

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



 **Université
de Lille**



MEMOIRE

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

Charlotte DUGARDIN

soutenu publiquement en juin 2023

Effet du rythme perceptif sur la production de la parole : étude des métriques du rythme dans la maladie de Parkinson.

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

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier ma directrice de mémoire, Madame Basirat, pour sa bienveillance, sa patience et ses précieux conseils durant ces deux ans. Merci également à Monsieur Fumel pour son aide et son accompagnement sur la partie pratique de ce mémoire.

Merci au Professeur Devos pour son accueil au sein du service de neurologie et son intérêt pour notre projet. Merci aux personnes ayant accepté de participer à notre étude.

Un grand merci à toutes les orthophonistes qui m'ont accueillie en stage durant ces trois dernières années, et m'ont transmis avec passion et bienveillance leur expérience clinique et leur belle vision de la pratique orthophonique.

Enfin, je tiens à remercier tout particulièrement les personnes qui m'ont encouragée et soutenue, de près ou de loin, pendant ces cinq années. Merci à mes chères amies lilloises pour tous ces beaux moments partagés, votre présence et vos conseils dans ceux plus difficiles. Merci à mes amis de tous âges du groupe Paul Coze, d'être pour moi des modèles de service, de joie et d'espérance au quotidien.

Enfin, merci à ma petite sœur, Clarisse, d'être une amie si précieuse.

Résumé :

Dans la maladie de Parkinson, la dysarthrie se manifeste en partie par une altération du rythme de la parole. Il n'existe pas encore de méthode rééducative ciblant ces troubles en orthophonie. La perception et la production du rythme sont intimement liées au niveau cérébral. La perception auditive d'un rythme externe peut ainsi avoir un bénéfice sur l'activité motrice. Dans cette étude, nous examinons l'effet du paradigme d'amorçage rythmique sur le rythme de la parole de participants atteints de la maladie de Parkinson. Pour cela, nous avons administré un protocole qui consistait à faire écouter un rythme musical régulier ou irrégulier avant une tâche de lecture de phrases. Pour objectiver un effet de l'amorçage, nous avons étudié des métriques du rythme linguistique. Nous n'avons pas retrouvé de différence significative entre les conditions et les groupes. Les résultats obtenus sont discutés, en lien avec les limites de cette étude. Des perspectives sont présentées, concernant notamment l'évaluation et la prise en soin des troubles du rythme de la parole dans la maladie de Parkinson.

Mots-clés :

Maladie de Parkinson – Amorçage rythmique – Production de la parole – Métriques du rythme

Abstract :

In Parkinson's disease, dysarthria is characterized in part by an alteration in the rhythm of speech. There is not yet a rehabilitation method targeting these disorders in speech therapy. The perception and production of rhythm are intimately linked at the cerebral level. The auditory perception of an external rhythm can thus have a benefit on motor activity. In this study, we examine the effect of the rhythmic priming paradigm on the speech rhythm of participants with Parkinson's disease. To do so, we administered a protocol that involved listening to a regular or irregular musical rhythm before a sentence reading task. To objectify an effect of priming, we studied metrics of linguistic rhythm. We did not find any significant difference between conditions and groups. The results obtained are discussed in relation to the limitations of this study. Perspectives are presented, notably concerning the evaluation and treatment of speech rhythm disorders in Parkinson's disease.

Keywords :

Parkinson's disease – Rhythmic priming – Speech production – Rhythm metrics

Table des matières

Introduction	5
Contexte théorique, buts et hypothèses	6
1. Troubles de la parole dans la maladie de Parkinson	6
1.1. Physiopathologie et signes cliniques de la maladie de Parkinson	6
1.2. Dysarthrie hypokinétique	7
1.3. Perception et production de la parole dans la maladie de Parkinson.....	8
1.4. Influence des traitements sur les troubles de la parole	9
2. Rythme perceptif et interventions rythmiques	9
2.1. Stimulation Auditive Rythmique	9
2.2. Amorçage rythmique et effets sur la parole.....	10
3. Contrôle moteur, liens musique-langage et rythme	12
3.1. Contrôle moteur de la parole	12
3.2. Liens musique et traitement langagier : mécanismes sous-jacents.....	14
3.3. Rythme et accentuation de la langue française	15
4. Buts et hypothèses	17
Méthodologie	18
1. Population	18
2. Matériel.....	18
3. Procédure	19
4. Analyse des données.....	20
Résultats	21
Discussion	24
1. Effet de l’amorçage rythmique	24
2. Limites et perspectives	27
3. Implications pour la pratique orthophonique.....	27
Conclusion.....	28
Bibliographie.....	30
Liste des annexes.....	35

Introduction

La maladie de Parkinson touche environ 166 000 personnes en France en 2015 (Santé Publique France, 2019). Les troubles moteurs caractéristiques de la maladie se manifestent au niveau de la parole par une dysarthrie hypokinétique. L'un des signes cliniques principaux de la dysarthrie parkinsonienne est une altération de la prosodie, et notamment du rythme de la parole. L'intelligibilité des sujets se trouve réduite, ce qui affecte leurs capacités de communication, et peut avoir un impact psychosocial important (Miller et al., 2006). La communication s'appuie en effet en grande partie sur la prosodie, qui véhicule le caractère naturel de la parole, et permet au locuteur d'être intelligible. La prosodie participe également à la transmission des attitudes et des émotions. Son altération, dans le cadre de troubles développementaux ou acquis, induit donc inévitablement des perturbations de la communication, en perception comme en production.

Ce mémoire porte sur le rythme. Le rythme aurait un double ancrage, à la fois biologique et cognitif (Di Cristo, 2003). La perception du rythme d'un point de vue cognitif implique la segmentation du signal en unités, et l'extraction de régularités temporelles. Sur le versant productif, le rythme de la parole peut être défini comme l'organisation régulière et structurée périodiquement du mouvement dans le temps (Teston & Viallet, 2005). Les caractéristiques rythmiques propres aux langues parlées peuvent être quantifiées par le biais de métriques du rythme, telles que la proportion de voyelles de l'énoncé (%V), l'écart-type de la durée des intervalles vocaliques (ΔV), et consonantiques (ΔC) (Ramus et al., 1999). Ces mesures ont été appliquées à la dysarthrie hypokinétique, pour évaluer l'altération du rythme de la parole. Cette atteinte s'inscrit dans une dysrythmie plus générale, affectant également la marche et les activités manuelles (Puyjarinet et al., 2019).

La production de la parole étant une activité motrice, son exécution est contrôlée par des modèles moteurs internes, impliquant l'activation d'un réseau comprenant le cortex pré-moteur, l'aire motrice supplémentaire, les ganglions de la base, et le cervelet (Kent et al., 2000). De nombreux auteurs qualifient l'ensemble de ces structures d'« horloge interne », qui serait impliquée à la fois dans la perception et la production de la parole (Pastor et al., 1992).

L'existence de connexions fonctionnelles entre les systèmes auditif et moteur, et l'influence de la perception auditive sur les schèmes moteurs ont fait l'objet de nombreuses études, montrant notamment le bénéfice d'une stimulation rythmique sur l'activité motrice (Nombela et al., 2013). Plusieurs études font état de l'influence d'une stimulation auditive rythmique sur le versant réceptif de la parole, mais également sur sa production, dans le cadre de diverses pathologies telles que l'aphasie, les troubles développementaux du langage, le bégaiement, ou encore la surdité (Schön & Tillmann, 2015). Dans la maladie de Parkinson, les effets bénéfiques d'une stimulation rythmique auditive ont été démontrés sur la marche (McIntosh et al., 1997), mais peu d'études s'intéressent aux troubles de la parole. Au vu des connaissances sur les mécanismes neurocognitifs impliqués dans la perception et la production de la parole, il semble pertinent de penser qu'un rythme perceptif peut également influencer la production de la parole.

Ce mémoire s'inscrit dans une suite de mémoires, et a pour objectif de déterminer si l'écoute d'un rythme musical avant la production de parole peut permettre une amélioration de l'aspect prosodique chez des sujets atteints de la maladie de Parkinson. Autrement dit, il s'agit d'identifier l'impact d'un amorçage auditif rythmique sur la production de la parole, afin de

déterminer l'apport d'une telle approche dans la prise en soin orthophonique de la dysprosodie parkinsonienne.

Pour cela, nous explicitons dans un premier temps les caractéristiques symptomatologiques de la dysarthrie dans la maladie de Parkinson. Puis nous exposons les données issues de la littérature faisant état de l'influence d'une stimulation auditive rythmique sur la parole en perception et en production. Nous détaillons également les données théoriques sur lesquelles s'appuie ce mémoire, à savoir le contrôle moteur de la parole, les mécanismes sous-tendant les liens entre musique et traitement langagier, et les caractéristiques prosodiques du français. Enfin, nous présentons notre méthodologie, les résultats de l'étude, les limites et les perspectives.

Contexte théorique, buts et hypothèses

1. Troubles de la parole dans la maladie de Parkinson

1.1. Physiopathologie et signes cliniques de la maladie de Parkinson

La maladie de Parkinson résulte d'une dégénérescence des neurones dopaminergiques de la voie nigro-striée. Elle apparaît cliniquement à partir de 50 à 70% de destruction neuronale, et quand les phénomènes de compensation ne sont plus possibles (Fearnley & Lees, 1991). Dans les neurones restants est décrite la présence anormale d'inclusions appelées corps de Lewy, et constituées de protéines alpha-synucléines (Duyckaerts et al., 2010).

Cette dégénérescence des neurones dopaminergiques induit un dysfonctionnement des ganglions de la base, ou noyaux gris centraux, impliqués dans le contrôle moteur. La maladie de Parkinson est ainsi caractérisée par des atteintes motrices, regroupées sous le terme de « triade parkinsonienne ». Cette triade associe une akinésie, une rigidité musculaire extrapyramidale et/ou un tremblement de repos et/ou un trouble de la marche. Au niveau de la parole, on retrouve également précocement des troubles liés à un défaut d'exécution motrice, classiquement qualifiés de dysarthrie hypokinétique (Teston & Viallet, 2005). La maladie de Parkinson se manifeste également par des symptômes non-moteurs, principalement des troubles cognitifs et psycho-affectifs, mais aussi une dysautonomie, des troubles du comportement, ou encore des troubles du sommeil (Bonnet & Czernecki, 2013).

Les lésions pathologiques évoluent en aspects et sévérité de façon continue, avec une séquence de modifications prévisibles. Les premières lésions concernent principalement le noyau dorsal du nerf vague, le tractus olfactif antérieur et les neurones du système digestif (Braak et al., 2003). L'anosmie et la dysautonomie constituent donc des symptômes prodromaux de la maladie, avec les troubles du sommeil paradoxal. Puis, durant la phase d'état les lésions dégénératives atteignent les neurones dopaminergiques des ganglions de la base, et suivent une progression pendant environ dix ans vers le néocortex et le cortex, dont l'atteinte induit des troubles cognitifs (Braak et al., 2003).

1.2. Dysarthrie hypokinétique

Le syndrome akinéto-rigide induit par l'atteinte des ganglions de la base entraîne une réduction de la motricité articuloire et une diminution de la modulation prosodique de la parole. Ces perturbations de la parole sont des symptômes caractéristiques de la dysarthrie hypokinétique.

La dysarthrie est un trouble de l'exécution motrice de la parole, consécutif à une atteinte du système nerveux central et/ou périphérique (Darley et al., 1975, cité par Auzou et al., 2007). Les perturbations résultant de cette atteinte ne se limitent pas seulement aux aspects articuloires de la parole, mais concernent aussi la respiration, la phonation, la résonance et la prosodie (Auzou, 2007). Dans la maladie de Parkinson, la dysarthrie est qualifiée d'hypokinétique, selon la classification étiologique établie par les travaux de la Mayo Clinic (Darley et al., 1975). Sur la base d'une analyse perceptive de la parole d'un échantillon de patients, ces travaux ont établi la liste des critères déviants prédominants pour chaque type de dysarthrie. Dix critères déviants ont ainsi été déterminés pour qualifier la dysarthrie hypokinétique. Par ordre décroissant de fréquence, on retrouve une monotonie de la hauteur, une réduction de l'accentuation, une monotonie de l'intensité, une imprécision des consonnes, des pauses inappropriées, des accélérations brèves, une raucité de la voix, une voix « soufflée », une hauteur moyenne et un débit variables (Darley et al., 1969, cité par Viallet & Teston, 2007). Ces troubles altèrent l'intelligibilité, et ont donc un retentissement sur la fonctionnalité de la communication des sujets atteints de la maladie de Parkinson. Il existe tout de même une forte variabilité interindividuelle dans la manifestation de ces troubles, qui dépend en partie de la topographie de la dénervation dopaminergique (Metter & Hanson, 1986).

