (Fiveash et al. 2022). Afin d'attester du lien mentionné précédemment, nous avons examiné la corrélation entre l'indice de bénéfice obtenu par l'amorce régulière par rapport à l'amorce irrégulière au niveau du délai d'initialisation et les résultats à la tâche de synchronisation motrice à un métronome.

Validation des hypothèses :

A propos de notre première hypothèse, malgré quelques ponctuelles améliorations relevées, celle-ci ne peut être validée car les résultats obtenus sont non significatifs. Autrement dit, la réduction du délai d'initialisation en condition d'amorce régulière par rapport à l'amorce irrégulière n'est pas notable sur notre échantillon. Ces résultats ne concordent pas avec ceux obtenus par Zhang et Zhang (2019). En effet, ceux-ci avaient relevé un effet bénéfique et significatif de l'amorçage rythmique régulier sur la latence d'initialisation au sein d'une population typique. Le protocole appliqué dans l'étude de Zhang et Zhang (2019) étant similaire au nôtre, la discordance entre nos résultats pourrait être due au fait que leur étude était réalisée sur des locuteurs chinois, par ailleurs l'ordre de présentation et la structure rythmique des amorces n'était pas la même que dans la présente étude. Nous notons également que notre échantillon était réduit et que les capacités musicales de chacun des participants étaient excellentes, avec une moyenne de 78,6 et un écart-type de 6,91 au score de la BMRQ (Saliba et al., 2016). Or, la pratique et la formation musicale seraient de forts prédicteurs de performances rythmiques (Fiveash et al. 2022). Afin de limiter ce biais de sélection, il serait intéressant d'étendre la période de récolte des résultats sur une plus longue période et de diversifier les lieux de recrutement afin de rassembler des profils plus hétéroclites et plus représentatifs de la diversité de la population générale. Nos résultats, obtenus avec un nombre réduit de participants, ne nous permettent donc pas de conclure à une amélioration de la parole grâce à un amorçage musical régulier par rapport à un amorçage irrégulier.

En ce qui concerne notre seconde hypothèse, celle-ci n'est que partiellement vérifiée. Ceci est en partie dû au fait que les deux paramètres observés lors de la tâche de métronome (ITI_CoefVar et ITI_mean) ont donné des résultats divergents. En effet, aucune corrélation significative n'a pu être observée entre les Deltas et les données des ITI_CoefVar. Cependant, nous avons mis en évidence une corrélation significative entre plusieurs Deltas et les données des ITI_mean. D'abord, une corrélation a été retrouvée entre les Deltas de l'amorce 4 et les ITI_mean de la deuxième répétition du métronome (figure 12). La corrélation étant positive, cela signifie que si la moyenne des intervalles entre les tapements d'un sujet est élevée à la deuxième répétition de la tâche de métronome alors son indice de bénéfice à l'amorce 4 sera également élevé. Une deuxième corrélation a été retrouvée entre les Deltas de l'amorce 4 et les ITI_mean de la globalité de la tâche de métronome (figure 13). Autrement dit, plus la moyenne des intervalles entre les tapements d'un sujet est élevée sur la globalité de la tâche de métronome, plus son indice de bénéfice à l'amorce 4 sera également élevé. Enfin, la dernière corrélation examinée concerne les Deltas globaux et les ITI_mean de la deuxième répétition de la tâche de métronome (figure 14). En d'autres termes, plus la moyenne des intervalles entre les tapements d'un sujet est élevée à la deuxième répétition de la tâche de métronome, plus son indice de bénéfice global sera élevé. Ces résultats nous permettent de mettre en évidence un lien plus significatif entre la deuxième répétition de la tâche de métronome et le bénéfice de

l'amorçage rythmique, par rapport à la première répétition. Et un lien plus tangible entre les Deltas de l'amorce 4 et les résultats de la tâche de métronome, par rapport aux Deltas de l'amorce 3. Il serait intéressant dans le futur d'étudier la raison de ce phénomène.

