

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

**Loha GUERIN**

soutenu publiquement en juin 2023

## **Effet du rythme perceptif sur la production de la parole**

**Étude de la latence de production dans la maladie de Parkinson et l'ataxie cérébelleuse**

MEMOIRE dirigé par

**Anahita BASIRAT**, Maître de conférences, Université de Lille, Lille

Lille – 2023

## Remerciements

Tout d'abord je tiens à remercier mon corps pour avoir tenu le coup jusqu'au bout. Je tiens également à remercier mes différents psychologues d'avoir permis à mon esprit de faire de même.

Je remercie bien évidemment Gaspard-Olivier, qui a littéralement été ma raison de vivre durant ces cinq années éprouvantes.

Merci à Annick, de m'avoir soutenue tout au long de mon cursus, que ce soit moralement ou financièrement parlant.

Je souhaite faire part de ma profonde gratitude envers Lucas pour sa présence et son soutien infaillibles. Je te remercie sincèrement pour l'amour inconditionnel que tu m'offres au quotidien. Je suis reconnaissante d'avoir pu partager mes peines avec toi et de t'avoir trouvé à mes côtés pour me faire rire, même lorsque je pensais ne plus en être capable. Merci d'avoir toujours cru en moi et de m'avoir épaulée, pour me permettre de surmonter les obstacles un par un. Je te remercie du fond du coeur pour tout ce que tu as fait et continues de faire pour moi chaque jour.

Je voudrais également remercier Mme Basirat, Mr Fumel et le Pr Devos, pour avoir contribué à ce mémoire.

Enfin, je terminerai sur ces belles paroles, pour qui pourra bien les comprendre : « Oui aller ».

## **Résumé :**

La maladie de Parkinson est une maladie neuro-dégénérative occasionnant des troubles moteurs, qui peuvent affecter la production de la parole et notamment ses aspects prosodiques, dont le rythme. Il en va de même pour l'ataxie cérébelleuse, qui se rapporte à une condition neurologique regroupant plusieurs troubles moteurs dont le principal marqueur est le défaut de coordination des mouvements volontaires. La littérature scientifique s'est alors intéressée à la stimulation rythmique auditive comme piste de remédiation de ces troubles. En nous inspirant des précédentes études réalisées, nous avons donc établi un protocole d'amorçage rythmique en français, afin d'évaluer la production de la parole chez des personnes atteintes de la Maladie de Parkinson, d'ataxie cérébelleuse et chez des individu.e.s tout-venant. Le paradigme proposé aux participant.e.s consistait en une tâche de lecture de phrases, faisant suite à l'écoute d'une amorce auditive régulière congruente, irrégulière non-congruente, ou d'une absence d'amorce. Dans le cadre de ce mémoire, nous avons plus spécifiquement étudié l'effet de ces différentes conditions d'amorçage sur la latence de production des participant.e.s. Les résultats de notre étude diffèrent en fonction du groupe évalué, et sont détaillés dans les parties dédiées. Toutefois, il serait intéressant de reproduire ce protocole en incluant un plus grand nombre de participant.e.s, afin d'entrevoir de nouvelles perspectives thérapeutiques et d'améliorer la prise en soin de ces patient.e.s dans le domaine orthophonique.

## **Mots-clés :**

Amorçage rythmique auditif – Production de la parole - Maladie de Parkinson – Ataxie Cérébelleuse – Délai d'initialisation

## **Abstract :**

Parkinson's disease is a neurodegenerative disorder that causes motor impairments, which can affect speech production and particularly its prosodic aspects, including rhythm. The same applies to cerebellar ataxia, which refers to a neurological state encompassing several motor impairments, whose main hallmark is the lack of coordination of voluntary movements. The scientific literature has then focused on rhythmic auditory stimulation as a remediation approach for these disorders. Based on previous studies, we have therefore established a rhythmic priming protocol in French to evaluate speech production in people with Parkinson's disease, cerebellar ataxia, and typically developing individuals. The paradigm that has been proposed to the participants, consisted of a sentence reading task, following the listening of a congruent regular auditory prime, incongruent irregular prime, or an absence of prime. As part of this study, we specifically studied the effect of these different priming conditions on participant's production latency. The results of our study vary depending on the evaluated group, and are detailed in the dedicated sections. However, it would be interesting to replicate this protocol by including a larger number of participants, to explore new therapeutic perspective and improve the care these patients in the field of speech therapy.

## **Keywords :**

Rhythmic auditory priming – Speech production – Parkinson's disease – Cerebellar ataxia – Latency delay

# Table des matières

|                                                                                                                                                                                           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Introduction.....</b>                                                                                                                                                                  | <b>1</b>  |
| <b>Contexte théorique, buts et hypothèses.....</b>                                                                                                                                        | <b>2</b>  |
| 1. Origine des troubles de la parole dans la maladie de Parkinson et l'ataxie cérébelleuse...                                                                                             | 2         |
| 1.1. Mécanismes investis dans le contrôle moteur et la production de la parole.....                                                                                                       | 2         |
| 1.2. Exploration des structures sous-corticales responsables des troubles liés à la perception et à la production de la parole dans la maladie de Parkinson et l'ataxie cérébelleuse..... | 4         |
| 1.2.1. Le rôle des noyaux gris centraux et la maladie de Parkinson.....                                                                                                                   | 4         |
| 1.2.2. Le rôle du cervelet et l'ataxie cérébelleuse.....                                                                                                                                  | 6         |
| 1.3. Le déficit prosodique dans la dysarthrie parkinsonienne et ataxique.....                                                                                                             | 7         |
| 1.3.1 La prosodie.....                                                                                                                                                                    | 8         |
| 1.3.2. Classification des dysarthries.....                                                                                                                                                | 9         |
| 1.3.3. La dysarthrie hypokinétique.....                                                                                                                                                   | 9         |
| 1.3.4. La dysarthrie ataxique ou cérébelleuse.....                                                                                                                                        | 10        |
| 2. Impact du rythme sur le traitement langagier.....                                                                                                                                      | 11        |
| 3. Buts & hypothèses.....                                                                                                                                                                 | 13        |
| <b>Méthodologie.....</b>                                                                                                                                                                  | <b>14</b> |
| 1. Population.....                                                                                                                                                                        | 14        |
| 1.1 Critères d'inclusion.....                                                                                                                                                             | 15        |
| 1.2. Critères d'exclusion.....                                                                                                                                                            | 15        |
| 2. Matériels.....                                                                                                                                                                         | 15        |
| 2.1. Matériel d'amorçage rythmique.....                                                                                                                                                   | 15        |
| 2.2. Matériel langagier.....                                                                                                                                                              | 17        |
| 2.3. Appariement des matériels d'amorçage rythmique et langagier.....                                                                                                                     | 18        |
| 3. Protocole expérimental.....                                                                                                                                                            | 18        |
| 4. Extraction et analyse des données.....                                                                                                                                                 | 20        |
| <b>Résultats.....</b>                                                                                                                                                                     | <b>21</b> |
| <b>Discussion.....</b>                                                                                                                                                                    | <b>23</b> |
| <b>Conclusion.....</b>                                                                                                                                                                    | <b>25</b> |
| <b>Bibliographie.....</b>                                                                                                                                                                 | <b>26</b> |

# Introduction

Le rythme est inhérent à notre quotidien, qu'il soit biologique, circadien ou même musical. Il est caractérisé par une répétition périodique d'un élément et contribue à la distribution et à l'organisation du temps sur une période définie.