Le qualificatif d'hypokinétique attribué à la dysarthrie parkinsonienne fait notamment référence à la diminution des variations prosodiques de la parole (Viallet & Teston, 2007). Les recherches de la Mayo Clinic ont ainsi défini un « cluster » principal d'insuffisance prosodique, caractéristique de la dysarthrie parkinsonienne, regroupant six des dix critères déviants décrits : la monotonie de hauteur et d'intensité, la réduction d'accentuation, les accélérations brèves, le débit variable et l'imprécision des consonnes (Darley et al., 1969, cité par Viallet & Teston, 2007). Les troubles prosodiques dans la maladie de Parkinson réduisent la capacité à transmettre des significations linguistiques et émotionnelles, et impactent l'intelligibilité de la parole, ce qui contribue à l'altération de la communication, et par conséquent à l'isolement social des sujets (Miller et al., 2006).

Dans la maladie de Parkinson, la parole est classiquement décrite comme monotone (Teston & Viallet, 2005). Les différents événements prosodiques se trouvent modifiés par l'atteinte des ganglions de la base. La variabilité de la fréquence fondamentale est réduite (Teston & Viallet, 2005). Selon Moreau et Pinto (2019), cette modification pourrait être un biomarqueur précoce de la maladie de Parkinson. Par ailleurs, des lésions du nerf vague, survenant assez tôt dans l'évolution de la maladie seraient responsables d'une altération du contrôle respiratoire, induisant une hypophonie caractéristique de la parole des patients atteints de la maladie de Parkinson (Braak et al., 2003). En ce qui concerne le rythme de la parole, on retrouve des anomalies du débit, des pauses plus longues voire inappropriées, des festinations de la parole, des palilalies et un pseudo-bégaiement (Teston & Viallet, 2005). Ces éléments contribuent à une certaine variabilité de la vitesse de parole, mais induisent aussi une rupture de la structure syntaxique, qui altère la prosodie (Duez, 2005). Ce sont ces aspects rythmiques que nous traiterons plus spécifiquement dans le cadre de ce mémoire.

1.3. Perception et production de la parole dans la maladie de Parkinson

Les troubles de la production de la parole dans la maladie de Parkinson sont consécutifs aux lésions des ganglions de la base. Ceux-ci jouent en effet un rôle majeur dans l'exécution des programmes moteurs. Kotz et Gunter (2015) décrivent ainsi un déficit généralisé du traitement temporel dans la maladie de Parkinson, impactant le traitement de certaines fonctions motrices, notamment la production de la parole.

Sur le versant productif, on retrouve une variabilité du rythme de la parole, qui se manifeste par une accélération ou un ralentissement du débit, ainsi qu'une augmentation du nombre et de la durée des pauses (Skodda & Schlegel, 2008). En effet, la perte d'excitation corticale par la boucle motrice des ganglions de la base induit une difficulté d'initiation des programmes moteurs, et une incapacité à maintenir ces programmes actifs pendant toute leur durée, pour produire une séquence de sons donnée (Guenther, 2016). L'activation des neurones impliqués dans la production de la parole étant diminuée, la vitesse et l'amplitude des mouvements articulatoire se trouve réduite. Le contrôle moteur de la parole est donc perturbé, ce qui induit une altération du rythme sur le versant productif. Il a été montré que ce déficit rythmique ne se retrouve pas en situation de voix chantée (Harris et al., 2016).

La maladie de Parkinson induit également une atteinte de la parole sur le versant perceptif. En effet, les ganglions de la base sont impliqués dans la transmission et le traitement de l'information sensorielle. Leur atteinte altérerait donc les capacités de perception de la parole. Selon Vitale et al. (2016), ces perturbations s'inscrivent dans un contexte de déficience auditive périphérique unilatérale ou bilatérale. Or, le feedback auditif permet la mise en place de changements compensatoires de la hauteur et de l'intensité vocale quand celles-ci sont perturbées (Liu et al., 2012). Dans la maladie de Parkinson, le dysfonctionnement des ganglions de la base nuit à l'intégration sensori-motrice du feedback auditif. Cela expliquerait la perception fréquente d'un volume normal par les patients malgré une réduction notable de l'intensité vocale, et la difficulté éprouvée à moduler cette intensité (Liu et al., 2012).

Par ailleurs, Späth et al. (2016, 2022) ont retrouvé une adaptation préservée voire accrue au débit et au rythme de la parole d'un interlocuteur chez des participants atteints de la maladie de Parkinson. Le dysfonctionnement des ganglions de la base épargne ou favorise donc la perception de la parole d'un interlocuteur, ce qui facilite la production en situation interactive (Späth et al., 2022).

En ce qui concerne la perception du rythme, plusieurs études ont révélé des capacités relativement préservées du traitement du rythme, malgré le dysfonctionnement striatal caractéristique de la maladie de Parkinson (Liss et al., 2009). Les compétences rythmiques perceptives seraient ainsi relativement préservées dans la maladie de Parkinson. Cependant, Grahn et Brett (2009) relèvent des difficultés de traitement des séquences sonores rythmiques, qui seraient en lien avec l'altération des ganglions de la base, connus pour être impliqués dans la perception du rythme. Pastor et al. (1992) décrivent également des difficultés de traitement temporel se traduisant notamment par une sous-estimation de la durée d'intervalles temporels, ce qui serait lié à un ralentissement du mécanisme d'« horloge interne ».

1.4. Influence des traitements sur les troubles de la parole

Il existe aujourd'hui plusieurs types de thérapeutiques pour le traitement de la maladie de Parkinson, dont le choix dépend principalement du profil du patient et de ses attentes. Les traitements médicamenteux, de première ligne, ont pour objectif de compenser le déficit en dopamine. Il existe également des techniques chirurgicales de stimulation cérébrale profonde, destinées à réduire en partie les symptômes moteurs.

Les effets des traitements médicamenteux et chirurgicaux de la maladie de Parkinson sur la dysarthrie sont jugés insatisfaisants, car insuffisants et inconstants (Pinto et al., 2004). Le traitement dopaminergique peut avoir un impact positif sur certains aspects de la parole et délétère sur d'autres (Moreau & Pinto, 2019). La réponse à la L-dopa est variable, et dépend notamment de la durée du traitement, et de la durée et du stade de la maladie. En ce qui concerne la prosodie, les résultats des études divergent. Selon Frota et al. (2021), le traitement dopaminergique affecte différemment la production de l'intonation et les capacités de segmentation du flux vocal en phrases intonatives. En effet, les auteurs ont montré que le traitement améliore la variabilité de la hauteur des sons, induisant donc une meilleure capacité à véhiculer différents types de phrases et de significations pragmatiques par l'intonation. Cet effet est indépendant de la durée de la maladie et de la présence ou de l'absence de fluctuations motrices. À l'inverse, leur étude ne retrouve pas d'effet positif de la médication sur le découpage prosodique de la parole, qui est néanmoins affecté par les fluctuations motrices, et la durée de la maladie. Concernant le rythme, le traitement dopaminergique serait plus bénéfique pour la production de schémas prosodiques peu complexes (Frota et al., 2021).

Une grande part de la prise en charge du patient atteint de la maladie de Parkinson réside par ailleurs dans l'éducation thérapeutique, et inclut les prises en soin kinésithérapique et orthophonique. Cette dernière doit être précoce et intensive (Ozsancak & Auzou, 2005). Les axes thérapeutiques concernent essentiellement l'intensité de la voix, la modulation de la hauteur, la précision articulatoire, la résonance et le débit. Moreau et Pinto (2019) évoquent également l'importance d'inclure l'altération de la boucle audiophonatoire dans la prise en charge des troubles de la parole. La méthode Lee Silverman Voice Treatment (LSVT®) (Ramig et al., 2001) est à ce jour considérée comme la méthode de rééducation de référence de la dysarthrie hypokinétique. Cette méthode est axée sur l'amélioration de l'intensité vocale, en incitant le patient à « parler fort ». Il a par ailleurs été démontré que son efficacité s'étend également à d'autres paramètres, tels que la qualité vocale, le fonctionnement laryngé, la précision articulatoire (Ramig & Fox, 2007). Cependant, ces effets sont limités en ce qui concerne l'amélioration du rythme de la parole, et ce d'autant plus en cas de troubles sévères (Rolland-Monnoury & Özsancak, 2007). Ainsi, les possibilités de prise en soin des troubles du rythme de la parole dans la maladie de Parkinson restent à ce jour limitées, tant par la rééducation orthophonique que par les traitements dopaminergiques.

2. Rythme perceptif et interventions rythmiques

2.1. Stimulation Auditive Rythmique

La prise en charge rééducative des troubles du rythme dans la maladie de Parkinson s'appuie en grande partie sur l'utilisation d'aides externes. En effet, il a été montré que l'écoute d'un stimulus musical avec un rythme saillant en parallèle de l'activité motrice permet

d'améliorer le rythme de la marche dans la maladie de Parkinson (McIntosh et al., 1997). Le principe de Stimulation Auditive Rythmique consiste ainsi à synchroniser la production du mouvement à un stimulus auditif rythmique, par exemple un battement de métronome ou une séquence musicale (Thaut et al., 2001). Ce paradigme s'appuie sur le lien existant entre les systèmes auditif et moteur. Par le biais d'un mécanisme de couplage sensori-moteur, la perception d'un son peut influencer l'activité du motoneurone spinal, et par conséquent l'activité motrice (Chen et al., 2008). De plus, la perception d'un rythme externe génère un rythme interne, qui peut persister même après arrêt de la stimulation auditive. Le stimulus musical pourrait par ailleurs constituer un repère externe, qui suppléerait le déficit de l'horloge interne de régulation motrice décrit dans la maladie de Parkinson (Pastor et al., 1992). Les méthodes de Stimulation Auditive Rythmique utilisent généralement les battements d'un métronome, parfois couplés à de la musique. L'attente d'un battement régulier induit une synchronisation avec le mouvement, ce qui a des effets sur la vitesse de la marche, la cadence et la longueur des foulées (Thaut et al., 1996).

Certaines études ont examiné ce type d'approche pour la rééducation des troubles de la parole et du langage. Il s'agit alors d'induire un couplage sensori-moteur entre le mouvement de production de la parole et un rythme externe. Thaut et al. (2001) ont montré une amélioration de l'intelligibilité chez des participants atteints de la maladie de Parkinson, lors de la synchronisation de la parole avec un indice rythmique, mais seulement chez des sujets présentant des troubles sévères. En ce qui concerne la perception de la parole, la présentation d'un stimulus rythmique régulier en parallèle de l'écoute de phrases permet un meilleur traitement syntaxique (Kotz & Gunter, 2015).

Plus récemment, l'attention a été portée sur le paradigme d'amorçage auditif. Celui-ci consiste à faire écouter un stimulus auditif rythmique, de nature musicale ou langagière, avant la réalisation d'une tâche.

2.2. Amorçage rythmique et effets sur la parole

A travers le paradigme d'amorçage rythmique évoqué ci-dessus, de nombreuses études ont étudié l'influence d'un rythme perceptif sur la perception et la production de la parole.

Przybylski et al. (2013) ont analysé l'effet de la présentation d'une amorce rythmique musicale sur le traitement syntaxique chez des enfants présentant un trouble spécifique du langage oral ou du langage écrit. Leurs résultats montrent de meilleures performances après une amorce régulière plutôt qu'irrégulière ou qu'une absence d'amorce, dans une tâche de jugement de grammaticalité. Ainsi, la présentation d'un rythme régulier facilite la compréhension syntaxique de phrases présentées ultérieurement. Une tâche de lecture de mots et de pseudo-mots a également révélé une amélioration des capacités de segmentation et une diminution des erreurs de lecture après une stimulation musicale régulière. De même, Cason, Astésano et al. (2015) ont montré l'influence d'un rythme perceptif sur le versant réceptif de la parole chez des sujets tout-venants. Leur expérience consistait en une tâche de détection de phonèmes dans des phrases, précédées d'amorces rythmiques. L'amorçage a permis aux auditeurs de générer des attentes rythmiques concernant la phrase présentée ultérieurement, et ce d'autant plus quand la structure de l'amorce était congruente à celle de la phrase cible. Fiveash et al. (2021) pointent ainsi les intérêts d'un entraînement rythmique exploitant les propriétés métriques du matériel musical chez des populations présentant des troubles de la parole et du langage.

En ce qui concerne la production de la parole, plusieurs études ont montré un effet bénéfique de l'amorçage rythmique dans différentes pathologies. Par exemple, Cason, Hidalgo et al. (2015) ont évalué cet effet chez des enfants sourds prélinguaux appareillés. Le protocole expérimental de leur étude consistait en une répétition d'amorce rythmique, suivie d'une répétition de phrase. L'amorce rythmique était une séquence de sons de percussions, dont la structure métrique était congruente ou non à celle de la phrase cible. Leurs résultats ont montré que la présentation d'une amorce rythmique régulière permettait l'amélioration de la précision phonologique par rapport à une amorce irrégulière ou à l'absence d'amorçage. De même, Aichert et al. (2019) ont observé le bénéfice d'un amorçage rythmique verbal sur l'exactitude des productions, en langue allemande, chez des participants atteints d'aphasie phonologique ou d'apraxie de la parole. Leur étude consistait en une tâche de complétion de phrases, dont les quatre premiers mots servaient d'amorce, régulière (trochaïque) ou irrégulière (alternance de mots trochaïques et iambiques). Les mots cibles étaient eux aussi réguliers (trochaïques) ou irréguliers (iambiques). Les auteurs ont comparé les taux d'erreurs segmentales et suprasegmentales dans quatre conditions d'association des amorces et des cibles régulières et irrégulières. Ils ont ainsi démontré l'importance de la régularité de l'amorce, qui influence le taux d'erreurs, et ce d'autant plus que le trouble de production de la parole est sévère.