Etude de faisabilité du protocole

Un objectif complémentaire de ce mémoire était d'étudier la faisabilité de ce protocole dans la perspective de pouvoir l'appliquer à une population atteinte de la maladie de Parkinson et d'obtenir des résultats objectifs et représentatifs de cette population. Le premier point que nous relevons, est que la passation est très chronophage, en effet il faut compter 2 heures 30 pour la réaliser, le temps d'installer les électrodes EEG et de vérifier tous les critères d'inclusion et d'exclusion. Par ailleurs, il faudra compter plus de temps encore pour le groupe de patients car la BECD (Batterie d'Evaluation Clinique de la Dysarthrie) devra leur être administrée. La fatigabilité des participants pouvant impacter les résultats obtenus aux différentes tâches, il serait judicieux de tenter de limiter le temps de passation. Pour ce faire, le nombre d'items au sein du paradigme d'amorçage rythmique pourrait être réduit, une autre solution serait de différer le moment dédié à la vérification des critères d'inclusion et d'exclusion et la passation des tâches d'amorçage et sensori-motrices. De plus, pour l'enregistrement de la parole et la récolte des données EEG, il est demandé aux participants de très peu bouger et d'éviter les mouvements parasites, cela peut être compliqué pour des patients atteints de la maladie de Parkinson. Nous notons également que la tâche de lecture utilisée dans notre étude est moins écologique que le serait une tâche de langage spontanée, néanmoins la rythmique du langage spontané est plus difficile à contrôler et la lecture permet d'obtenir de meilleurs résultats (Lowit et al., 2018), il serait pourtant intéressant d'observer l'effet d'une tâche de langage semi-dirigé comme utilisée dans l'étude de Aichert et al. (2019). De surcroît, certaines études ont mis en avant le bénéfice d'un amorçage rythmique langagier (Aichert et al., 2019 ; Späth et al., 2022), l'efficacité de ce type d'amorce étant également objectivée, il serait intéressant d'utiliser celle-ci pour en étudier les effets et les mécanismes sous-jacents. En ce qui concerne les tâches de tapping, il pourrait être difficile pour les patients atteints de la maladie de Parkinson de produire le rythme et de taper sur le pad. Si cela s'avère nécessaire, les tâches devront être adaptées. Enfin, notre étude a été réalisée sur un échantillon ayant une moyenne d'âge de 22,4 ans (ET 3,56). Or, en France en 2020, les patients atteints de la maladie de Parkinson sont âgés de 75 ans en moyenne au début des traitements (Santé publique France, 2023). Ces patients sont ceux qui seront ultérieurement concernés par cette étude et par cette avancée thérapeutique, il serait donc intéressant de réaliser cette étude sur un échantillon sain, qui serait davantage concordant en âge par rapport à la population visée.

Implications pour les futures études et perspectives cliniques dans la maladie de Parkinson

Malgré le manque de bénéfice obtenu par l'amorçage rythmique observé dans notre étude et l'impossibilité de valider notre première hypothèse, il est primordial de poursuivre les recherches. En effet, plusieurs paramètres entrent en jeu dans le traitement du rythme et ceux-ci seraient à explorer dans les recherches futures. D'abord, il serait intéressant d'étudier le lien entre la sensibilité musicale et la sensibilité aux amorces rythmiques, ceci permettrait ensuite d'adapter ou de développer de nouvelles prises en charge en orthophonie. En effet, si une

meilleure pratique et une meilleure sensibilité à la musique permet une hausse du bénéfice obtenu par l'amorçage rythmique, il serait intéressant d'explorer des thérapies directement basées sur la pratique d'un instrument ou de la danse, couplées à une stimulation rythmique. La prise en compte des capacités cognitives et des fonctions exécutives serait également intéressante. En effet, nous savons que les tâches musicales et rythmiques sont impactées par de nombreux paramètres non rythmiques (Fiveash et al. 2022) comme les capacités cognitives ou l'attention. Ainsi, en recherche et en rééducation, la prise en compte du profil cognitif et des difficultés attentionnelles du patient sera primordiale pour adapter les modalités de l'entraînement rythmique.