À l'échelle du langage, et plus précisément de la parole, le rythme est défini comme une composante de la prosodie. Dans le domaine de la linguistique, la prosodie représente tous les paramètres supra-segmentaux existant dans une langue, soit l'ensemble des phénomènes vocaux participant à la musicalité de la parole (Di Cristo, 2013). En outre, la prosodie est universelle, étant donné qu'elle est présente dans toutes les sociétés et qu'il n'existe pas de langue sans intonation, accent ou rythme (Teston & Viallet, 2005). D'un point de vue développemental, il a été démontré que la segmentation de la parole continue est une compétence indispensable à l'élaboration du langage parlé, émergeant aux alentours de 8 mois et qui est facilitée par certains traits prosodiques, dont le rythme (Nazzi, 2008). La notion de rythme influe donc de manière significative sur le développement, les apprentissages et les performances cognitives de l'humain.

Comme expliqué précédemment, la prosodie correspond sommairement à la musicalité de la parole. Par conséquent, il est possible de comparer la parole et la musique du fait de leurs caractéristiques communes, notamment le rythme. En musique, c'est le rythme qui permet la forte prédictibilité d'un morceau, de part la récurrence de certains éléments et leur caractère régulier. En ce qui concerne la parole, le rythme facilite également la prédiction des éléments d'un discours. Cependant, ce dernier est moins périodique que le rythme musical, puisqu'il dépend de certaines propriétés lexicales et syntaxiques.

La maladie de Parkinson est la deuxième maladie neurodégénérative la plus fréquente derrière la maladie d'Alzheimer. Celle-ci est caractérisée par des troubles moteurs souvent accompagnés de troubles cognitifs, le plus souvent dans les phases tardives d'évolution de la maladie. Ces troubles peuvent également se répercuter sur la parole, ce qui réduit considérablement l'autonomie de ces patient.e.s (Ameli, 2022). Pour ces raisons, et dans le but d'améliorer la qualité de vie des personnes atteintes, le traitement et la prise en soin de cette maladie constituent un enjeu de santé publique. Parmi ces troubles moteurs, on retrouve la « triade parkinsonienne », composée d'un tremblement de repos, d'une akinésie et d'une rigidité des mouvements (Ameli, 2022). Concernant les troubles de la parole, la dysarthrie parkinsonienne, aussi appelée dysarthrie hypokinétique, qualifie un trouble de l'exécution motrice de la parole ne se limitant pas à des difficultés articulatoires. En effet, elle est caractérisée en grande partie par un déficit prosodique, dont un déficit global du rythme, donnant lieu à des difficultés à la fois dans le traitement et dans la production de la parole (Viallet & Teston, 2007).

L'ataxie est une condition d'origine neurologique, regroupant un ensemble de symptômes affectant la coordination et l'équilibre. Il existe différentes manifestations de l'ataxie touchant autant les adultes que les enfants et qui peuvent être de nature héréditaire, acquise ou encore idiopathique. L'ataxie cérébelleuse est une forme d'ataxie dont la cause est une altération du cervelet et/ou des voies cérébelleuses et qui se caractérise par une dégradation des mouvements volontaires, dont la marche et la parole (Waquier, 2021). Les troubles relatifs à la parole sont regroupés sous le nom de « dysarthrie ataxique » et se définissent par une incapacité à coordonner les mouvements musculaires impliqués dans la

phonation, l'articulation et la prosodie. Les personnes atteintes de cette forme de dysarthrie présentent un déficit prosodique qui se manifeste par une altération du rythme et de l'intonation, ainsi qu'une articulation imprécise des consonnes et une distorsion des voyelles (Darley et al., 1969).

La littérature scientifique s'est alors intéressée à l'influence du rythme sur la production de la parole dans certains troubles (exemple : Späth et al., 2016 ; Späth et al., 2022). Les résultats de ces études évoquent notamment des mécanismes neuronaux partagés pour le traitement du rythme, qu'il soit musical ou langagier. De même, il semblerait que l'association d'un stimulus externe à un traitement auditif induise une synchronisation sensori-motrice.

Dans le cadre de ce mémoire, nous nous intéresserons plus particulièrement aux bénéfices d'un amorçage rythmique sur la production de la parole chez des personnes atteintes de la maladie de Parkinson ou d'ataxie cérébelleuse. L'amorçage rythmique consiste en la présentation d'un stimulus auditif rythmé à une personne en amont de l'évaluation d'une tâche donnée. En ce qui concerne ce mémoire, l'amorce auditive est ici composée de sons de percussion, et la tâche évaluée consiste en la lecture de phrases. L'objectif est d'étudier les mécanismes cognitifs impliqués lors de l'amorçage rythmique et l'effet de ce dernier sur le versant expressif de la parole dans le cadre de la maladie de Parkinson et de l'ataxie cérébelleuse.

De ce fait, ce paradigme d'amorçage rythmique a un intérêt dans le domaine orthophonique, puisqu'il laisse entrevoir des perspectives thérapeutiques concernant la prise en soin de certains troubles de la parole et du langage.

## **Contexte théorique, buts et hypothèses**

### **1. Origine des troubles de la parole dans la maladie de Parkinson et l'ataxie cérébelleuse**

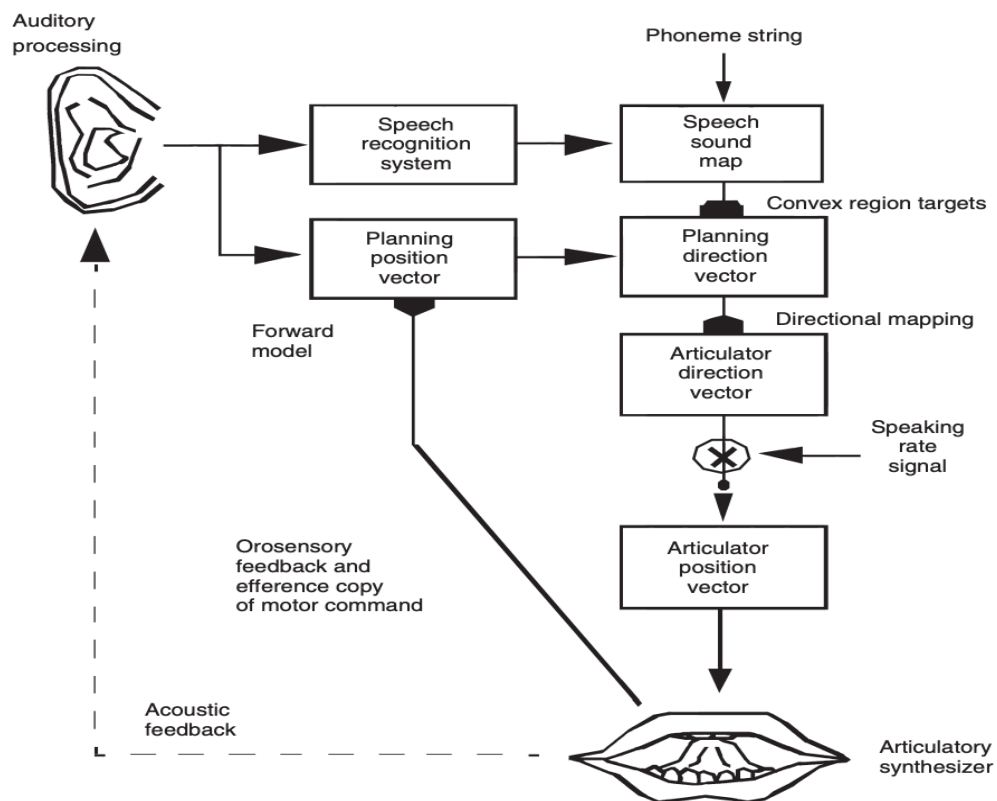
#### **1.1. Mécanismes investis dans le contrôle moteur et la production de la parole**