Dans la maladie de Parkinson, plusieurs études ont examiné l'influence d'un amorçage rythmique sur la perception et la production de la parole.

Sur le versant perceptif, une étude de cas en langue allemande a retrouvé une amélioration du traitement syntaxique et sémantique suite à l'exposition à un stimulus musical ayant une structure rythmique similaire à celle de la langue (Kotz & Gunter, 2015). Les auteurs ont présenté à un participant atteint de la maladie de Parkinson deux types d'amorces musicales, une marche et une valse. La première avait une structure rythmique prédictible et alignée à celle de la parole, tandis que la seconde avait une structure moins prédictible. Après la présentation de l'amorce, le participant entendait une phrase et devait effectuer une tâche de jugement de grammaticalité. Les résultats ont montré un meilleur traitement des phrases après une amorce de type marche, par rapport à la valse.

En ce qui concerne le versant productif, Späth et al. (2016) ont montré un effet bénéfique d'un amorçage rythmique langagier sur l'initiation de la parole dans la maladie de Parkinson. Ce type d'amorçage diffère du précédent, car il est créé à partir de matériel verbal. La structure accentuelle des mots utilisés est contrôlée pour assurer la régularité de l'amorce. Dans l'étude de Späth et al. (2016), une phrase amorce puis une phrase cible étaient présentées auditivement et visuellement aux participants. Ces deux phrases étaient régulières ou irrégulières d'un point de vue rythmique. Dans un second temps, seule l'amorce était énoncée, et les participants devaient produire oralement la phrase cible. Les résultats ont montré qu'une amorce de nature régulière induisait une réponse plus précoce des sujets atteints de la maladie de Parkinson. Les auteurs ont ainsi suggéré qu'un amorçage rythmique langagier peut permettre un ajustement des schémas moteurs de la parole dans la maladie de Parkinson, et ce davantage avec un modèle rythmique régulier qu'irrégulier.

Par ailleurs, Aichert et al. (2021) ont reproduit le paradigme expérimental de leur étude (Aichert et al., 2019) en incluant des sujets atteints de la maladie de Parkinson. Leurs analyses portaient sur le délai d'initialisation de la réponse après présentation de la phrase d'amorçage. Les sujets atteints de la maladie de Parkinson ont présenté un pattern de résultats similaire aux sujets contrôle dans la condition d'amorçage régulier congruent à la cible, se traduisant par une

diminution du délai d'initialisation. Cela illustre à nouveau le bénéfice d'un indiçage régulier sur la production de la parole dans la maladie de Parkinson.

Ainsi, les études décrites montrent le bénéfice de l'amorçage auditif rythmique sur la perception et la production de la parole chez diverses populations présentant des troubles de la parole et du langage. Dans la maladie de Parkinson, des effets positifs d'un amorçage langagier régulier ont été montrés sur le traitement et l'initiation de la parole. En ce qui concerne l'amorçage musical, son effet dans la dysarthrie hypokinétique n'a pas encore été étudié sur le versant productif.

Dans la section suivante, nous détaillons les données théoriques nous permettant de formuler des hypothèses concernant un potentiel effet bénéfique de l'amorçage rythmique dans la maladie de Parkinson.

3. Contrôle moteur, liens musique-langage et rythme

3.1. Contrôle moteur de la parole

La production de la parole implique au niveau cérébral la mise en œuvre d'un réseau comprenant le cortex pré-moteur, l'aire motrice supplémentaire, les ganglions de la base, et le cervelet (Kent et al., 2000). Ces structures fonctionnent en boucles d'activation motrice. Les ganglions de la base permettent la planification et l'exécution de schémas moteurs prédéfinis (Kent et al., 2000). Ils jouent également un rôle important dans la perception du rythme (Nombela et al., 2013). Le cervelet, quant à lui, transmet l'information d'intention de mouvement du cortex sensori-moteur au cortex moteur, et intervient également dans la régulation du mouvement en temps réel (Pinto & Ghio, 2008).

Afin de rendre compte des mécanismes neurocognitifs qui sous-tendent la production de la parole, nous nous appuyerons sur les modèles théoriques DIVA (Guenther et al., 2006) et GODIVA (Bohland et al., 2010). Ces modèles décrivent le contrôle moteur de la parole, c'est-à-dire la génération de programmes moteurs spécifiant les schémas de mouvements nécessaires à la production de la parole. L'unité sonore de référence utilisée pour la description de ces mécanismes est la syllabe.

Le modèle DIVA (Directions Into Velocity of Articulators) (Guenther et al., 2006) décrit les réseaux neuronaux impliqués dans le contrôle moteur de la parole. La production motrice en elle-même est régie par le cortex moteur primaire. Au niveau sous-cortical, on distingue deux boucles : une boucle cortico-cérébelleuse impliquant le pons, le cervelet et le thalamus, et une boucle cortico-basale impliquant le putamen, le pallidum et le thalamus. Les ganglions de la base sont impliqués dans l'initiation de la parole, et le séquençage des actions motrices.

La production de la parole au sein du modèle DIVA implique un système de contrôle par anticipation, et un système de contrôle par rétroaction, auditive ou somatosensorielle. Pendant l'enfance, l'apprentissage de la parole par imitation se fait par le biais d'une interaction entre les deux systèmes de contrôle. Le système de contrôle par rétroaction génère des cibles sensorielles, qui permettent l'ajustement progressif des commandes motrices dans le système par anticipation, lors des premières tentatives de production. Quand les commandes d'anticipation pour un son donné sont intégrées, la production est possible grâce à ces seules

commandes, sauf si une perturbation se produit. Dans ce cas, des commandes correctives sont générées grâce au système de contrôle par rétroaction.

La production d'une syllabe induit dans un premier temps l'activation des neurones correspondants au niveau du cortex prémoteur ventral, ce qui génère une commande motrice. Celle-ci est envoyée au cortex moteur via les deux systèmes de contrôle. La génération du programme moteur appris pour le son à produire se fait par le biais du système de contrôle par anticipation. Le réseau d'initiation, ou « *initiation map* » est responsable de la sélection et du lancement du programme moteur pour le son à produire. Il implique l'aire motrice supplémentaire, et les ganglions de la base. L'activation de ces derniers permet la sélection du programme moteur approprié, et l'inhibition des programmes concurrents. Le programme moteur activé est ensuite généré par le réseau d'articulation, ou « *articulator velocity and position maps* » qui implique le cortex moteur et le cervelet. Dans la maladie de Parkinson, la dégénérescence des neurones dopaminergiques induit une activité réduite de la boucle motrice des ganglions de la base. Cela a pour conséquence une sous-activation du réseau d'initiation au niveau de l'aire motrice supplémentaire. Les programmes moteurs sont donc initiés avec plus de difficulté, moins d'intensité, et leur activation est moins maintenue dans le temps. Cela se traduit par une augmentation du délai d'initialisation de la parole, des mouvements lents et d'intensité réduite, et une augmentation du débit de parole (Guenther, 2016).

Le système de contrôle par rétroaction auditive détecte et corrige les éventuelles « erreurs » lors de la production de la parole. Pour cela, le retour auditif pendant la production est comparé à un signal auditif cible, qui représente le retour attendu. Ce dernier inclut une certaine variabilité acceptable du signal acoustique pour le son en question, ce qui permet la prise en compte des contraintes de contexte, de coarticulation et de débit. En parallèle, le système de contrôle par rétroaction somatosensorielle détecte et corrige les différences entre les informations tactiles et proprioceptives cibles et le retour issu des articulateurs pendant la production.

Dans le modèle DIVA, le cortex prémoteur est ainsi activé à la fois pendant la perception et la production de la parole. Cela permet l'apprentissage des cibles sensorielles, et par la suite leur production sous forme de programmes moteurs. Dans la maladie de Parkinson, l'atteinte des ganglions de la base impacte la perception de la parole, ce qui peut donc avoir des conséquences sur la mise en place de commandes correctives adaptées par le système de contrôle par rétroaction.

Le modèle Gradient Order DIVA (GODIVA) (Bohland, et al., 2010) est une extension du modèle DIVA, qui décrit le contrôle de l'enchaînement des sons de la parole, impliquant deux boucles cortico-basales. La boucle de planification est responsable du stockage temporaire en mémoire tampon de la séquence à produire. La boucle motrice, impliquant les ganglions de la base, est responsable de la génération des commandes motrices pour le programme moteur sélectionné, au moment opportun. Après des productions répétées de certaines séquences de phonèmes, la boucle motrice intègre les commandes dans un même programme optimisé pour toute la séquence (par exemple, un seul programme va être mis en œuvre pour produire la séquence /blø/). Dans la maladie de Parkinson, l'atteinte de la boucle motrice des ganglions de la base empêche la production de ces programmes, ce qui rend nécessaire une activation individuelle de tous les gestes de la séquence. La production est donc plus coûteuse.

Ainsi, les modèles DIVA et GODIVA attribuent un rôle majeur à la boucle motrice des ganglions de la base, dans la mise en œuvre des programmes moteurs pour la production de la parole. Le déficit dopaminergique induit par la maladie de Parkinson impacte la mise en action de cette boucle motrice, ce qui se traduit au niveau de la production de la parole par une dysarthrie hypokinétique.

3.2. Liens musique et traitement langagier : mécanismes sous-jacents

Le cadre théorique PRISM (Processing Rhythm In Music and Speech), développé par Fiveash et al. (2021) rassemble les données issues de plusieurs théories pour décrire les liens existant entre le rythme musical et le rythme de la parole. Ce cadre repose sur trois mécanismes communs au traitement du rythme dans la parole et la musique, décrits dans la littérature. Il s'agit du traitement auditif précis, de la synchronisation des oscillations neuronales aux stimuli auditifs externes, et du couplage sensorimoteur entre les cortex auditif et moteur. En lien avec ces processus, la régularité du rythme musical permettrait une synchronisation des oscillations neuronales, grâce au mécanisme de couplage sensori-moteur. Cette synchronisation, durable dans le temps, aurait ultérieurement un effet sur le traitement du signal de parole.

La perception auditive d'un rythme induit, au niveau cérébral, des schémas d'activité électrique, appelés oscillations neuronales. Celles-ci se synchronisent en phase avec le stimulus externe. Ainsi, le traitement d'un stimulus rythmique langagier ou musical induit un phénomène de couplage des oscillations neuronales avec les oscillations du rythme perçu (Lakatos et al., 2019). Ce phénomène est appelé « entraînement » neuronal. Par ailleurs, la simple perception auditive d'un rythme active de façon automatique les aires motrices, en particulier l'aire motrice supplémentaire et les ganglions de la base (Grahn & Brett, 2007). Cette activation traduit l'existence d'un couplage sensori-moteur au niveau cérébral, c'est-à-dire une connexion entre les cortex auditif et moteur. Par ce biais, l'information auditive peut diriger l'action motrice (Chen et al., 2008).

La musique, comme la parole, est un signal auditif structuré dans le temps par un certain nombre d'indices acoustiques. Les variations rythmiques viennent s'ajouter au mètre musical, qui est fixe (Di Cristo, 2003). Le rythme musical et le rythme de la parole se distinguent principalement par leur régularité. En effet, le rythme de la parole intègre des contraintes lexicales et prosodiques qui le rendent moins régulier que le rythme musical. Ce dernier dispose d'une régularité métrique qui induit une forte prédictibilité des événements acoustiques au niveau perceptif. En lien avec les mécanismes décrits dans le cadre PRISM, la musique constitue donc un stimulus idéal pour favoriser l'entraînement neuronal (Fiveash et al., 2021). En se synchronisant au rythme externe, les oscillations neuronales suivent le stimulus musical. Ce mécanisme permet un traitement efficace de l'information auditive (Kotz & Gunter, 2015). Chez des sujets tout-venants, Falk et al. (2017), ont montré qu'un indice non verbal régulier, métriquement semblable à la parole permet d'induire des prédictions temporelles qui facilitent le traitement de la parole. Plusieurs études montrent un bénéfice de cet entraînement via un amorçage rythmique sur le traitement ultérieur du langage (Cason, Astésano et al., 2015 ; Cason & Schön, 2012). L'écoute d'un stimulus régulier, et donc prévisible dans le temps, crée chez l'auditeur des attentes rythmiques implicites qui facilitent les processus de perception et production de la parole (Cason et al., 2015 ; Falk et al., 2017). Ainsi, sur la base de ces mécanismes et par le biais des circuits neuronaux communs qui traitent le signal acoustique, un stimulus musical, rythmique et prévisible, pourrait améliorer le traitement langagier.