La validation partielle de notre seconde hypothèse nous montre qu'il existe un lien entre la sensibilité à l'amorçage rythmique et les compétences sensorimotrices. Ceci nous incite également à poursuivre la recherche en ce sens. En effet, il serait intéressant, au niveau des compétences sensorimotrices, de comparer le bénéfice obtenu par un groupe contrôle à celui obtenu par un groupe de patients atteints de la maladie de Parkinson et de faire le lien avec les résultats obtenus à la tâche de métronome. Ceci permettrait d'explorer les liens potentiels entre les capacités sensorimotrices et la sensibilité à l'amorçage rythmique. Nos résultats nous montrent aussi que la tâche de métronome est une tâche sensible qui permet de détecter les variations dans les compétences rythmiques et qui serait relativement probante dans la poursuite de ces recherches. Il serait cependant intéressant de comparer les résultats obtenus à la tâche de métronome à ceux obtenus aux autres tâches sensorimotrices et d'étudier leurs corrélations aux Delta. Dans le cas de la maladie de Parkinson, la tâche de métronome est d'autant plus adéquate car il s'agit d'un rythme simple, qui permet d'évaluer à la fois la perception et la production du rythme et qui ne nécessite pas de processus cognitifs supplémentaires. Cette tâche pourrait donc être un bon moyen de dépister une dysrythmie chez un patient atteint de la maladie de Parkinson. Cependant, ce déficit rythmique pourrait être masqué par l'effet de la L-Dopa (Cameron & al., 2016), dans ce cas il s'agirait d'utiliser une tâche plus complexe comme la MTT qui serait plus précise et plus efficace pour poser un véritable diagnostic.

Au niveau de l'évaluation des capacités sensorimotrices, les batteries H-BAT (Fuji & Schlaug, 2013) et BAASTA (Dalla Bella & al., 2017) mentionnées précédemment permettraient toutes deux une évaluation multidimensionnelle des capacités rythmiques du patient, cette évaluation permettrait ensuite de prédire, dans une certaine mesure, la sensibilité du patient à une thérapie basée sur l'amorçage rythmique. Cependant, La H-BAT (Fuji & Schlaug, 2013) étant une batterie capable d'évaluer un maximum de capacités en un minimum de temps, elle est moins chronophage que la BAASTA (Dalla Bella & al., 2017) et serait à favoriser.

Concernant les perspectives cliniques dans la maladie de Parkinson et plus particulièrement en rééducation orthophonique. Le concept de dysrythmie généralisée développé par Puyjarinet (2019) met en avant le lien qu'auraient les différents déficits rythmiques entre eux, à la fois au niveau de la marche, des membres supérieurs et de la motricité oro-faciale. Ce mécanisme commun au traitement des différents rythmes suggère qu'un bénéfice obtenu sur un effecteur pourrait se transférer à un autre. Ainsi, appliquer une thérapie visant la rééducation de la marche via une stimulation rythmique (par exemple, la SAR) pourrait également avoir un effet sur les déficits rythmiques de la parole. Un partenariat pourrait ainsi être envisagé avec d'autres professionnels de santé (kinésithérapeute ou psychomotricien par exemple) afin d'appliquer des thérapies musicales et rythmiques visant plusieurs effecteurs.

Notre étude a permis de mettre en lumière l'existence d'un lien entre les capacités de synchronisation motrice d'un sujet et sa sensibilité à l'amorçage rythmique. Il est primordial de poursuivre les recherches afin d'objectiver pleinement ce lien, ceci permettrait d'enrichir et de diversifier les pratiques cliniques. En effet, c'est actuellement la LSVT Loud qui est la thérapie la plus utilisée dans la pratique orthophonique lorsqu'il s'agit de la rééducation de la dysarthrie hypokinétique (LSVT global, 2023). Cependant, c'est une méthode intensive et chronophage qui demande beaucoup d'énergie au patient, les effets de la LSVT loud sont également difficiles à maintenir sur le long terme. De plus, son caractère intensif peut la rendre inadaptée et contraignante pour certains patients. Ainsi, si l'effet de l'amorçage rythmique régulier sur la production de la parole de patients atteints de la maladie de Parkinson venait à être objectivé, ceci permettrait de proposer une alternative plus plaisante à la LSVT loud pour la rééducation de la dysrythmie touchant les effecteurs de la parole dans la maladie de Parkinson. Aussi, si un lien concret venait à être établi entre les capacités de synchronisation motrice et le bénéfice obtenu par un amorçage rythmique régulier. Il serait intéressant de mettre en place, pour les patients atteints de la maladie de Parkinson, une rééducation orthophonique alternant le développement direct des capacités de synchronisation motrice, en perception et en production (tapping synchronisé sur un métronome ou MTT), et les thérapies basées sur l'amorçage rythmique.