Le contrôle de la parole est régi par deux principes : la boucle préparatoire, qui consiste en la planification de tous les processus antérieurs à l'exécution des schèmes moteurs, et la boucle exécutive, qui succède à la boucle préparatoire et contrôle l'agencement des mécanismes impliqués dans l'exécution de la parole par le biais de feedbacks. La boucle préparatoire investit plusieurs structures anatomiques, telles que l'aire motrice supplémentaire, le cortex frontal, l'insula antérieure et la partie supérieure du cervelet. La boucle exécutive fait intervenir le cortex sensori-moteur, les noyaux gris centraux, le thalamus, et les portions inférieures du cervelet (Riecker et al., 2005).

Afin de mieux comprendre ce que signifient les boucles préparatoire et exécutive, il est possible de se rapporter au modèle DIVA (pour Directions Into Velocities of Articulators ; Guenther, 1995), ainsi qu'au modèle GODIVA (pour Gradient Order Directions Into Velocities of Articulators ; Bohland et al., 2010).

Le modèle DIVA est un modèle computationnel suivant l'hypothèse selon laquelle la production de la parole dépend d'une coordination complexe entre les processus cognitifs

impliqués, les muscles phonateurs de la parole et les signaux sensoriels. Il identifie les structures neuro-anatomiques qui régissent le contrôle de la production de la parole - impliquant le cortex cérébral et le cervelet - ainsi que les processus « d'anticipation » et d'autocorrection par les feedbacks, investis dans le contrôle moteur de la parole. On distingue deux réseaux principaux dans ce modèle, à savoir un réseau de neurones contrôlant les mouvements musculaires de l'appareil vocal, appelé « réseau moteur » et le « réseau sensoriel », produisant les signaux auditifs correspondants. Ils sont tous deux reliés par une boucle de rétroaction, permettant de comparer les signaux auditifs produits aux signaux attendus et de s'ajuster lorsqu'une différence est détectée. Autrement dit, ce sont les signaux auditifs produits par le réseau sensoriel qui permettent de « guider » le réseau moteur dans la production des mouvements articulatoires à réaliser. Ainsi, ce modèle repose sur l'hypothèse d'un contrôle auditivo-moteur de la parole. Il décrit différentes régions cérébrales impliquées à la fois dans le développement précoce de la parole et dans la production de la parole « mature », afin de rendre compte des mécanismes d'apprentissage d'une cible auditive en amont de sa production. Selon ce modèle, les mécanismes d'anticipation sont appris lors de tentatives répétées pour produire le son désiré et les feedbacks auditifs permettent une autocorrection pour faire correspondre ce qui est produit à la cible. L'apprentissage par feedback auditif permettrait donc de stocker et d'anticiper les programmes moteurs nécessaires à la production de la parole, afin de les réutiliser ultérieurement.



*Figure 1 : Représentation schématique du modèle DIVA. Figure adaptée de Guenther (1995).*

Le modèle GODIVA est également un modèle computationnel de production de la parole. Celui-ci est en fait une extension du modèle DIVA qui vise à décrire les mécanismes neuronaux impliqués dans la planification et la production de séquences motrices en parole. Pour ce faire, ce modèle se concentre sur la relation entre les mouvements des articulateurs et

les « gradients » d'activité neuronale qui les contrôlent. Les gradients sont des représentations neuronales permettant d'organiser un « plan de parole » selon l'importance relative des informations traitées. Ils sont ici utilisés pour modéliser l'ordre de traitement des informations phonologiques et sensori-motrices selon leur primauté, et ainsi prédire les mouvements des différents organes articulatoires lors de la planification et de la production de la parole. Tout comme le modèle DIVA, le modèle GODIVA soutient l'existence d'un contrôle auditivo-moteur de la parole, basé sur l'utilisation d'indices sensoriels. Selon ce modèle, les informations d'un message entendu sont stockées temporairement dans deux sous-régions du cortex frontal et préfrontal, à savoir : un buffer de structure métrique et un buffer phonologique. Les réseaux de neurones présents dans les aires dédiées aux buffers, permettent le maintien d'un « code cortical » des potentiels phonèmes et syllabes de l'énoncé à venir, et leur agencement. Ce modèle identifie également les structures neuro-anatomiques responsables de la production de la parole, telles que le cortex frontal et préfrontal, ainsi que les noyaux gris centraux.