Comme nous l'avons décrit grâce au modèle DIVA (Guenther et al., 2006), les mécanismes neurocognitifs qui sous-tendent la production de la parole sont intimement liés aux aires perceptives, formant un processus de régulation interne de l'activité langagière. D'une part, la perception auditive de la parole impacte sa production, et inversement, par le biais d'un couplage sensori-moteur interne. D'autre part, la perception auditive d'un rythme externe engendre un processus d'entraînement des oscillations neuronales, qui se synchronisent avec le rythme perçu. Sur la base de cette relation entre perception et production, l'influence d'un rythme perceptif sur le traitement et la production de la parole a été décrite dans la littérature pour plusieurs pathologies (Schön & Tillmann, 2015). Dans la maladie de Parkinson, la présentation d'un stimulus musical de structure congruente à la parole améliore sa perception (Kotz & Gunter, 2015). En production le bénéfice d'une amorce langagière sur le délai d'initialisation de la parole a été démontré (Aichert et al., 2021 ; Späth et al., 2016). En s'appuyant sur ces données théoriques, notre étude cherche à déterminer l'effet d'une amorce musicale sur le rythme de la parole dans la maladie de Parkinson.

3.3. Rythme et accentuation de la langue française

Comme évoqué précédemment, la dysarthrie hypokinétique implique des perturbations prosodiques, notamment au niveau du rythme de la parole. Nous allons ici développer les aspects théoriques concernant la prosodie de la langue française, en nous focalisant plus particulièrement sur la notion de rythme et d'accentuation.

Il existe diverses définitions de la prosodie. Nous nous appuyerons dans ce mémoire sur la conception de la prosodie comme l'application aux différentes unités de la chaîne linguistique d'un ensemble de paramètres physiques et de paramètres abstraits. Ces paramètres contribuent aux fonctions grammaticale et extra-grammaticale de la prosodie. La première permet l'organisation et la structuration du message verbal, en segmentant la chaîne parlée en mots, syntagmes et énoncés, et en mettant les unités de sens les plus importantes en exergue. Par sa fonction extra-grammaticale, que l'on peut qualifier d'émotionnelle, la prosodie permet également l'expression de l'affect du locuteur (Di Cristo, 2004).

Le système prosodique peut être divisé en trois sous-systèmes : l'ordre de structuration métrique, l'ordre de structuration tonale et l'ordre de structuration temporelle. Ces sous-systèmes fonctionnent de façon interactive, et permettent la structuration et l'application des paramètres prosodiques aux unités lexicales et post-lexicales, et ainsi à la mise en œuvre des fonctions prosodiques (Di Cristo, 2004).

D'un point de vue objectif, trois paramètres physiques caractérisent la prosodie : la variation de la fréquence fondamentale des cordes vocales (F0), l'intensité de l'émission sonore, et la durée (Di Cristo, 2004). Ces paramètres renvoient aux mécanismes physiologiques et acoustiques de la production de la prosodie de la parole. De leurs variations découlent des paramètres abstraits, à savoir le tempo, les pauses, le rythme et l'intonation pour la prosodie post-lexicale. Ce sont sur ces paramètres que nous nous focaliserons dans le présent mémoire.

La notion de rythme fait référence à l'organisation régulière et périodique du mouvement dans le temps. Le rythme linguistique correspond à la récurrence de groupements, délimités par des phénomènes d'accentuation (Di Cristo, 2004). Il peut être défini comme l'organisation temporelle des unités syllabiques, à laquelle s'ajoutent les variations de l'accentuation et de

l'intonation (Di Cristo & Hirst, 1993). Le rythme possède donc une double dimension, à la fois temporelle et mélodique.

Selon Di Cristo (2004), c'est l'ordre de structuration métrique qui prend en charge les paramètres de rythme et d'accentuation. Le terme de *structure métrique* évoque ainsi l'organisation du système rythmique du français. Les notions de rythme et de métrique sont intrinsèquement liées, et peuvent d'après Di Cristo (2016), être considérées comme les deux versants d'un même phénomène prosodique. La métrique peut être envisagée comme un dispositif structurel abstrait, à l'organisation régulière et conventionnelle répondant à des contraintes formelles strictes. Le rythme aurait une dimension plus fonctionnelle, et serait influencé par des contraintes externes, en lien avec le caractère naturel et spontané de la parole (Di Cristo, 2016). En ce sens, le rythme linguistique serait une représentation concrète et formelle de la métrique.

L'accentuation est donc primordiale à la description du rythme linguistique. D'un point de vue phonétique, l'accentuation peut être définie comme la mise en exergue d'une syllabe donnée. Acoustiquement, celle-ci se traduit par une augmentation de la durée et de la fréquence fondamentale de la syllabe accentuée (Di Cristo, 2004). Dans le signal de parole, le phénomène d'accentuation se traduit par la perception d'une alternance de battements forts et faibles. C'est cette alternance des syllabes accentuées et inaccentuées qui définit le rythme linguistique, et permet ainsi l'organisation du matériel verbal (Di Cristo, 2013). L'accentuation du français n'est pas lexicale, contrairement à certaines langues comme l'anglais. La représentation lexicale d'un mot n'inclut donc pas ses propriétés métriques et tonales (Delais-Roussarie et al., 2015).

Il existe deux types d'accents en français, pouvant s'exprimer au niveau d'un mot ou d'un groupe de mots. L'accent primaire, ou final, porte sur la dernière syllabe pleine du syntagme concerné. Cet accent est constant dans la parole spontanée. L'accent secondaire, ou initial, est quant à lui facultatif, et situé en début de phrase. L'accentuation finale primaire du français nous intéresse particulièrement ici, car elle permet la délimitation de groupes rythmiques, en figurant leur frontière droite, et a une fonction démarcative importante (Di Cristo, 2003). Elle est par ailleurs soumise à des contraintes métriques et rythmiques, et doit notamment respecter le concept d'eurythmie, afin d'éviter la présence successive de deux syllabes accentuées (« clash ») ou inaccentuées (« laps ») (Di Cristo, 2003).

La production et la perception de ce phénomène d'accentuation induisent l'émergence de groupements, dont les frontières sont délimitées par l'accent primaire (Mertens, 2008). Le terme de groupe intonatif fait ainsi référence à une séquence de syllabes se terminant par une syllabe accentuée. Ces groupes intonatifs peuvent être eux-mêmes divisés en groupes accentuels. Ce deuxième niveau de groupement s'appuie sur la distinction entre deux catégories de mots : les mots accentuables, ou toniques, et les mots non-accentuables, ou clitiques. Ces deux catégories ne sont pas fixes. Un même mot peut appartenir à l'une ou l'autre selon sa nature grammaticale et la place qu'il occupe dans la phrase. Un groupe accentuel est ainsi constitué d'un mot tonique, seul ou accompagné d'un mot clitique adjacent et lié syntaxiquement (Mertens, 2008). Cette segmentation en groupes accentuels et groupes intonatifs s'inscrit dans une organisation hiérarchique du rythme de la parole. Elle possède un rôle informationnel important, en permettant de clarifier les relations entre les unités syntaxiques.

Les notions de rythme et d'accentuation explicitées dans cette section caractérisent en grande partie la prosodie des langues parlées. Grâce à l'accentuation, en particulier, on peut

distinguer les langues à accent lexical, comme l'anglais, de celles à accent de groupe, comme le français. Plusieurs mesures acoustiques ont été développées dans la littérature pour quantifier ces caractéristiques de façon objective. Ces mesures, appelées « métriques du rythme », sont basées sur les durées des intervalles vocaliques et consonantiques (Ramus et al., 1999). Il s'agit notamment de la proportion de voyelles de l'énoncé (%V), de l'écart-type de la durée des intervalles vocaliques (ΔV), et consonantiques (ΔC). Certains auteurs ont ainsi qualifié et distingué les langues parlées grâce à ces métriques (Ramus et al., 1999). Cependant, d'autres les ont jugées peu pertinentes pour établir des comparaisons entre les langues (Arvaniti, 2012).

Ces mesures ont été reprises et développées par Liss et al. (2009) et Lowit et al. (2018) dans le cadre de la dysarthrie, pour étudier les déficits rythmiques. Dans ces deux études en langue anglaise, les auteurs ont déterminé que certaines métriques du rythme permettaient de distinguer la parole de locuteurs dysarthriques de celle de locuteurs sains. Dans une tâche de lecture à voix haute, les mesures jugées les plus discriminantes sont les suivantes : la proportion de l'énoncé composée d'intervalles vocaliques (%V), les coefficients de variation des intervalles vocaliques (VarcoV) et consonantiques (VarcoC), l'indice normalisé de variabilité par paire pour les intervalles vocaliques (nPVI-V) et le taux d'articulation. Lowit et al. (2018) ont notamment montré que la variable %V, mettant en évidence une proportion de voyelles plus élevée chez les sujets atteints de la maladie de Parkinson, était particulièrement sensible à la détection des perturbations rythmiques, même dans le cadre de troubles légers. Ce sont sur les variables évoquées que porteront nos analyses, dans le but de mettre en évidence d'éventuelles modifications prosodiques subtiles dans la parole des participants dysarthriques.

4. Buts et hypothèses

L'objectif de ce mémoire est d'étudier l'impact d'un rythme perceptif sur le rythme de parole en production chez des sujets atteints de la maladie de Parkinson. Nous avons évalué l'effet de l'amorçage rythmique à travers différents types d'amorçages, congruents ou non à la cible (i.e. phrases à produire). Des sujets atteints de la maladie de Parkinson ont été comparés à des sujets sains, afin de déterminer l'éventuel impact d'une amorce rythmique auditive.

Nos analyses porteront sur les métriques du rythme utilisées par Liss et al. (2009) et Lowit et al. (2018), à savoir :

- La proportion d'intervalles vocaliques de l'énoncé (%V).
- Le coefficient de variation de durée des segments vocaliques (VarcoV) et consonantiques (VarcoC).
- L'indice de variabilité par paires des intervalles vocaliques (nPVI-V) et consonantiques (rPVI-C).

Ces mesures ont été jugées sensibles à la détection des perturbations rythmiques dans la dysarthrie parkinsonienne chez des sujets anglophones (Liss et al, 2009 ; Lowit et al., 2018). A ce jour, elles n'ont pas été encore utilisées pour des études en langue française.

Nos hypothèses sont les suivantes :

- a) En accord avec les observations de Lowit et al. (2018), la condition sans amorce permettrait de différencier les participants sains des participants atteints de la maladie de Parkinson.

- b) Pour les participants dysarthriques, si la condition d'amorçage régulière permet une amélioration du rythme de la parole, nous devrions observer une différence au niveau des métriques étudiées, par rapport aux deux autres conditions (irrégulière et sans amorce).

Méthodologie

1. Population

Deux groupes de participants ont été constitués pour cette étude.

Pour le groupe patient, le recrutement a été effectué au sein du service de neurologie de l'hôpital Roger Salengro. Le protocole a été administré à des patients atteints de la maladie de Parkinson, mais également à des patients présentant un syndrome cérébelleux, pour les analyses effectuées dans le mémoire de Guérin (2023). Des sujets sains ont été recrutés en parallèle pour le groupe contrôle. Un total de treize passations a été effectué dans le cadre de ce mémoire. En raison d'un manque de temps pour le traitement des données, les analyses rapportées dans ce mémoire n'ont pas porté sur l'ensemble des données mais sur celles recueillies par les mémorantes de l'année précédente (Lacroix, 2022 ; Riegler, 2022).

Dans le groupe patient (MP), cinq sujets âgés de 55 à 83 ans (moyenne 62.2 ; écart-type 10.0) ont été inclus. Le groupe contrôle (CTRL) était composé de sept sujets sains âgés de 57 à 81 ans (moyenne 72.3 ; écart-type 9.3).

Tous les participants étaient de langue maternelle française. Leur vision était normale ou corrigée. L'audition a été vérifiée pour chaque participant, afin de s'assurer d'une bonne perception auditive de l'amorce rythmique. L'absence de critères d'exclusion a été objectivée grâce à plusieurs questionnaires et tests, détaillés dans la section « Procédure ». La sévérité de la dysarthrie a été déterminée grâce à la cotation de la grille perceptive de la BECD (Batterie d'Évaluation Clinique de la Dysarthrie, Auzou & Rolland-Monnoury, 2019), sur un enregistrement de texte lu.

Enfin, tous les participants ont consenti à participer de façon libre et éclairée, par la lecture d'une lettre d'information (Annexe 1), et la signature d'un formulaire de consentement (Annexe 2).

2. Matériel

Le matériel a été créé dans le cadre des mémoires précédents (Lacroix, 2022 ; Riegler, 2022). Lors de chaque essai, après la présentation d'une amorce rythmique auditive, les participants devaient lire une phrase.

En ce qui concerne le matériel langagier, un corpus de cinquante-quatre phrases a été utilisé. Ce corpus était composé de quarante-cinq phrases déclaratives, formées de quatre groupes accentuels de trois syllabes chacun. La structure métrique avait été contrôlée en premier lieu, pour être de type « xxXxxXxxXxxX », x et X correspondant respectivement à une syllabe

inaccentuée et à une syllabe accentuée. La fréquence lexicale et la structure syntaxique étaient également contrôlées.

Neuf phrases de structure métrique différente de celle des phrases déclaratives, issues du corpus FHarvard réduit (Aubanel et al., 2020), venaient compléter ce corpus. Ces phrases avaient été ajoutées afin de jouer un rôle de distracteur, et éviter une éventuelle habitude à la structure métrique des phrases cibles.