Conclusion

La maladie de Parkinson altère la parole et provoque communément des troubles du rythme ce qui en fait une cible intéressante pour les thérapies rythmiques (Lowit et al., 2018 ; Puyjarinet et al., 2019 ; Thaut & Hoemberg, 2019). La présente étude visait à explorer les liens entre rythme perceptif, production de la parole et couplage sensori-moteur chez des sujets typiques afin d'appliquer de façon adéquate ce protocole à une population atteinte de la maladie de Parkinson dans le futur. Les résultats n'ont cependant pas permis de valider l'hypothèse d'une amélioration de la parole avec un amorçage rythmique régulier par rapport à un amorçage irrégulier, ce résultat pourrait être en partie attribuable à un effectif réduit. Néanmoins, des corrélations ont été trouvées entre certaines mesures de la tâche de synchronisation motrice et le bénéfice de l'amorçage rythmique, mettant en évidence des liens complexes entre ces variables. Enfin, l'étude de faisabilité a permis de relever des contraintes logistiques pour l'application du protocole, notamment en termes de temps de passation et de difficultés potentielles pour les patients à effectuer certaines tâches.

Pour conclure, bien que l'étude n'ait pas permis de valider toutes les hypothèses, elle a mis en évidence des liens notables entre le rythme, la production de la parole et le couplage sensori-moteur, tout en identifiant les perspectives et les applications de ce protocole à des populations spécifiques comme les patients atteints de la maladie de Parkinson.

Bibliographie :

- Ahokas, J. R., Saarikallio, S., Welch, G., Parviainen, T., & Louhivuori, J. (2024). Rhythm and Reading : Connecting the Training of Musical Rhythm to the Development of Literacy Skills. *Early Childhood Education Journal*. <https://doi.org/10.1007/s10643-024-01654-4>
- Aichert, I., Lehner, K., Falk, S., Späth, M., & Ziegler, W. (2019). Do Patients With Neurogenic Speech Sound Impairments Benefit From Auditory Priming With a Regular Metrical Pattern? *Journal of Speech, Language, and Hearing Research: JSLHR*, 62(8S), 3104-3118. https://doi.org/10.1044/2019_JSLHR-S-CSMC7-18-0172
- Aichert, I., Lehner, K., Falk, S., Späth, M., Franke, M., & Ziegler, W. (2021). In Time with the Beat : Entrainment in Patients with Phonological Impairment, Apraxia of Speech, and Parkinson's Disease. *Brain Sciences*, 11(11), 1524. <https://doi.org/10.3390/brainsci11111524>
- Benhaïm, O. (2020). Amorçage rythmique : renforcement d'un entraînement morphosyntaxique et transfert à l'attention soutenue d'enfants TDL. *Sciences cognitives*. dumas-02948241
- Cameron, D. J., Pickett, K. A., Earhart, G. M., & Grahn, J. A. (2016). The effect of dopaminergic medication on beat-based auditory timing in Parkinson's disease. *Frontiers in Neurology*, 7, 19. doi: 10.3389/fneur.2016.00019
- Canette, L.-H. (2019). *La musique pour stimuler le traitement de la syntaxe et de la sémantique chez l'enfant et l'adulte : étude de différents paramètres musicaux*. <http://www.theses.fr/2019UBFCH043>
- Canette, L.-H., Fiveash, A., Krzonowski, J., Corneyllie, A., Lalitte, P., Thompson, D., Trainor, L., Bedoin, N., & Tillmann, B. (2020). Regular rhythmic primes boost P600 in grammatical error processing in dyslexic adults and matched controls. *Neuropsychologia*, 138, 107324. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2019.107324>
- Cason, N., & Schön, D. (2012). Rhythmic priming enhances the phonological processing of speech. *Neuropsychologia*, 50(11), 2652-2658.