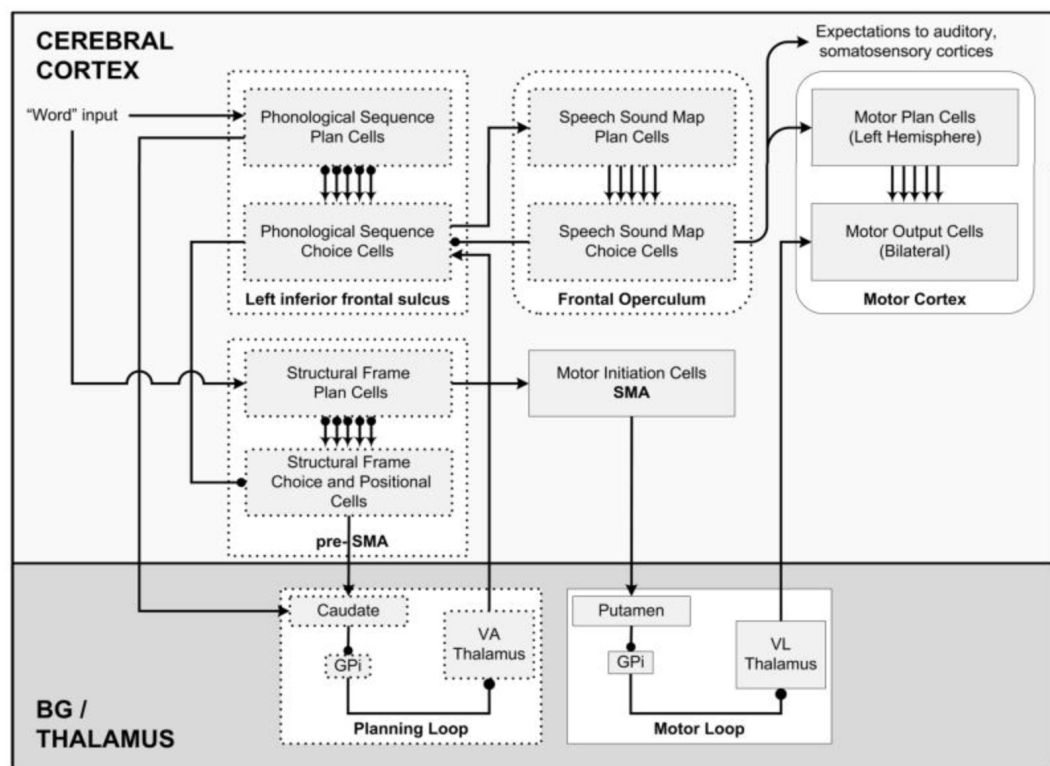


Figure 2 : Représentation schématique du modèle GODIVA. Figure adaptée de Bohland et al. (2010).

## 1.2. Exploration des structures sous-corticales responsables des troubles liés à la perception et à la production de la parole dans la maladie de Parkinson et l'ataxie cérébelleuse.

### 1.2.1. Le rôle des noyaux gris centraux et la maladie de Parkinson

Les noyaux gris centraux, aussi appelés « ganglions de la base » sont un ensemble de structures anatomiques sous-corticales, qui participent au contrôle moteur de la parole. Ils comportent quatre noyaux principaux, tels que le striatum - composé du noyau caudé et du

putamen - le globus pallidus (aussi appelé pallidum), le noyau subthalamique et la substance noire, qui est atteinte dans la maladie de Parkinson.

La production de la parole est un système dynamique et volontaire, et l'organisation complexe du geste articulatoire est en partie sous le contrôle du système nerveux central et notamment des noyaux gris centraux, qui s'intègrent dans des processus à la fois rythmiques et temporels (Bednark et al., 2015). En effet, ces structures sous-corticales ont un rôle primordial dans l'apprentissage des mouvements articulatoires précis et dans la prise de décision, ainsi que dans la coordination des gestes moteurs, puisqu'elles facilitent les mouvements des schèmes volontaires et inhibent les mouvements involontaires. En outre, les noyaux gris centraux sont indispensables à la fois pour la planification des mouvements nécessaires à la production de la parole ainsi que pour leur réalisation. Par ailleurs, ils contribuent à la perception du rythme. En effet, il a été observé que la perception et/ou la production d'un rythme, en musique ou en parole, activait systématiquement les mêmes aires cérébrales, dont les ganglions de la base et le cervelet (Grahn & Brett 2007). De ce fait, les noyaux gris centraux agissent comme un « filtre », puisqu'ils sélectionnent les informations pertinentes envoyées par les aires impliquées dans le traitement auditif, pour ensuite les relayer jusqu'aux aires motrices et pré-motrices.

Aussi, une atteinte de cette région sous corticale se traduit par un syndrome extrapyramidal, qui correspond à un ensemble de troubles moteurs caractérisés par des mouvements anormaux et/ou involontaires. C'est notamment la dégénérescence des neurones dopaminergiques de la substance noire qui est à l'origine des troubles moteurs de la maladie de Parkinson. En effet, une lésion des ganglions de la base entraîne un défaut de synchronisation sensori-motrice - soit la capacité d'un.e individu.e à interagir et à s'adapter à son environnement – provoquant ainsi une diminution de la sensibilité à repérer les changements prosodiques, et à s'autocorriger quand nécessaire. De ce fait, l'altération de la synchronisation sensori-motrice affecte la capacité d'un.e individu.e à produire des séquences motrices périodiques, comme la production d'un rythme en parole (Schwartz et al., 2011).

La maladie de Parkinson est la deuxième pathologie neurodégénérative chronique la plus répandue en France, avec une prévalence de 166 000 cas en 2015 et un taux d'incidence de 25 000 cas par an (Santé publique France, 2022). Elle connaît une évolution rapide des symptômes, entraînant ainsi une perte d'autonomie majeure pour la personne atteinte (Ameli, 2022), voire une invalidité en raison de l'importance des troubles cognitifs observés. En effet, parmi ces troubles neurocognitifs, on retrouve par exemple des troubles mnésiques, une atteinte des fonctions exécutives, des troubles du sommeil, ainsi qu'un trouble dépressif. Cette maladie affecte le système nerveux central, en conséquence d'une dénervation dopaminergique progressive de la substance noire, au sein des noyaux gris centraux. La maladie de Parkinson est une pathologie idiopathique, c'est-à-dire que son origine n'est toujours pas connue à l'heure actuelle. Cependant, la littérature suggère que son étiologie serait multifactorielle, avec des composantes à la fois génétiques et environnementales, liées notamment à l'exposition répétée aux pesticides dans l'industrie agro-alimentaire (Allen & Levy, 2013). C'est pourquoi elle est aujourd'hui reconnue par la Haute Autorité de Santé (HAS), en tant que maladie professionnelle.

L'expression clinique de cette maladie est assez variée, on y retrouve des troubles de la posture, de l'équilibre, de la marche et de la parole telle que la dysarthrie hypokinétique, typique de la maladie de Parkinson (Viallet & Teston, 2007). Cette symptomatologie est

définie principalement par la « triade parkinsonnienne » qui regroupe l'ensemble des symptômes caractéristiques de cette maladie. Elle comprend : une akinésie, soit la réduction voire la perte de l'initialisation du geste moteur, une rigidité musculaire ou hypertonie extrapyramidale, et un tremblement de repos. Cette triade symptomatique peut également atteindre d'autres sphères de la motricité, comme la déglutition, l'écriture ou encore la parole, qui font toutes partie du champ d'intervention de l'orthophoniste.

En ce qui concerne les troubles arthriques, ils constituent un marqueur important de l'évolution du handicap moteur et neurocognitif de la maladie de Parkinson (Viallet & Teston, 2007). En effet, la dégénérescence des neurones dopaminergiques donne lieu à une déficience du contrôle implicite des schèmes moteurs, provoquant alors des troubles moteurs et cognitifs pouvant affecter la production de la parole, notamment la dysarthrie hypokinétique. Le trouble prosodique est une des caractéristiques principales de la dysarthrie chez les personnes atteintes de la maladie de Parkinson. Ce dernier se traduit par une altération de l'amplitude et de la vitesse des mouvements articulatoires, une perturbation du rythme, ainsi que des pauses prolongées inappropriées entre les syllabes et/ou les mots (Darley et al., 1969).