Le corpus était réparti en trois listes contenant chacune quinze phrases cibles et trois phrases distractives. Les phrases de chaque liste étaient appariées en nature (cible ou distractive), nombre de syllabes, fréquence lexicale, et qualités morphosyntaxiques.

Concernant le matériel d'amorçage rythmique, deux types d'amorces étaient utilisés. Celles-ci avaient été créées à partir de sons de percussions, à l'aide du logiciel Hydrogen. L'amorce régulière était constituée de deux sons dont le timbre et la durée différaient. Ces sons étaient associés afin que le motif rythmique de l'amorce corresponde à la structure métrique de la phrase cible, soit « xxXxxXxxXxxX ». Le son x marquait donc une syllabe non accentuée, et le son X une syllabe accentuée. Trois amorces irrégulières différentes étaient également utilisées. Celles-ci avaient été créées à partir des amorces régulières, en déplaçant aléatoirement l'enchaînement des sons x et X.

Ainsi, trois types d'amorçage étaient utilisés : régulier, irrégulier ou silencieux. Chaque amorce avait une durée totale de 2,4 secondes. La condition d'amorçage était dite congruente lorsque l'amorçage rythmique régulier était apparié à une phrase de structure métrique régulière, et non-congruente quand l'amorçage irrégulier était associé à cette même phrase.

Lors de la passation, chaque participant lisait les trois listes de phrases, chacune étant associée à une des trois conditions d'amorçage, afin que tous les appariements possibles amorce-cible soient testés. L'ordre de présentation des phrases dans une liste était aléatoire.

3. Procédure

À chacun des participants, nous avons administré le protocole expérimental utilisé dans le cadre des mémoires de Lacroix (2022) et Riegler (2022).

La passation du protocole durait en moyenne une heure. Elle s'effectuait en situation duelle (participant-examineur), dans une pièce close et calme, au service de neurologie de l'hôpital Roger Salengro ou au domicile du participant.

Tout d'abord, chaque participant se voyait remettre une lettre d'information et un formulaire de consentement. Il disposait du temps nécessaire pour prendre connaissance des documents, poser des questions, et signer le formulaire. Le déroulement du protocole lui était par ailleurs expliqué.

Dans un second temps, diverses questions étaient posées au participant, notamment afin d'objectiver la présence d'éventuelles atteintes neurosensorielles ou cognitives empêchant la poursuite du protocole. Concernant le groupe patient, les informations concernant l'année du diagnostic, les traitements et leur posologie étaient demandées en premier lieu. Pour tous les participants, des questions concernant la vue, l'audition, les antécédents neurologiques et les fonctions cognitives étaient posées. La Montréal Cognitive Assessment (MoCA, Nasreddine et

al., 2005) était ensuite administrée à chaque participant pour évaluer son fonctionnement cognitif.

Ensuite, la tâche de lecture de phrase était proposée au participant, sur un ordinateur, à l'aide du logiciel Octave. Les productions verbales étaient recueillies grâce à un microphone serre-tête statique cardioïde SHURE SM35, relié à une carte son MOTU M2 (logiciel MOTU Performer Lite). Dans un premier temps, une phrase et une amorce de test étaient présentées, afin d'ajuster l'entrée du micro et la sortie son de l'ordinateur. Les consignes étaient affichées à l'écran et lues au participant, puis trois essais permettaient de se familiariser avec la tâche. Ensuite, l'expérience se déroulait comme suit pour chaque participant. Tout d'abord, une croix blanche sur fond noir (+) apparaissait sur l'écran, pendant que la condition d'amorçage rythmique auditive était présentée en champ libre par les haut-parleurs de l'ordinateur. Puis la phrase cible ou distractive s'affichait sur l'écran pendant une durée de 15 secondes, et le participant devait la lire à voix haute de façon la plus rapide et précise possible. Le passage à l'item suivant était effectué par le participant, en appuyant sur une touche du clavier. L'enregistrement des productions était automatique pour chaque phrase. L'expérience durait environ quinze minutes, et une pause était proposée au participant toutes les six phrases. Il était précisé au participant que la passation pouvait être arrêtée à tout moment s'il le souhaitait. L'expérimentateur se tenait à sa disposition pour répondre à ses questions.

Chaque participant lisait l'ensemble des trois listes du matériel langagier, soit au total cinquante-quatre phrases. Les trois listes de phrases étaient respectivement associées à une condition d'amorçage (régulière, irrégulière ou sans amorce), selon un contrebalancement préétabli. Ainsi, l'amorçage était soit congruent à la phrase lue, soit non-congruent, soit absent. Lors de la passation, les trois listes étaient présentées l'une après l'autre, mais l'ordre de présentation des listes et des phrases était aléatoire. Chaque liste était divisée en trois blocs de six phrases, séparés par un temps de pause.

A la fin de la passation, un test d'audiométrie tonale était réalisé afin de déterminer les seuils auditifs moyens du participant. Un questionnaire concernant la pratique musicale (formation et pratique de solfège, instrument, chant ou danse) était ensuite proposé, et permettait d'obtenir un score de musicalité. Puis l'Échelle de Dépression Gériatrique (EDG, Bourque et al., 1990), version française de la Geriatric Depression Scale (GDS, Yesavage et al., 1982), était remplie par le sujet, pour objectiver l'absence de trouble thymique pouvant notamment affecter la prosodie de la parole.

Enfin, le participant était enregistré lors de la lecture à voix haute d'un court texte, via le microphone et en utilisant le logiciel Audacity. Cet enregistrement permettait à l'expérimentateur de déterminer la sévérité de la dysarthrie, en cotant la grille perceptive de la BECD (Auzou & Rolland-Monnoury, 2019).

4. Analyse des données

Les métriques du rythme utilisées par Lowit et al. (2018) ont été extraites des transcriptions phonologiques des fichiers audio. Pour chaque variable, une moyenne par participant a été calculée. La moyenne par groupe et par condition a ensuite été déterminée en faisant la moyenne des moyennes de chaque participant.

Les données ont été analysées à l'aide de tests non-paramétriques, en raison de la taille réduite de nos échantillons ($N = 5$ pour le groupe MP, et $N = 7$ pour le groupe CTRL). Le test

U de Mann-Whitney a été utilisé pour répondre à notre première hypothèse, à savoir si les métriques étudiées permettaient de différencier les participants sains des participants atteints de la maladie de Parkinson dans la condition sans amorce. Pour répondre à notre seconde hypothèse et observer une éventuelle différence significative entre les conditions au sein de chaque groupe, le test W de Wilcoxon a été appliqué. Pour ces deux tests, le seuil de significativité correspondait à une valeur de p de .05.

Résultats

Pour les cinq variables sélectionnées, les moyennes des deux groupes ont été comparées, dans les trois conditions. Les figures 1 à 5 représentent les résultats obtenus. Les moyennes par groupe pour chaque variable sont représentées en fonction de la condition d'amorçage.

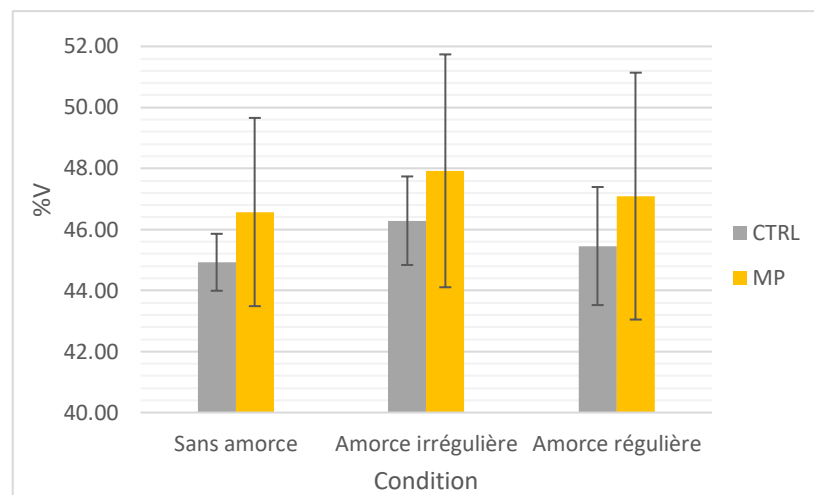


Figure 1. Variable %V en fonction de la condition d'amorçage pour le groupe contrôle (CTRL) et le groupe patient (MP). Les barres verticales représentent les écarts-types.

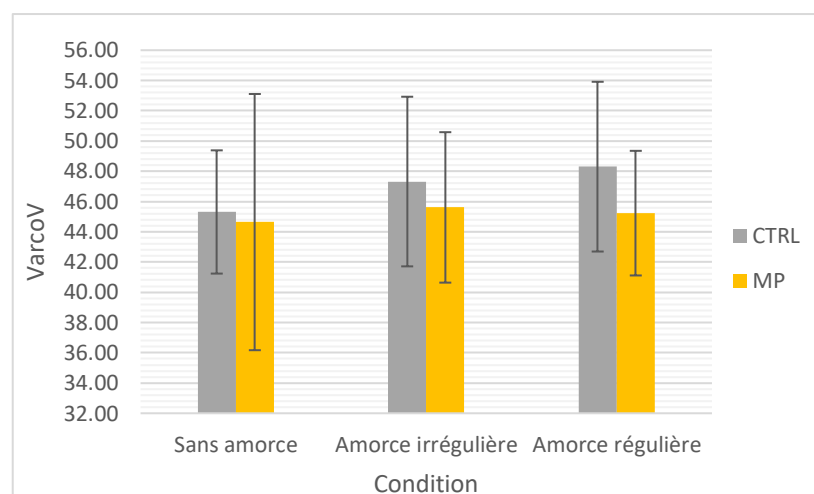


Figure 2. Variable VarcoV en fonction de la condition d'amorçage pour le groupe contrôle (CTRL) et le groupe patient (MP). Les barres verticales représentent les écarts-types.

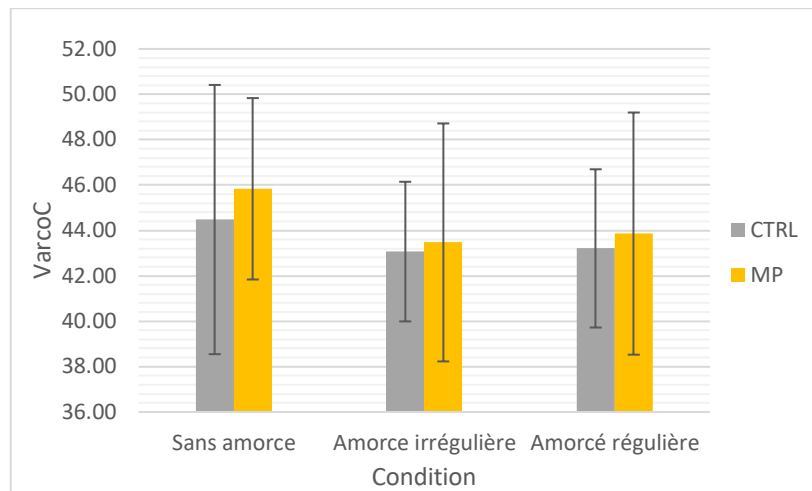


Figure 3. Variable VarcoC en fonction de la condition d'amorçage pour le groupe contrôle (CTRL) et le groupe patient (MP). Les barres verticales représentent les écarts-types.

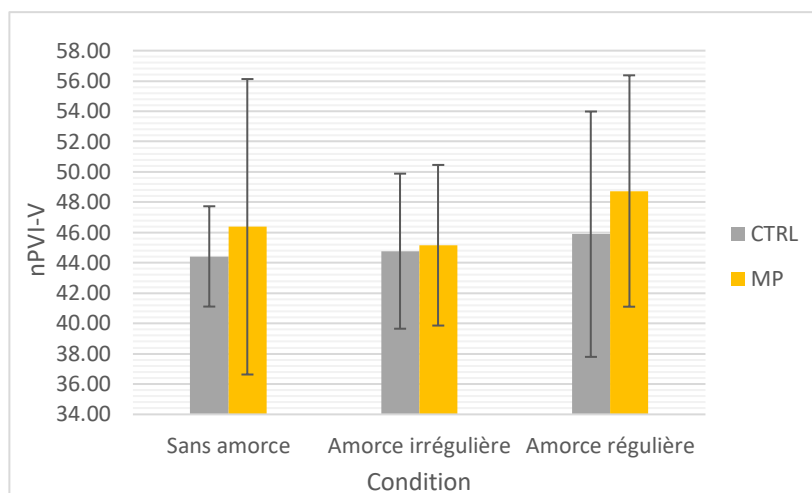


Figure 4. Variable nPVI-V en fonction de la condition d'amorçage pour le groupe contrôle (CTRL) et le groupe patient (MP). Les barres verticales représentent les écarts-types.