<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.07.018>

- Dalla Bella, S., & Tillmann, B. (2014). Du rythme pour marcher à nouveau : Continuer à marcher en dépit de la maladie de Parkinson, après un accident vasculaire cérébral ou malgré le vieillissement : la musique le permet quand on l'adapte à la personne concernée. *Cerveau & Psycho*, 63, 30-35.
<https://www.cerveauetpsycho.fr/sd/motricite/du-rythme-pour-marcher-a-nouveau-7890.php>
- Defebvre, L., Vérin, M., Anheim, M., Azulay, J., Bleton, J., Vidailhet, M., & Fumat, C. (2015). *La maladie de Parkinson* (3e édition). Elsevier, Masson.
- Degrave, P., & Dedonder, J. (2018). A French translation of the Goldsmiths Musical Sophistication Index, an instrument to assess self-reported musical skills, abilities and behaviours. *Journal Of New Music Research*, 48(2), 138-144.
<https://doi.org/10.1080/09298215.2018.1499779>
- Di Cristo, A. (2016). Les musiques du français parlé : Essais sur l'accentuation, la métrique, le rythme, le phrasé prosodique et l'intonation du français contemporain. In *Les musiques du français parlé*. De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110479645>
- Di Cristo, A. (2017). *La prosodie de la parole*. De Boeck-Solal.
- Falk, S., Lanzilotti, C., & Schön, D. (2017). Tuning Neural Phase Entrainment to Speech. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 29(8), 1378-1389.
https://doi.org/10.1162/jocn_a_01136
- Fiveash, A., Bedoin, N., Gordon, R. L., & Tillmann, B. (2021). Processing rhythm in speech and music : Shared mechanisms and implications for developmental speech and language disorders. *Neuropsychology*, 35(8), 771-791.
<https://doi.org/10.1037/neu0000766>
- Fiveash, A., Bella, S. D., Bigand, E., Gordon, R. L., & Tillmann, B. (2022). You got rhythm, or more : The multidimensionality of rhythmic abilities. *Attention, Perception & Psychophysics*, 84(4), 1370-1392. <https://doi.org/10.3758/s13414-022-02487-2>
- Frota, S., Cruz, M., Cardoso, R., Guimarães, I., Ferreira, J. J., Pinto, S., & Vigário, M. (2021). (Dys)Prosody in Parkinson's Disease : Effects of Medication and Disease Duration on Intonation and Prosodic Phrasing. *Brain Sciences*, 11(8), 1100.

<https://doi.org/10.3390/brainsci11081100>

- Fujii, S., & Schlaug, G. (2013). The Harvard Beat Assessment Test (H-BAT) : a battery for assessing beat perception and production and their dissociation. *Frontiers In Human Neuroscience*, 7. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00771>
- Fujii, S., & Wan, C. Y. (2014). The Role of Rhythm in Speech and Language Rehabilitation : The SEP Hypothesis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2014.00777>
- Haute Autorité de Santé. (2019). *Parkinson – Prise en charge non médicamenteuse des troubles moteurs*. Haute Autorité de Santé.
- Hiroyasu, E. M. G., & Yotsumoto, Y. (2020). Older adults preserve accuracy but not precision in explicit and implicit rhythmic timing. *PloS One*, 15(10), e0240863. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240863>
- Kotz, S. A., & Gunter, T. C. (2015). Can rhythmic auditory cuing remediate language-related deficits in Parkinson’s disease? *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1337, 62-68. <https://doi.org/10.1111/nyas.12657>
- Kung, S.-J., Chen, J. L., Zatorre, R. J., & Penhune, V. B. (2013). Interacting cortical and basal ganglia networks underlying finding and tapping to the musical beat. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 25(3), 401-420. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00325
- Lacroix, J. (2022). *Influence du rythme perceptif dans la production de la parole chez les patients atteints de la maladie de Parkinson* [Mémoire de master, Université de Lille].
- Lowit, A., Marchetti Guerrini, A., Corson, S., & Kuschmann, A. (2018). Rhythmic performance in hypokinetic dysarthria : Relationship between reading, spontaneous speech and diadochokinetic tasks. *Journal of Communication Disorders*, 72. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2018.02.005>
- LSVT Global. (2023). LSVT LOUD : *Speech Therapy for Parkinson’s Disease and Similar Conditions*. LSVT Global. <https://www.lsvtglobal.com/LSVTLoud>
- Patel, A. (2011). Why would Musical Training Benefit the Neural Encoding of Speech? The OPERA Hypothesis. *Frontiers in Psychology*, 2. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2011.00142>
- Puyjarinet, F. (2019). *Dysrythmie dans la maladie de Parkinson : le jeu sérieux comme*

remédiation des troubles de la coordination.