À ce jour, il n'existe pas de traitement curatif de la maladie de Parkinson. En effet, les traitements actuels sont essentiellement symptomatiques, c'est-à-dire qu'ils se concentrent sur la gestion des symptômes, afin de limiter la progression de la maladie et d'améliorer le quotidien de ces patient.e.s. La prise en soin de cette maladie repose principalement sur des traitements médicamenteux, qui visent à compenser le déficit en dopamine par le biais des agonistes dopaminergiques, qui se fixent aux récepteurs de ces neurotransmetteurs pour les stimuler, et des inhibiteurs de la monoamine oxydase, qui bloquent les enzymes responsables de la dégradation de la dopamine (Ameli, 2022). Dans le but de réduire les manifestations cliniques de cette maladie, d'autres approches non-médicamenteuses sont également proposées en complément des traitements pharmacologiques, telle que la remédiation orthophonique. Cependant, l'efficacité de ces traitements varie d'un.e patient.e à l'autre en fonction de la gravité des troubles observés.

### **1.2.2. Le rôle du cervelet et l'ataxie cérébelleuse**

Concernant le cervelet, nous savons qu'il joue un rôle primordial dans la motricité volontaire et la coordination des mouvements complexes, et que des lésions au sein de celui-ci entraînent des difficultés au niveau de la production des schèmes moteurs, pouvant également altérer la parole (Manto et al., 2012). En effet, le cervelet intervient dans des processus cognitifs et moteurs nécessitant une synchronisation rythmique, tel que le contrôle moteur, la modulation d'un rythme musical (augmentation ou diminution du tempo) ou encore la capacité à suivre un modèle rythmique (Thaut et al., 2009). Selon Malapani et al. (1998), le cervelet joue un rôle essentiel dans le traitement de l'information temporelle, comme le suggèrent les conclusions de leur étude sur des patient.e.s ayant des lésions cérébelleuses. Effectivement, les résultats de cette étude ont démontré que des lésions cérébelleuses avaient un impact significatif sur la capacité des participant.e.s à discriminer des intervalles temporels plus ou moins longs, ainsi que pour la synchronisation temporelle nécessaire au contrôle moteur. Des études ont également pu mettre en évidence qu'une atteinte des régions cérébelleuses entraînait un défaut de la planification motrice de la parole, et par conséquent des difficultés au niveau de la coordination et de la synchronisation des mouvements articulatoires indispensables pour parler (Mariën et al., 2006). De fait, les troubles moteurs associés aux lésions cérébelleuses peuvent également se répercuter sur la production de la

parole chez les personnes atteintes. On retrouve également un défaut d'adaptation au niveau de la boucle auditivo-motrice chez les personnes ayant une dégénérescence cérébelleuse, autrement dit un déficit de rétrocontrôle auditif permettant l'ajustement de la production vocale si nécessaire. En effet, l'étude de Späth et al. (2022) a révélé que les personnes atteintes d'ataxie spinocérébelleuse, présentaient de moins bonnes capacités à s'adapter au rythme et à la vitesse de parole d'un.e locuteur.ice modèle, ce qui suppose que les fonctions de synchronisation perceptive et motrice, ainsi que le traitement sensori-moteur sont régulés en partie par les régions cérébelleuses.

L'ataxie cérébelleuse est une pathologie neurologique qui résulte d'une atteinte des régions cérébelleuses. Comme expliqué précédemment, le cervelet est une région cérébrale qui participe à la coordination et à la régulation des mouvements volontaires. Par conséquent, une atteinte de ce dernier provoque une désorganisation spatio-temporelle motrice, notamment des difficultés pour marcher, des mouvements oculaires anormaux, des difficultés de motricité fine ou encore une altération de la production de la parole (Marsden, 2018).

L'étiologie de l'ataxie cérébelleuse est multiple, puisqu'elle peut être d'origine héréditaire, acquise ou même idiopathique. En effet, sa physiopathologie est complexe et peut être la conséquence de traumatismes crâniens, d'accidents vasculaires cérébraux (AVC), d'infections, de tumeurs cérébrales ou encore de mutations génétiques. De plus, cette pathologie peut affecter une large tranche d'âge, puisqu'elle touche aussi bien les enfants que les adultes. En outre, l'expression des symptômes moteurs et cognitifs est également très variée. En effet, il existe un grand nombre de diagnostics différentiels de l'ataxie, ce qui rend le diagnostic de cette maladie d'autant plus complexe. De ce fait, il est difficile d'évaluer précisément le taux de prévalence globale de cette pathologie. Toutefois, quelques études épidémiologiques menées à l'échelle mondiale, ont rapporté une prévalence moyenne allant de 1 à 4.8-13.9/10 000 cas pour l'ataxie héréditaire (Ruano et al., 2014).

L'ensemble des troubles de la parole observés chez les patient.e.s ataxiques, sont regroupés sous le nom de « dysarthrie ataxique ». Selon la classification de Darley et al. (1969), ce type de dysarthrie se définit par une difficulté à planifier et à coordonner les mouvements articulatoires nécessaires pour parler, traduisant une parole imprécise marquée d'irrégularités. Les principaux marqueurs de cette dysarthrie sont une parole lente et/ou une variabilité du débit de parole, une articulation imprécise et irrégulière, ainsi qu'une fluctuation anormale de l'intonation et/ou une parole jugée comme étant monotone. Pour les raisons citées ci-dessus, les symptômes présents dans l'ataxie cérébelleuse ont une répercussion significative sur la qualité de vie, la communication et l'intégration sociale de ces personnes, ce qui réduit considérablement leur autonomie.

En raison de la complexité de cette pathologie, la prise en soin des patient.e.s atteint.e.s d'ataxie cérébelleuse nécessite une approche pluridisciplinaire. Par ailleurs, des traitements non-médicamenteux peuvent être mis en place pour pallier les symptômes moteurs, tels que la kinésithérapie et l'orthophonie, tandis que les traitements médicamenteux peuvent être utilisés pour soulager les symptômes. Cependant, il n'existe actuellement aucun traitement curatif de cette maladie.

### **1.3. Le déficit prosodique dans la dysarthrie parkinsonnienne et ataxique**

Les troubles moteurs associés à la maladie de Parkinson peuvent affecter le champ de la parole et se manifester par une dysarthrie hypokinétique, dont la principale caractéristique est le déficit prosodique. Il en va de même pour les troubles de la parole que l'on retrouve dans l'ataxie cérébelleuse, répertoriés sous le nom de « dysarthrie ataxique », définie principalement par des excès prosodiques.

#### **1.3.1. La prosodie**

Depuis quelques temps la recherche a développé un engouement pour les études prosodiques dans les domaines purement linguistiques, en y mêlant désormais les champs de la psycholinguistique et de la neurolinguistique. La prosodie est une sous-catégorie des sciences linguistiques et représente l'ensemble des traits suprasegmentaux de la parole, tels que les accents, l'intonation, le rythme, le débit de parole et les pauses au sein de celle-ci (Di Cristo, 2013). Les paramètres acoustiques de la prosodie résultent d'une production physiologique des organes phonateurs et évoluent selon des normes linguistiques et l'état émotionnel du locuteur. En outre, la prosodie correspond à la musicalité de la parole et possède une multitude de fonctions. Ses principales fonctions sont les suivantes : les fonctions de « mise en perspective de l'information », « délimitative » et « intégrative », qui permettent de segmenter les unités de la chaîne parlée pour les mettre en forme et donner du sens en structurant et en hiérarchisant l'information ; ainsi que les fonctions « expressive » et « interactionnelle » afin d'exprimer certaines émotions et attitudes en contexte (Di Cristo, 2004). De ce fait, la prosodie permet de segmenter le flux de parole et ainsi de faciliter la compréhension du message. En d'autres termes, elle permet la structuration du discours au niveau supra-lexical, qui pourra alors être interprété par l'interlocuteur grâce aux indices auditifs qu'il perçoit.