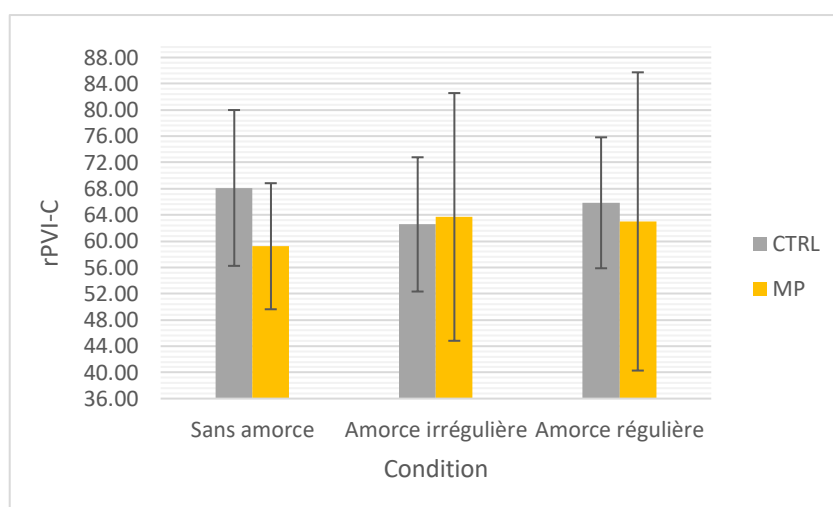


Figure 5. Variable rPVI-C en fonction de la condition d'amorçage pour le groupe contrôle (CTRL) et le groupe patient (MP). Les barres verticales représentent les écarts-types.

Le Tableau 1 présente les paramètres descriptifs (moyennes et écarts-types) de chacune des métriques du rythme étudiées, par groupe et par condition.

Tableau 1. Métriques du rythme obtenues par groupe et par condition. Moyennes (écarts-types).

	CTRL (N = 7)			MP (N = 5)		
	Sans amorce	Irrégulière	Régulière	Sans amorce	Irrégulière	Régulière
%V	44.93 (0.93)	46.29 (1.45)	45.46 (1.93)	46.57 (3.08)	47.92 (3.82)	47,09 (4.05)
VarcoV	45.31 (4.07)	47.32 (5.61)	48.30 (5.61)	44.64 (8.47)	45.61 (4.97)	45,23 (4.12)
VarcoC	44.48 (5.93)	43.07 (3.08)	43.21 (3.49)	45.84 (4.00)	43.47 (5.24)	43,86 (5.34)
nPVI-V	44.42 (3.31)	44.77 (5.11)	45.89 (8.09)	46.38 (9.75)	45.16 (5.30)	48,74 (7.63)
rPVI-C	68.11 (11.88)	62,56 (10.23)	65.85 (9.98)	59.23 (9.61)	63.70 (18.88)	63,01 (22.73)

Pour chacune des variables, les valeurs p du test U de Mann-Whitney étaient supérieures à .05, dans toutes les conditions (Tableau 2). Les deux groupes ne se différenciaient donc pas de manière statistiquement significative pour les différentes métriques du rythme étudiées.

Tableau 2. Comparaison des métriques du rythme du groupe patient (MP) et du groupe contrôle (CTRL) pour chaque condition (Test U de Mann-Whitney).

Variable	Sans amorce	Irrégulière	Régulière
%V	$p = .530$	$p = .530$	$p = .530$
VarcoV	$p = .876$	$p = .639$	$p = .268$
VarcoC	$p = .638$	$p = 1$	$p = .626$
nPVI-V	$p = .530$	$p = .876$	$p = .432$
rPVI-C	$p = .149$	$p = 1$	$p = .530$

En ce qui concerne notre seconde hypothèse, les valeurs p du test W de Wilcoxon étaient supérieures à .05 pour les comparaisons effectuées (sans amorce vs régulière, sans amorce vs irrégulière, et régulière vs irrégulière), dans les deux groupes. Le détail de ces analyses est rapporté dans le Tableau 3.

Tableau 3. Comparaison des conditions par groupe et par variable (Test W de Wilcoxon).

	CTRL			MP		
	SIL vs REG	REG vs IRREG	SIL vs IRREG	SIL vs REG	REG vs IRREG	SIL vs IRREG
%V	$p = .469$	$p = .578$	$p = .047$	$p = .813$	$p = .313$	$p = .625$
VarcoV	$p = .469$	$p = .813$	$p = .297$	$p = .813$	$p = .625$	$p = 1$
VarcoC	$p = .469$	$p = .813$	$p = .578$	$p = .813$	$p = .813$	$p = .625$
nPVI-V	$p = .938$	$p = 1$	$p = .688$	$p = .313$	$p = .125$	$p = 1$
rPVI-C	$p = .688$	$p = .578$	$p = .469$	$p = .813$	$p = .813$	$p = .438$

Note. SIL : sans amorce, REG : amorce régulière, IRREG : amorce irrégulière

Une seule différence significative a été mise en évidence, pour la variable %V du groupe contrôle, dans la comparaison sans amorce vs amorce irrégulière ($p = .047$).

Discussion

1. Effet de l'amorçage rythmique

L'objectif de ce mémoire était d'étudier l'effet d'un amorçage rythmique sur la production de la parole dans la dysarthrie parkinsonienne. Pour cela, nous avons fait passer un protocole expérimental à des participants atteints de la maladie de Parkinson, et à des contrôles sains. Il s'agissait d'une tâche de lecture à voix haute de phrases, précédées de la présentation d'une amorce auditive rythmique régulière, irrégulière ou silencieuse. Les amorces étaient congruentes ou non au rythme de la phrase cible. Nous avons ensuite analysé les productions des participants, par le biais de cinq variables, jugées discriminantes pour la dysarthrie hypokinétique dans la littérature (Liss et al., 2009 ; Lowit et al., 2018).

Notre première hypothèse concernait la mise en évidence de différences entre les deux groupes dans la condition de base sans amorce, par les métriques du rythme utilisées, en accord avec les observations de Liss et al. (2009) et Lowit et al. (2018).

Les métriques du rythme étudiées ont permis de mettre en évidence des différences entre les deux groupes de locuteurs dans la condition sans amorce. Cependant, les analyses statistiques ont révélé, pour chaque variable, un risque alpha p supérieur à .05. Aucune des tendances observées décrites ci-après n'était donc significative.

En ce qui concerne la proportion d'intervalles vocaliques (%V), nos analyses ont mis en évidence un pourcentage plus élevé dans la condition sans amorce pour le groupe de sujets atteints de la maladie de Parkinson. Ce résultat est en accord avec les observations de Lowit et al. (2018). Le coefficient de variation des intervalles vocaliques (VarcoV) s'est révélé inférieur chez les sujets dysarthriques par rapport au groupe contrôle, ce qui rejoint les observations de Liss et al. (2009). Le coefficient de variation des intervalles consonantiques (VarcoC) était supérieur dans le groupe patient, comme dans les travaux de Liss et al. (2009) et Lowit et al. (2018). Concernant l'indice de variabilité par paire des intervalles vocaliques (nPVI-V), les résultats du groupe MP étaient supérieurs à ceux du groupe contrôle, ce qui est en contradiction avec les travaux de Liss et al. (2009). Enfin, les valeurs observées pour l'indice de variabilité par paire des intervalles consonantiques (rPVI-C) étaient inférieures au groupe contrôle, soit en accord avec les observations de Liss et al. (2009).

Les différences observées entre les deux groupes dans la condition sans amorce, même si elles n'étaient pas significatives, sont encourageantes pour les futures recherches. En effet, les métriques utilisées pour nos analyses sont celles qui ont été jugées les plus pertinentes pour différencier des sujets atteints de dysarthrie hypokinétique de sujets sains en lecture à voix haute dans la littérature (Liss et al., 2009 ; Lowit et al., 2018).

Cependant, les études évoquées ont été réalisées en langue anglaise, dont le rythme et l'accentuation sont différents du français. Le français est en effet une langue à accentuation syllabique, ce qui se traduit par une plus grande proportion de syllabes ouvertes de type voyelle-consonne, et ainsi une plus grande proportion de voyelles dans la chaîne parlée. Ainsi, la

variable %V pourrait être moins discriminante pour la dysarthrie hypokinétique chez des patients francophones. Liss et al. (2009) comparent les valeurs de VarcoV en fonction de %V chez des locuteurs anglais sains, des locuteurs anglais atteints de dysarthrie hypokinétique, et des locuteurs espagnols. L'association de ces deux variables permet d'illustrer le contraste temporel d'accentuation. Leurs résultats retrouvent une réduction de ce contraste chez les locuteurs dysarthriques. L'anglais étant une langue à accentuation lexicale, la diminution d'intelligibilité associée à la dysarthrie hypokinétique serait en partie liée à la réduction de ce contraste d'accentuation, qui induirait des difficultés de segmentation lexicale chez l'interlocuteur selon les auteurs. Leur comparaison met également en évidence que ce contraste d'accentuation reste plus élevé chez les sujets anglais dysarthriques que chez les locuteurs espagnols sains. Ainsi, il est important de prendre en considération que les métriques évoquées reflèteront différemment les anomalies rythmiques de la dysarthrie hypokinétique dans une langue syllabique comme le français. Le fait de retrouver les mêmes tendances dans nos résultats que dans les études de Liss et al. (2009) et Lowit et al. (2018) est tout de même encourageant. L'inclusion de sujets supplémentaires devrait permettre de déterminer si les différences observées sont significatives, et par conséquent si ces mesures sont pertinentes pour quantifier les perturbations rythmiques de la dysarthrie hypokinétique en langue française.

Dans un second temps, nous avons émis l'hypothèse d'un bénéfice de la condition d'amorçage régulier congruent sur le rythme de la parole des patients dysarthriques. Nous nous attendions donc à observer une différence dans la condition régulière par rapport aux deux autres conditions, se traduisant par une augmentation ou une diminution des valeurs des variables étudiées.

Les effets observés ne se sont pas avérés significatifs, la valeur de p étant supérieure à .05 pour toutes les variables dans le groupe MP. Ici encore, la taille de l'échantillon est à prendre en compte, et influence très probablement ces résultats. Les analyses ont tout de même montré un effet de l'amorçage régulier par rapport à la condition sans amorce dans le groupe de sujets atteints de la maladie de Parkinson, pour quatre des cinq variables. Comme attendu, les valeurs de VarcoV, nPVI-V et rPVI-C ont augmenté avec l'amorçage régulier, et la valeur de VarcoC a diminué. Seule la valeur de %V a augmenté alors que nous nous attendions à une diminution dans la condition d'amorçage régulier. Comme évoqué précédemment, la variable %V étant influencée par l'accentuation de la langue, les résultats obtenus sont à nuancer, et à confirmer par des analyses incluant un plus grand nombre de sujets.

Même si les différences entre les conditions n'étaient pas significatives, nous retrouvons une amélioration des paramètres étudiés dans la condition d'amorçage régulier et congruent à la cible. Cela rejoint les observations de Zhang et Zhang (2019) portant sur le délai d'initialisation de la parole dans une procédure similaire à la nôtre, chez des sujets tout-venants. Leurs analyses ont en effet montré une diminution du temps de latence entre la présentation d'une amorce congruente et le début de la lecture, mettant en évidence le bénéfice d'un amorçage rythmique congruent à la cible. Dans la maladie de Parkinson, les études ayant examiné l'effet d'un rythme perceptif sur la production de la parole utilisaient des amorces langagières (Aichert et al., 2021, Späth et al., 2016). À notre connaissance, la présente étude constitue donc la première expérimentation de l'impact d'un rythme musical sur le rythme de la parole en production dans la dysarthrie hypokinétique. Nos résultats n'étaient pas significatifs. Les différences observées entre la condition sans amorce et la condition avec amorce régulière pour le groupe patient allaient cependant dans le sens des résultats obtenus

par Späth et al. (2016). Dans leur protocole, deux phrases étaient énoncées au participant, qui devait ensuite produire seulement la deuxième phrase, après écoute de l'amorce. Les résultats obtenus avaient mis en évidence un délai de production de la phrase cible plus court après la présentation d'une amorce de structure régulière. Les analyses effectuées n'avaient cependant pas montré d'effet significatif de la nature de l'amorce, ni du groupe (Späth et al., 2016). Par ailleurs, la comparaison de nos résultats avec ceux de Späth et al. (2016) reste à nuancer, en raison de la nature différente de l'amorce et de la variable étudiée.

Cependant, les mécanismes sous-jacents à l'effet bénéfique d'un amorçage régulier semblent être identiques dans le cas d'un amorçage langagier ou musical. En effet, les traitements de la parole et de la musique reposent sur des mécanismes communs, décrits dans le cadre PRISM (Fiveash et al., 2021). La perception de ces deux signaux implique un traitement auditif précis et fin, qui induit un couplage entre les systèmes auditif et moteur. Ce dernier entraîne la synchronisation des oscillations neuronales au stimulus perçu. C'est cette synchronisation qui est décrite dans la littérature comme postulat au bénéfice d'une stimulation auditive rythmique. La musique et la parole étant deux signaux rythmiques structurés dans le temps, leur perception induit par ailleurs des attentes perceptives chez l'auditeur, qui participent à l'entraînement neuronal (Cason, Astésano et al., 2015).