- Puyjarinet, F., Bégel, V., Geny, C., Driss, V., Cuartero, M., De Cock, V. C., Pinto, S., & Bella, S. D. (2022). At-Home Training With a Rhythmic Video Game for Improving Orofacial, Manual, and Gait Abilities in Parkinson's Disease : A Pilot Study. *Frontiers In Neuroscience, 16*. <https://doi.org/10.3389/fnins.2022.874032>
- Puyjarinet, F., Bégel, V., Geny, C., Driss, V., Cuartero, M., Kotz, S., Pinto, S., & Bella, S. D. (2019). Heightened orofacial, manual, and gait variability in Parkinson's disease results from a general rhythmic impairment. *NPJ Parkinson's Disease, 5*(1). <https://doi.org/10.1038/s41531-019-0092-6>
- Riegler, R. (2022). *Effet de l'amorçage rythmique sur la production de la parole dans le cadre de la dysarthrie parkinsonienne*. [Mémoire de master, Université de Lille].
- Saliba, J., Lorenzo-Seva, U., Marco-Pallarés, J., Tillmann, B., Zeitouni, A., & Lehmann, A. (2016). French validation of the Barcelona Music Reward Questionnaire. *PeerJ, 4*, e1760. <https://doi.org/10.7717/peerj.1760>
- Salimpoor, V. N., Benovoy, M., Larcher, K., Dagher, A., & Zatorre, R. J. (2011). Anatomically distinct dopamine release during anticipation and experience of peak emotion to music. *Nature Neuroscience, 14*(2), Article 2. <https://doi.org/10.1038/nn.2726>
- Santé publique France (2023). *Maladie de Parkinson*. Consulté le 12 mai 2023 sur <https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/maladies-neurodegeneratives/maladie-de-parkinson>
- Schön, D., & Tillmann, B. (2015). Short- and long-term rhythmic interventions : Perspectives for language rehabilitation. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1337*, 32-39. <https://doi.org/10.1111/nyas.12635>
- SOFMA, Defebvre, L., & Vérin, M. (2020). *La maladie de Parkinson*. Elsevier Health Sciences.
- Späth, M., Aichert, I., Timmann, D., Ceballos-Baumann, A. O., Wagner-Sonntag, E., & Ziegler, W. (2022). The role of the basal ganglia and cerebellum in adaptation to others' speech rate and rhythm : A study of patients with Parkinson's disease and cerebellar degeneration. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior, 157*, 81-98. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2022.08.012>

- Spaulding, S. J., Barber, B., Colby, M., Cormack, B., Mick, T., & Jenkins, M. E. (2013). Cueing and Gait Improvement Among People With Parkinson's Disease : A Meta-Analysis. *Archives Of Physical Medicine And Rehabilitation*, 94(3), 562-570. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2012.10.026>
- Thaut, M. H., & Hoemberg, V. (2019). *Manuel clinique de rééducation par la musique : Comment la musique contribue à soigner le cerveau*. De Boeck Supérieur.
- Tierney, A., & Kraus, N. (2014). Auditory-motor entrainment and phonological skills : Precise auditory timing hypothesis (PATH). *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 949. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00949>
- Viallet, F., & Teston, B. (2005). La dysprosodie parkinsonienne. *Ozsancak C (Éd.), Les Troubles de La Parole et de La Deglutition Dans La Maladie de Parkinson*, 161-193. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00241547>
- Viallet, F., & Teston, B. (2007). La dysarthrie dans la maladie de Parkinson. *Les Dysarthries*, 169-174. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00242418/document>
- Yan, Q., & Zhang, Q. (2022). Theta Band (4-8 Hz) Oscillations Reflect Online Processing of Rhythm in Speech Production. *Brain Sciences*, 12(12), 1593. <https://doi.org/10.3390/brainsci12121593>
- Zhang, N., & Zhang, Q. (2019). Rhythmic pattern facilitates speech production : An ERP study. *Scientific Reports*, 9(1), 12974. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-493>

Liste des annexes

Annexe n°1 : Caractéristiques des participants

Annexe n°2 : Lettre d'information

Annexe n°3 : Questionnaires sur la pratique et la sensibilité musicale