Il existe trois paramètres physiques de la prosodie, à savoir la variation de la fréquence fondamentale, correspondant à la hauteur du signal vocal, l'intensité de l'émission sonore, se rapportant à la sonie et enfin la durée des intervalles de temps entre chaque segment phonologique, équivalant au débit et au rythme (Teston & Viallet, 2005). Toutes ces caractéristiques sont inhérentes à la production et à la perception du rythme et participent à la mise en place de processus bottom-up (automatismes) lors de la détection d'un rythme sonore, permettant ainsi une synchronisation sensori-motrice (Fiveash et al., 2021).

Comme dit précédemment, le rythme est fondamentalement intrinsèque à la musique et à la parole et il favorise la structuration de cette dernière. En effet, il correspond à l'organisation temporelle du discours et s'exprime par des intervalles de temps qui définissent et limitent les éléments phonémiques au sein de la phrase (Cameron & Grahm, 2014). Ces intervalles sont précisés par des interruptions au cœur de l'énoncé. De ce fait, les allongements de syllabes et les pauses dans le flux de parole ont une fonction linguistique. Le rythme est un processus dynamique essentiellement accentuel, défini par une répétition périodique et structurée dans le temps, c'est-à-dire régulière (Teston & Viallet, 2005). De plus, la quasi-périodicité et la structure dynamique sont toutes deux des caractéristiques prosodiques de la langue parlée.

La fréquence fondamentale, aussi appelée F0, correspond au degré de vibration des cordes vocales lors de la production de phonèmes voisés (Teston & Viallet, 2005). Ainsi, la mélodie de la parole peut être corrélée avec la perception auditive que l'on a de cette

fréquence fondamentale. L'intonation, se rapporte à la structure prosodique de la parole et favorise la compréhension de l'interlocuteur.ice en organisant et en hiérarchisant l'information sémantique et syntaxique de l'énoncé.

L'intensité ou plus communément, le volume sonore, fait référence à la quantité d'énergie déversée lors d'un signal acoustique. Aussi, la zone conversationnelle est comprise entre 20dB et 80dB, ce qui signifie que l'intensité de la parole oscille entre ces deux bornes (Vythelingum, 2019). L'accentuation est la proéminence de certains traits prosodiques, permettant de mettre en relief des segments linguistiques de l'énoncé. Elle peut se manifester par le biais d'une augmentation de l'intensité, mais aussi grâce à la variation de la fréquence fondamentale et à l'allongement de la durée du phonème ou de la syllabe (Teston & Viallet, 2005).

### **1.3.2. Classification des dysarthries**

La dysarthrie est secondaire à des lésions du système nerveux central et/ou périphérique et elle est caractérisée par une difficulté à réaliser le bon schème moteur, ce qui peut conduire à une altération de l'intelligibilité globale de la parole.

À ce jour, la classification des dysarthries la plus répandue est celle de Darley et al. (1969) et elle reste encore aujourd'hui la référence principale en pratique clinique (Kent et al., 2000). D'après ces auteurs, il existe plusieurs types de dysarthries, répertoriées selon une étiologie d'origine neurologique (localisation de la lésion), mais aussi selon la perception clinique des différents symptômes exprimés au niveau de la production de la parole. Cette classification, recense six formes différentes de la dysarthrie, telles que la dysarthrie spastique, la dysarthrie flasque, la dysarthrie ataxique ou cérébelleuse, la dysarthrie hypokinétique et hyperkinétique, et la dysarthrie mixte. Le tableau clinique de la dysarthrie parkinsonienne référence cette dernière en tant que dysarthrie hypokinétique, et l'expression clinique de l'ataxie cérébelleuse en tant que dysarthrie ataxique.

### **1.3.3. La dysarthrie hypokinétique**

La dysarthrie hypokinétique est caractéristique de la maladie de Parkinson, son atteinte est extrapyramidale et affecte les muscles respiratoires, laryngés, vélopharyngés et buccaux. Selon la classification de Darley et al. (1969), ce type de dysarthrie est caractérisé par une réduction et une invariance de l'intensité de la voix, une diminution des caractéristiques prosodiques (parole monotone), une variation du débit de parole avec des pauses inappropriées et des accélérations paroxystiques, un déficit rythmique et enfin une imprécision des mouvements articulatoires au niveau des consonnes occlusives (perçues comme fricatives) et de certaines voyelles. Souvent, la voix est perçue comme rauque ou soufflée (Pinto et al., 2010) et anormalement basse, ce qui contribue à la perte du caractère naturel de la parole. De ce fait, l'intelligibilité de ces patient.e.s se voit fortement réduite, rendant alors la compréhension du message plus difficile pour l'interlocuteur.ice qui ne peut s'aider des indices prosodiques nécessaires à l'interprétation du message. L'insuffisance prosodique dans la dysarthrie hypokinétique (dysprosodie parkinsonienne), fait partie des principales difficultés relevées dans ce type de dysarthrie. Dans la majorité des cas et au cours de l'évolution de la maladie, les troubles de la parole deviennent de plus en plus prononcés et sont marqués par une disparition des points d'accentuation, une intensité vocale réduite et une dégradation de la prononciation des consonnes, menant à une diction de plus en plus inaudible et inintelligible (Viallet & Teston, 2007).

De plus, même si les traitements antiparkinsoniens peuvent se révéler efficaces au stade précoce de la maladie et concernant les symptômes décrits dans la triade parkinsonienne, ils ne sont d'aucune utilité vis-à-vis du déficit perceptif observé en fin de cycle L-Dopa (Goberman & Coelho, 2002), voire ils retentissent sur la sévérité des caractéristiques dysprosodiques observées dans cette dysarthrie. La méthode LSVT (Lee Silverman Voice Treatment) est un protocole intensif de rééducation sensori-motrice du discours, ayant fait ses preuves concernant les paramètres d'intensité de la voix et dans un deuxième temps au niveau de certains paramètres prosodiques, notamment pour la modulation de la hauteur (Yan et al., 2020). Cependant, pour ce qui est de l'intelligibilité, l'efficacité de cette méthode est limitée chez les patient.e.s atteint.e.s de la maladie de Parkinson, ayant un déficit rythmique sévère dans le cadre de leur dysarthrie (Rolland-Monnoury & Özsancak, 2007), d'où l'importance de la recherche pour la remédiation des propriétés rythmiques.