Les ganglions de la base étant impliqués dans le traitement du rythme, le dysfonctionnement striatal impacte la perception et la production du rythme. Les données de la littérature divergent sur le sujet de la préservation ou l'atteinte des capacités rythmiques perceptives dans la maladie de Parkinson. Cependant, l'effet d'une stimulation rythmique serait plus important en cas de dysarthrie sévère (Thaut et al., 2001). Dans notre étude, l'analyse des résultats du groupe patient par variable et par condition ne montrait pas les mêmes effets de l'amorçage régulier pour chaque sujet. En effet, les tendances observées grâce aux moyennes du groupe MP pour chaque variable ne se retrouvaient pas de façon individuelle. Entre la condition sans amorce et la condition avec amorce régulière, les valeurs obtenues pour une métrique donnée augmentaient ou diminuaient selon les sujets. De façon qualitative, nous avons remarqué que ces variations étaient indépendantes des caractéristiques des participants. Il ne nous a donc pas semblé pertinent de déterminer la corrélation entre l'effet de l'amorçage et la sévérité de la dysarthrie, car les résultats n'auraient pas été significatifs. Ces analyses seraient cependant pertinentes, au vu des données de la littérature.

Par ailleurs, l'absence de différence significative entre les conditions régulière et irrégulière pourrait s'expliquer par une attention accrue des participants lors de la présentation de l'amorce irrégulière. Nous avons en effet observé qualitativement que cette amorce, bien que déroutante à la première écoute, semblait induire plus de concentration des sujets sur la tâche de lecture. Or, la perception d'un rythme active automatiquement les aires motrices (Grahn & Brett, 2007). En lien avec les mécanismes de traitement du rythme, nous pouvons supposer que l'amorce irrégulière a activé le système moteur, ce qui a entraîné un plus grand contrôle des productions chez les participants. Cette observation semblait indépendante du groupe.

Enfin, il semble intéressant de noter que dans le groupe contrôle, les valeurs des variables ont évolué de manière similaire à celles du groupe patient dans la condition régulière, sauf pour la variable rPVI-C. Ainsi, l'amorçage régulier a également montré un effet sur les métriques du rythme des locuteurs sains dans notre étude. Cela rejoint les observations effectuées par Zhang et Zhang (2019) sur le délai d'initialisation de la production de la parole chez des sujets sains. Par ailleurs, on note que la différence entre les conditions sans amorce et irrégulière s'est

révélée significative pour la variable %V dans le groupe contrôle. Cependant, l'évolution de la variable entre les deux conditions n'étant pas celle attendue, nous ne pouvons pas conclure quant à la signification de cet effet.

2. Limites et perspectives

En ce qui concerne les limites de notre étude, le trop faible nombre de participants dans chaque groupe ne nous a pas permis de confirmer nos hypothèses. Une plus grande taille d'échantillon pourrait remédier à cela, et également permettre d'apparier les deux groupes de sujets selon leurs caractéristiques. En ce qui concerne les passations effectuées, nous avons été confrontés à la difficulté de recrutement de participants correspondant à nos critères d'inclusion, en particulier pour le groupe patient.

Par ailleurs, les métriques du rythme étudiées n'ont pas encore été appliquées au français dans le cadre de la dysarthrie. Nous ne disposons donc pas de données de référence pour ces métriques dans la maladie de Parkinson. L'absence de significativité de nos résultats ne nous permet donc pas de conclure sur la pertinence de leur utilisation pour différencier des locuteurs sains de locuteurs dysarthriques. Par conséquent, la mise en évidence d'un bénéfice de l'amorçage rythmique chez les sujets de cette étude se trouve également impactée. Les analyses des métriques du rythme devraient donc être mises en parallèle d'autres paramètres, comme le délai d'initialisation, ou les groupes accentuels.

Un autre élément pouvant biaiser les résultats attendus serait un trouble de la perception du rythme chez les participants. En effet, certains auteurs relèvent des difficultés de traitement de séquences sonores rythmiques chez des sujets atteints de la maladie de Parkinson (Grahn & Brett, 2009). A l'inverse, d'autres études mettent en évidence une perception du rythme préservée voire supérieure aux sujets sains (Späth et al., 2016). Certains des protocoles expérimentaux évoqués incluent une tâche de discrimination de rythmes, en complément du paradigme d'amorçage (Aichert et al. 2019, 2021 ; Späth et al. 2016, 2022). Une évaluation préalable des capacités de discrimination rythmique des participants pourrait permettre d'examiner d'éventuelles corrélations avec l'effet de l'amorçage, et d'exclure certains sujets ne pouvant pas bénéficier de l'amorçage.

Les tendances observées dans l'analyse des métriques étant trop disparates au sein du groupe patient, nous avons choisi de ne pas étudier les éventuelles corrélations entre les résultats obtenus et certaines caractéristiques des participants. Cependant, il serait pertinent d'étudier la relation entre l'effet de l'amorçage et la sévérité de la dysarthrie, comme évoqué précédemment. Nous pourrions également examiner la corrélation entre le bénéfice d'un amorçage musical et le score de musicalité des participants, pouvant traduire une certaine sensibilité à ce type d'amorçage.

3. Implications pour la pratique orthophonique

A l'heure actuelle, l'évaluation orthophonique de la dysarthrie repose en grande partie sur l'analyse perceptive des perturbations, notamment grâce à la Batterie d'Evaluation Clinique de la Dysarthrie (BECD, Auzou & Rolland-Monnoury, 2019). Cette évaluation est subjective et évaluateur-dépendant, car elle repose sur la seule perception auditive des déformations de la

parole du patient par l'orthophoniste. L'évaluation et la prise en charge orthophonique des patients atteints de la maladie de Parkinson se doivent d'être le plus précoce possible (Ozsancak & Auzou, 2005). Or, au stade initial, les troubles de la parole peuvent être légers, ce qui rend l'évaluation perceptive peu aisée. Le clinicien fait ainsi face à la nécessité de disposer d'outils précis et fiables, permettant d'effectuer des relevés instrumentaux des paramètres prosodiques de la parole. Les métriques du rythme, qui se révèlent sensibles et discriminantes même dans le cadre de dysarthrie légère (Lowit et al., 2018), pourraient ainsi constituer un outil d'analyse clinique d'une grande finesse, et permettre une évaluation plus précise des troubles de la parole dans la maladie de Parkinson.

En ce qui concerne plus particulièrement l'évaluation et la prise en soin de la dysprosodie, celles-ci sont encore aujourd'hui peu intégrées dans la pratique clinique. Une étude d'Hawthorne et Fischer (2020) a révélé que les orthophonistes estiment manquer d'outils et de connaissances dans ce domaine, quelle que soit la pathologie concernée par une atteinte de la prosodie. Or, les troubles de la prosodie ont un impact communicationnel important, car ils induisent une diminution de la capacité à transmettre un message verbal intelligible, mais aussi à véhiculer des aspects émotionnels. La pratique orthophonique pourrait bénéficier de l'existence de relevés instrumentaux permettant d'objectiver au mieux une altération de la prosodie.

Dans la maladie de Parkinson, la méthode de référence pour la prise en soin des troubles de la parole est aujourd'hui la LSVT® (Ramig et al., 2001). L'amélioration du paramètre d'intensité, sur lequel se concentre la méthode, s'étend également à d'autres paramètres, comme la prosodie. Cependant, l'intensivité de la méthode la rend contraignante et non applicable à des patients présentant une fatigabilité importante ou des troubles cognitifs. Le paradigme d'amorçage rythmique décrit dans le présent mémoire pourrait, s'il s'avère bénéfique, constituer une piste de rééducation des troubles du rythme dans la dysarthrie hypokinétique.

Conclusion

L'objectif de ce mémoire était d'étudier l'impact d'un rythme perceptif sur le rythme de la parole dans la dysarthrie hypokinétique, à travers la mesure de métriques du rythme linguistique. Pour cela, nous avons fait passer un protocole à des sujets atteints de la maladie de Parkinson, et à des sujets contrôle sains. Ce protocole utilisait le paradigme d'amorçage rythmique, dont les effets bénéfiques sur la production de la parole dans diverses pathologies sont décrits dans la littérature. Trois conditions d'amorçage rythmique précédaient une tâche de lecture à voix haute : une condition régulière congruente au rythme de la phrase cible, une condition irrégulière non congruente, et une condition de base silencieuse.

Les analyses ont porté sur des enregistrements déjà annotés, desquels ont été extraites des métriques du rythme. Ces mesures, basées sur la durée des segments vocaliques et consonantiques du signal vocal, permettent de caractériser le rythme des langues parlées. Elles ont été récemment utilisées pour quantifier les déficits rythmiques langagiers dans la maladie de Parkinson (Liss et al., 2009 ; Lowit et al., 2018). Dans notre étude, ces métriques ont été analysées de façon quantitative, afin de mettre en évidence des différences entre les conditions et les groupes de locuteurs.

Nos résultats ne se sont pas révélés significatifs. Cependant, les tendances observées concernant les valeurs des métriques du rythme dans le groupe de sujets atteints de la maladie

de Parkinson rejoignent les observations existant dans la littérature (Liss et al., 2009, Lowit et al., 2018). En ce qui concerne l'effet d'un amorçage rythmique, la comparaison des métriques du rythme dans les conditions avec amorce régulière et silencieuse a montré une différence allant dans le sens d'une normalisation de ces paramètres. Ces observations vont dans le sens de notre hypothèse du bénéfice d'un amorçage rythmique régulier sur le rythme de la parole dans la dysarthrie hypokinétique.

Nos résultats sont encourageants, mais les analyses sont à poursuivre. D'une part, la capacité des métriques du rythme à quantifier les perturbations rythmiques chez des locuteurs dysarthriques francophones reste à confirmer. D'autre part, l'effet d'une amorce rythmique musicale sur la production de la parole est encore à étudier, en prenant notamment en compte les caractéristiques cognitives et neurosensorielles des locuteurs.

Le projet dans lequel s'inscrit ce mémoire constitue à notre connaissance la première étude sur l'impact d'un amorçage musical sur le rythme de la parole dans la maladie de Parkinson. La poursuite des analyses, en incluant davantage de participants et en mettant en parallèle plusieurs paramètres acoustiques, devrait permettre de déterminer plus précisément l'effet bénéfique attendu. Si le bénéfice de l'amorçage rythmique sur le rythme de la parole se confirme, l'utilisation de ce paradigme pourrait constituer une piste de rééducation orthophonique pertinente des troubles du rythme dans la dysarthrie hypokinétique.

Bibliographie

- 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*, 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>
- Arvaniti, A. (2012). The usefulness of metrics in the quantification of speech rhythm. *Journal of Phonetics*, 40(3), 351-373. <https://doi.org/10.1016/j.wocn.2012.02.003>
- Aubanel, V., Bayard, C., Strauss, A. & Schwartz, J.-L. (2020). The Fharvard corpus: a phonemically-balanced French sentence resource for audiology and intelligibility research. *Speech Commun.* 124, 68–74.
- Auzou, D. P. (2007). Définition et classification des dysarthries. In *Les dysarthries* (p. 308-383). Solal.
- Auzou, P., & Rolland-Monnoury, V. (2019). BECD. Batterie d'Évaluation Clinique de la Dysarthrie. OrthoEdition.
- Bohland, J. W., Bullock, D., & Guenther, F. H. (2010). Neural representations and mechanisms for the performance of simple speech sequences. *Journal of cognitive neuroscience*, 22(7), 1504-1529. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21306>
- Bonnet, A. M., & Czernecki, V. (2013). Non-motor symptoms in Parkinson's disease : Cognition and behavior. *Gériatrie et Psychologie Neuropsychiatrie du Vieillissement*, 11(3), 295-304. <https://doi.org/10.1684/pnv.2013.0423>
- Bourque, P., Blanchard, L., & Vézina, J. (1990). Étude psychométrique de l'Échelle de dépression gériatrique. *Canadian journal on aging*, 9(4), 348-355. <https://doi.org/10.1017/S0714980800007467>
- Braak, H., Tredici, K. D., Rüb, U., de Vos, R. A. I., Jansen Steur, E. N. H., & Braak, E. (2003). Staging of brain pathology related to sporadic Parkinson's disease. *Neurobiology of Aging*, 24(2), 197-211. [https://doi.org/10.1016/S0197-4580\(02\)00065-9](https://doi.org/10.1016/S0197-4580(02)00065-9)
- 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>
- Cason, N., Astésano, C., & Schön, D. (2015). Bridging music and speech rhythm : Rhythmic priming and audio-motor training affect speech perception. *Acta Psychologica*, 155, 43-50. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2014.12.002>
- Cason, N., Hidalgo, C., Isoard, F., Roman, S., & Schön, D. (2015). Rhythmic priming enhances speech production abilities : Evidence from prelingually deaf children. *Neuropsychology*, 29(1), 102-107. <https://doi.org/10.1037/neu0000115>
- Chen, J. L., Penhune, V. B., & Zatorre, R. J. (2008). Listening to Musical Rhythms Recruits Motor Regions of the Brain. *Cerebral Cortex*, 18(12), 2844-2854. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhn042>
- Darley, F. L., Aronson, A. E., & Brown, J. R. (1969). Differential Diagnostic Patterns of Dysarthria. *Journal of Speech and Hearing Research*, 12(2), 246-269. <https://doi.org/10.1044/jshr.1202.246>