#### **1.3.4. La dysarthrie ataxique ou cérébelleuse**

Comme précisé précédemment, les troubles de la parole observés dans l'ataxie cérébelleuse sont répertoriés en tant que dysarthrie ataxique (Darley et al., 1969) et résultent d'un dysfonctionnement du cervelet et/ou des voies cérébelleuses, ayant différentes origines étiologiques. On retrouve également une triade symptomatique dans l'ataxie cérébelleuse, bien qu'elle soit moins courante dans la terminologie scientifique que la triade parkinsonienne. Cette triade ataxique comprend donc : une dysmétrie, qui correspond à une anomalie de la régulation de l'amplitude et de la localisation des mouvements volontaires ; une dysnergie, soit un dysfonctionnement de la coordination des mouvements avec une préservation de la force musculaire, et enfin une dysdiadococinésie, définie comme une incapacité à enchaîner rapidement des mouvements volontaires alternatifs (Kent et al., 2000 ; Laaridh, 2017).

Les troubles moteurs mentionnés précédemment, peuvent donc affecter de manière significative la production de la parole des personnes atteintes, tant au niveau de l'organisation temporelle, de l'amplitude, de l'énergie investie ou encore de la direction des mouvements articulatoires. En effet, Darley et ses collègues (1969) retiennent trois clusters principaux pour décrire les désordres associés à cette dysarthrie, à savoir : des troubles articulatoires, des altérations prosodiques et une insuffisance phonatoire. Ainsi, les critères perceptifs de cette dysarthrie sont les suivants : une dégradation articulatoire, une distorsion des voyelles, une imprécision des consonnes, un allongement des phonèmes, une accentuation excessive, une monotonie, une mono-intensité, une anomalie du débit de parole, un allongement des pauses dans le discours, ainsi qu'une voix rauque. Par conséquent, l'ensemble de ces troubles dégrade fortement la parole des personnes atteintes, et leur intelligibilité se voit largement réduite.

Il est également important de rappeler la dimension psychosociale des troubles de la parole. En effet, la voix est un outil de communication et une altération de cet outil conduit parfois à une perte d'autonomie, voire un isolement des personnes atteintes. De ce fait, l'importance des fonctions communicatives de la prosodie, ainsi que le déficit prosodique marqué dans les troubles de la communication (notamment dans la maladie de Parkinson et chez les personnes ayant des lésions cérébelleuses) peuvent donc expliquer l'intérêt grandissant de la recherche pour l'influence de certaines caractéristiques prosodiques sur la production de la parole.

## 2. Impact du rythme sur le traitement langagier

La musique et la parole sont toutes deux des signaux auditifs, qui possèdent des informations périodiques, structurées dans le temps par des indices acoustiques similaires en termes de durée, de fréquence, d'amplitude, et de timbre (Allen et al., 2017 ; Besson et al., 2011). Une des principales différences entre ces deux signaux auditifs est leur périodicité, c'est-à-dire la régularité rythmique avec laquelle ils s'organisent dans le temps (Fiveash et al., 2021). En effet, le rythme musical est majoritairement composé d'éléments périodiques réguliers et récurrents, ce qui permet une synchronisation rapide et une forte prédiction des événements à venir (Patel & Morgan, 2017). Toutefois, même si la parole est moins périodique et plus variable que la musique, le rythme qui en émerge reste néanmoins prévisible (Beier & Ferreira, 2018) et améliore la segmentation de la parole en donnant des indices sur la frontière entre les mots (Cutler, 1994 ; Cutler & Butterfield, 1992).

Aussi, la recherche s'est intéressée aux différents mécanismes neuronaux impliqués dans la perception et la production de la parole et de la musique, ainsi qu'aux divers processus qui semblent être partagés par ces deux domaines (Fiveash et al., 2021). Certaines études ont notamment pu constater que la perception et/ou la production d'un rythme au niveau de la parole, ou d'une musique activait les mêmes aires motrices de manière simultanée, à savoir : l'aire prémotrice, l'aire motrice supplémentaire, le cervelet, et les noyaux gris centraux (Grahn & Brett, 2007 ; Thaut et al., 2009 ; Wilson et al., 2004). Cette synchronisation entre le rythme et le mouvement, peut être expliquée grâce à la boucle « auditivo-motrice », aussi appelée la boucle « perception-production » (Lezama-Espinosa & Hernandez-Montiel, 2020 ; Zatorre et al., 2007). La musique et la parole partagent donc des similitudes, à la fois en termes de signaux acoustiques, mais également en termes de traitement cognitif, ce qui suggère que le rythme musical pourrait être utilisé pour rééduquer et améliorer certaines fonctions motrices chez les patient.e.s ayant un déficit du contrôle moteur.

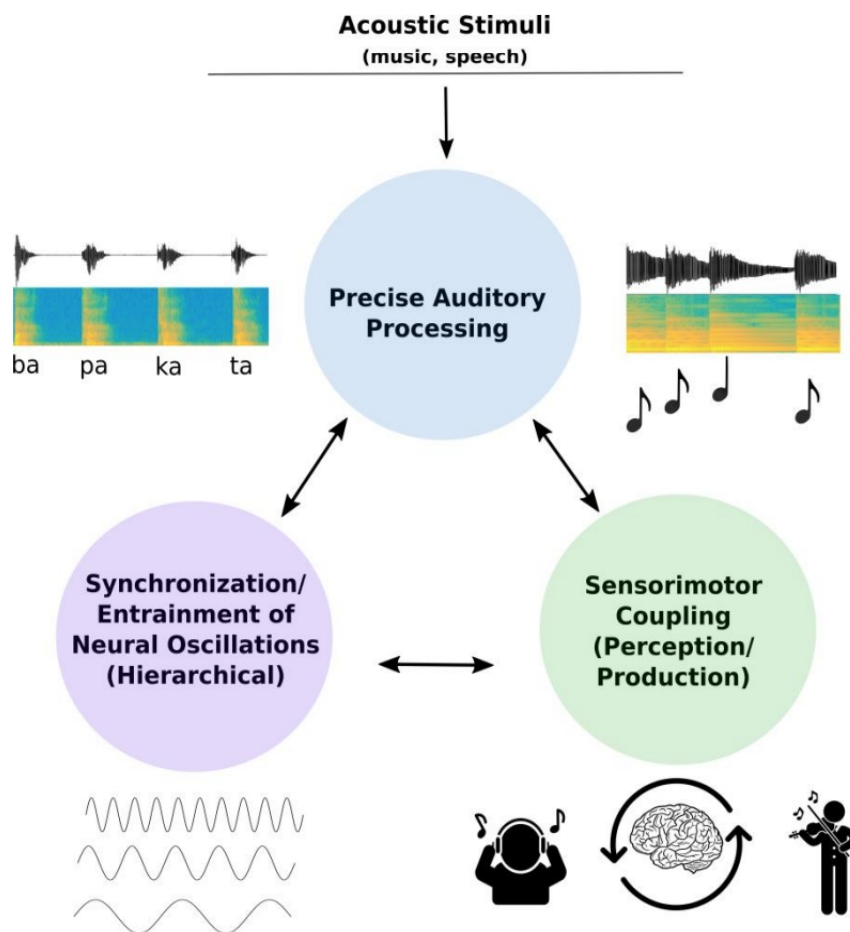
Comme expliqué précédemment, le rythme est une caractéristique importante du langage parlé qui a une influence significative sur le traitement de ce dernier, de par ses différentes fonctions. De ce fait, la recherche s'est penchée sur l'influence du rythme dans divers domaines en associant un stimulus rythmique (auditif ou verbal) à une tâche particulière, ainsi qu'en l'utilisant comme amorce au préalable de la tâche évaluée (exemple : Aichert et al., 2019 ; Fiveash et al., 2021 ; Schön & Tillmann, 2015). En effet, de nombreuses études ont pu démontrer l'influence bénéfique du rythme chez des personnes présentant différents types de troubles du langage, qu'ils soient développementaux (Schön & Tillmann, 2015) ou acquis (Aichert et al., 2019). Notamment, les résultats de l'étude de Schön et Tillmann (2015) ont permis de mettre en évidence l'amélioration des capacités phonologiques chez des enfants appareillé.e.s atteint.e.s de surdité prélinguistique, grâce à un couplage rythmique auditif. Ces résultats attestent également que l'utilisation d'un stimulus rythmique musical en tant qu'amorce auditive favorise les performances en lecture chez des enfants souffrant de troubles spécifiques du langage oral et écrit, grâce à une synchronisation de la perception visuelle et auditive des mots (Schön & Tillmann, 2015).