- Darley, F. L., Aronson, A. E., & Brown, J. R. (1975). *Motor speech disorders*. Philadelphia : Saunders.
- Delaïs-Roussarie, E., Avanzi, M., Buthke, C., Di Cristo, A., Feldhausen, I., Meisenburg, T., Rialland, A., Sichel-Bazin, R., Yoo, H., & Post, B. (2015). Intonational phonology of French : Developing a ToBI system for French. In *Intonation in Romance* (p. 63-100). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199685332.003.0003>
- Di Cristo, A. (2003). De la métrique et du rythme de la parole ordinaire : L'exemple du français. *Semen. Revue de sémio-linguistique des textes et discours*, 16, Article 16. <https://doi.org/10.4000/semen.2944>
- Di Cristo, A. (2004). La prosodie au carrefour de la phonétique, de la phonologie et de l'articulation formes-fonctions. *Travaux Interdisciplinaires du Laboratoire Parole et Langage d'Aix-en-Provence (TIPA)*, 23, 67-211.
- Di Cristo, A. (2013). *La prosodie de la parole*. De Boeck Supérieur.
- 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*. De Gruyter.
- Di Cristo, A., & Hirst, D. (1993). *Rythme syllabique, rythme mélodique et représentation hiérarchique de la prosodie du français*. 15, 9-24.
- Duez, D. (2005). Organisation temporelle de la parole et dysarthrie parkinsonienne. In P. Auzou & C. Ozsancak, *Les troubles de la parole et de la déglutition dans la maladie de Parkinson* (p. 195-211). Solal.
- Duyckaerts, C., Sazdovitch, V., & Seilhean, D. (2010). Évolution des connaissances sur le processus pathologique de la maladie de Parkinson. *Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine*, 194(7), 1287-1304. [https://doi.org/10.1016/S0001-4079\(19\)32209-5](https://doi.org/10.1016/S0001-4079(19)32209-5)
- 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
- Fearnley, J. M., & Lees, A. J. (1991). Ageing and Parkinson's disease : substantia nigra regional selectivity. *Brain*, 114(5), 2283-2301. <https://doi.org/10.1093/brain/114.5.2283>
- Fiveash, A., Bedoin, N., Gordon, R., & Tillmann, B. (2021). Processing Rhythm In Speech And Music : Shared Mechanisms And Implications For Developmental Speech And Language Disorders. *Neuropsychology, in press*. <https://doi.org/10.1037/neu0000766>
- 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>
- Grahn, J. A., & Brett, M. (2007). Rhythm and Beat Perception in Motor Areas of the Brain. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(5), 893-906. <https://doi.org/10.1162/jocn.2007.19.5.893>
- Grahn, J. A., & Brett, M. (2009). Impairment of beat-based rhythm discrimination in Parkinson's disease. *Cortex*, 45(1), 54-61. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2008.01.005>
- Guenther, F. H. (2016). Neural Control of Speech. Dans *The MIT Press eBooks*. The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/10471.001.0001>
- Guenther, F. H., Ghosh, S. S., & Tourville, J. A. (2006). Neural Modeling and Imaging of the Cortical Interactions Underlying Syllable Production. *Brain and language*, 96(3), 280-301. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2005.06.001>
- Guérin, L. (2023). Effet du rythme perceptif sur la production de la parole : étude de la latence de production dans la maladie de Parkinson. [Mémoire de master, Université de Lille]. En

préparation.

- Harris, R., Leenders, K. L., & de Jong, B. M. (2016). Speech dysprosody but no music 'dysprosody' in Parkinson's disease. *Brain and Language*, 163, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2016.08.008>
- Hawthorne, K., & Fischer, S. (2020). Speech-language pathologists and prosody : Clinical practices and barriers. *Journal of Communication Disorders*, 87, 106024. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2020.106024>
- Kent, R., Kent, J., Weismer, G., & Duffy, J. (2000). What dysarthrias can tell us about the neural control of speech. *Journal of Phonetics*, 28, 273-302. <https://doi.org/10.1006/jpho.2000.0122>
- Kotz, S. A., & Gunter, T. C. (2015). Can rhythmic auditory cuing remediate language-related deficits in Parkinson's disease? : Rhythmic auditory cuing and language. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1337(1), 62-68. <https://doi.org/10.1111/nyas.12657>
- 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].
- Lakatos, P., Gross, J., & Thut, G. (2019). A New Unifying Account of the Roles of Neuronal Entrainment. *Current Biology*, 29(18), R890-R905. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.07.075>
- Liss, J. M., White, L., Mattys, S. L., Lansford, K., Lotto, A. J., Spitzer, S. M., & Caviness, J. N. (2009). Quantifying Speech Rhythm Abnormalities in the Dysarthrias. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 52(5), 1334-1352. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2009/08-0208\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2009/08-0208))
- Liu, H., Wang, E. Q., Metman, L. V., & Larson, C. R. (2012). Vocal Responses to Perturbations in Voice Auditory Feedback in Individuals with Parkinson's Disease. *PLoS ONE*, 7(3), e33629. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033629>
- Lowit, A., Marchetti, A., Corson, S., & Kuschmann, A. (2018). Rhythmic performance in hypokinetic dysarthria : Relationship between reading, spontaneous speech and diadochokinetic tasks. *Journal of Communication Disorders*, 72, 26. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2018.02.005>
- McIntosh, G. C., Brown, S. H., Rice, R. R., & Thaut, M. H. (1997). Rhythmic auditory-motor facilitation of gait patterns in patients with Parkinson's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 62(1), 22-26. <https://doi.org/10.1136/jnnp.62.1.22>
- Mertens, P. (2008). Syntaxe, prosodie et structure informationnelle : Une approche prédictive pour l'analyse de l'intonation dans le discours. *Travaux de linguistique*, 56(1), 97-124. <https://doi.org/10.3917/tl.056.0097>
- Metter, E. J., & Hanson, W. R. (1986). Clinical and acoustical variability in hypokinetic dysarthria. *Journal of Communication Disorders*, 19(5), 347-366. [https://doi.org/10.1016/0021-9924\(86\)90026-2](https://doi.org/10.1016/0021-9924(86)90026-2)
- Miller, N., Noble, E., Jones, D., & Burn, D. (2006). Life with communication changes in Parkinson's disease. *Age and Ageing*, 35(3), 235-239. <https://doi.org/10.1093/ageing/afj053>
- Moreau, C., & Pinto, S. (2019). Misconceptions about speech impairment in Parkinson's disease. *Movement Disorders*, 34(10), 1471-1475. <https://doi.org/10.1002/mds.27791>
- Nasreddine, Z.S., Phillips, N.A., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., Cummings, J.L. et Chertkow, H. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA : a brief screening tool for mild cognitive impairment. *J Am Geriatr Soc*, 53(4), 695-699.
- Nombela, C., Hughes, L. E., Owen, A. M., & Grahn, J. A. (2013). Into the groove : Can rhythm

- influence Parkinson's disease? *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 37(10, Part 2), 2564-2570. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.08.003>
- Ozsancak, C., & Auzou, P. (2005). La rééducation orthophonique de la dysarthrie parkinsonnienne. *Revue Neurologique*, 161(8-9), 857-861. [https://doi.org/10.1016/S0035-3787\(05\)85150-1](https://doi.org/10.1016/S0035-3787(05)85150-1)
- Pastor, M. A., Artieda, J., Jahanshahi, M., & Obeso, J. A. (1992). Time estimation and reproduction is abnormal in Parkinson's disease. *Brain*, 115(1), 211-225. <https://doi.org/10.1093/brain/115.1.211>
- Pinto, S., & Ghio, A. (2008). Troubles du contrôle moteur de la parole : Contribution de l'étude des dysarthries et dysphonies à la compréhension de la parole normale. *Revue Française de Linguistique Appliquée*, 13(2), 45-57.
- Pinto, S., Ozsancak, C., Tripoliti, E., Thobois, S., Limousin-Dowsey, P., & Auzou, P. (2004). Treatments for dysarthria in Parkinson's disease. *The Lancet Neurology*, 3(9), 547-556. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(04\)00854-3](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(04)00854-3)
- Przybylski, L., Bedoin, N., Krifi-Papoz, S., Herbillon, V., Roch, D., Léculier, L., Kotz, S. A., & Tillmann, B. (2013). Rhythmic auditory stimulation influences syntactic processing in children with developmental language disorders. *Neuropsychology*, 27, 121-131. <https://doi.org/10.1037/a0031277>
- Puyjarinet, F., Bégel, V., Gény, C., Driss, V., Cuartero, M.-C., Kotz, S. A., Pinto, S., & Dalla Bella, S. (2019). Heightened orofacial, manual, and gait variability in Parkinson's disease results from a general rhythmic impairment. *Npj Parkinson's Disease*, 5(1), 19. <https://doi.org/10.1038/s41531-019-0092-6>
- Ramig, L. O., Sapir, S., Countryman, S. T., Pawlas, A. A., O'Brien, C., Hoehn, M. & Thompson, L. D. (2001). Intensive voice treatment (LSVT®) for patients with Parkinson's disease: a 2 year follow up. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 71(4), 493-498. <https://doi.org/10.1136/jnnp.71.4.493>
- Ramig, L., & Fox, C. M. (2007). Lee Silverman Voice Treatment. In *Les dysarthries* (1re éd., p. 652-663). Solal.
- Ramus, F., Nespor, M., & Mehler, J. (1999). Correlates of linguistic rhythm in the speech signal. *Cognition*, 73(3), 265-292. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(99\)00058-X](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(99)00058-X)
- Riegler, R. (2022). Effet de l'amorçage rythmique sur la production de la parole dans le cadre de la dysarthrie parkinsonnienne. [Mémoire de master, Université de Lille].
- Rolland-Monnoury, V., & Özsancak, C. (2007). La prise en charge de la dysarthrie dans la maladie de Parkinson. In *Les dysarthries* (1re éd., p. 675-683). Solal.
- Santé Publique France. (2019). Maladie de Parkinson. Santé Publique France. <https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/maladies-neurodegeneratives/maladie-de-parkinson/la-maladie/#tabs>
- Schön, D., & Tillmann, B. (2015). Short- and long-term rhythmic interventions : Perspectives for language rehabilitation: Rhythmic interventions for language rehabilitation. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1337(1), 32-39. <https://doi.org/10.1111/nyas.12635>
- Skodda, S., & Schlegel, U. (2008). Speech rate and rhythm in Parkinson's disease : Speech Rate and Rhythm in Parkinson's Disease. *Movement Disorders*, 23(7), 985-992. <https://doi.org/10.1002/mds.21996>
- Späth, M., Aichert, I., Ceballos-Baumann, A. O., Wagner-Sonntag, E., Miller, N., & Ziegler, W. (2016). Entraining with another person's speech rhythm : Evidence from healthy speakers and individuals with Parkinson's disease. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 30(1), 68-85. <https://doi.org/10.3109/02699206.2015.1115129>

- 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*, 157, 81-98. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2022.08.012>
- Teston, B., & Viallet, F. (2005). La dysprosodie parkinsonnienne. In O. C (Éd.), *Les troubles de la parole et de la déglutition dans la maladie de Parkinson* (p. 161-193). Solal. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00241547>
- Thaut, M. H., McIntosh, K. W., McIntosh, G. C., & Hoemberg, V. (2001). Auditory rhythmicity enhances movement and speech motor control in patients with Parkinson's disease. *Functional Neurology*, 16, 163-172.
- Thaut, M. H., McIntosh, G. C., Rice, R., Miller, R. J., Rathbun, J. A., & Brault, J. (1996). Rhythmic auditory stimulation in gait training for Parkinson's disease patients. *Movement Disorders*, 11(2), 193-200. <https://doi.org/10.1002/mds.870110213>
- Viallet, F., & Teston, B. (2007). La dysarthrie dans la maladie de Parkinson. In P. Auzou (Éd.), *Les Dysarthries* (p. 169-174). Solal. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00242418>
- Vitale, C., Marcelli, V., Abate, T., Pianese, A., Allocca, R., Moccia, M., Spina, E., Barone, P., Santangelo, G., & Cavaliere, M. (2015). Speech discrimination is impaired in parkinsonian patients: expanding the audiologic findings of Parkinson's disease. *Parkinsonism & Related Disorders*, 22, 138-143. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2015.09.040>
- Yesavage, J. A., Brink, T. L., Rose, T. L., Lum, O., Huang, V., Adey, M., & Leirer, V. O. (1982). Development and validation of a geriatric depression screening scale : A preliminary report. *Journal of Psychiatric Research*, 17(1), 37-49. [https://doi.org/10.1016/0022-3956\(82\)90033-4](https://doi.org/10.1016/0022-3956(82)90033-4)
- Zhang, N., & Zhang, Q. (2019). Rhythmic pattern facilitates speech production : An ERP study. *Scientific Reports*, 9(1), 12974. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49375-8>

Liste des annexes

Annexe 1 : Lettre d'information.

Annexe 2 : Formulaire de consentement.