Certaines études ont également été menées afin d'évaluer l'effet d'un rythme auditif pour la remédiation de certains troubles neurologiques. En effet, certain.e.s auteur.e.s ont observé les bénéfices d'un entraînement rythmique auditif (stimuli musicaux) sur la régulation des mouvements de la marche et de la parole, à la fois chez des individu.e.s victimes d'AVC (Thaut & McIntosh, 2014 ; Thaut et al., 2015 ; Thaut et al., 1997) et chez des personnes

atteintes de la Maladie de Parkinson (Thaut et al., 2001 ; Thaut et al., 2015 ; Thaut et al., 1996). Les résultats de ces études étaient en faveur d'une influence bénéfique des indices rythmiques sur plusieurs paramètres de la marche (symétrie, vitesse, régularité etc...) et de la parole. Quelques auteur.e.s se sont également penché.e.s sur l'intérêt d'une stimulation rythmique auditive chez des personnes ataxiques (Fitzgerald, 2020). Les résultats étaient en faveur d'une efficacité de cette stimulation chez les participant.e.s ataxiques.

D'autres études ont également exploré l'effet du rythme au sein de la parole, en explorant l'effet de la stimulation rythmique auditive sur le mouvement de la parole chez des patient.e.s atteint.e.s de dysarthrie hypokinétique (Späth et al., 2016). Ces auteur.e.s ont notamment étudié l'effet d'une synchronisation rythmique sur la perception de la parole d'un.e locuteur.rice modèle, lors d'une tâche de répétition et de lecture de phrase, dans le but d'améliorer la production de la parole chez des participant.e.s sain.e.s et atteint.e.s de la maladie de Parkinson. Les résultats de cette étude ont révélé qu'une amorce régulière (ici une phrase prononcée par un.e locuteur.rice tout-venant) et congruente avec la structure métrique de la phrase à lire, avait un impact positif sur la lecture des participant.e.s. D'autres auteur.e.s ont pu démontrer l'utilité d'une stimulation rythmique auditive chez des locuteur.rice.s ayant une dysarthrie et présentant une grave déficience de l'intelligibilité. En effet, les repères rythmiques sont couramment utilisés pour augmenter l'intelligibilité et réduire le débit chez ces mêmes locuteur.rice.s (Mainka & Mallien, 2014). De plus, l'accentuation métrique est reconnue pour avoir un impact sur le traitement auditif de la parole (Rothermich et al., 2012) et il a été prouvé l'effet facilitateur de l'accentuation régulière des mots (amorce verbale), sur la précision de la parole des patient.e.s atteint.e.s d'apraxie de la parole, d'aphasie et/ou ayant un trouble de l'encodage phonologique en langue allemande (Aichert et al., 2019). En outre, les propriétés prosodiques des mots et des phrases ont une forte influence sur les mécanismes de la production de la parole, tant au niveau de la planification phonologique que phonétique (Aichert et al., 2019).

Par ailleurs, l'effet bénéfique d'un amorçage avec une régularité rythmique sur la parole et le langage a été mis en évidence dans un grand nombre d'études anglophones (Fiveash et al., 2021). En effet, cette revue de littérature recense l'effet de ce paradigme dans le traitement de la parole chez des personnes atteintes de trouble développemental du langage oral (TDL), anciennement « dysphasie », de trouble spécifique du langage écrit (TSLE), anciennement « dyslexie » et de bégaiement. Aussi, afin de mieux comprendre les processus sous-jacents qui soutiennent à la fois le traitement de la musique et de la parole, ces auteures proposent le cadre théorique PRISM pour *Processing Rhythm In Speech and Music* (Fiveash et al., 2021) dans lequel elles décrivent trois mécanismes principaux : le traitement auditif précis, la synchronisation des oscillations neuronales aux stimuli externes, ainsi que le couplage sensori-moteur (voir figure 3). Ces trois mécanismes interviennent de manière distincte mais sont très largement co-dépendants les uns des autres. En effet, le traitement auditif précis est indispensable dans la détection de variations temporelles minimales (en millisecondes) et la perception auditive fine, qui constituent toutes deux la base du traitement auditif. En ce qui concerne la synchronisation des oscillations neuronales, elle permet de suivre la structure rythmique d'une musique ou d'un énoncé et d'anticiper les différentes unités à venir. Enfin, le couplage sensori-moteur permet d'établir une connexion entre les aires cérébrales de la perception et le système moteur. Ainsi, sur la base de ce postulat théorique, la perception d'un rythme auditif et l'exposition répétée à un entraînement musical laissent envisager un effet bénéfique sur les capacités de traitement et de production de la parole.



*Figure 3 : Le modèle PRISM. Figure adaptée de Fiveash et al. (2010).*

Dans le cadre de ce mémoire, nous utiliserons un paradigme d'amorçage auditif rythmique, c'est-à-dire une amorce auditive sous forme de sons de percussion avant la production d'une tâche cible, ici la lecture de phrases.

### 3. Buts & hypothèses

Notre étude vise à évaluer l'influence d'un amorçage auditif rythmique, sur la production de la parole des personnes atteintes de la maladie de Parkinson et/ou ayant des lésions cérébelleuses, par rapport à la parole d'individu.e.s tout-venant. Pour cela, nous avons construit notre protocole expérimental sur la base d'un paradigme d'amorçage rythmique s'inspirant d'études précédemment réalisées (Falk et al., 2017 ; Späth et al., 2016 ; Thaut et al., 2001 ; Zhang & Zhang, 2019). En effet, la tâche proposée aux participant.e.s de notre étude consiste en une lecture de phrases, initiées par une amorce rythmique auditive composée de sons de percussion. Le présent mémoire s'intéresse plus particulièrement aux latences de production chez ces mêmes personnes, ainsi qu'au potentiel effet bénéfique de l'amorce rythmique régulière sur ces délais d'initialisation.

Afin de répondre aux objectifs sus-cités, nous avons donc émis plusieurs hypothèses :

- (1) Les personnes atteintes de la Maladie de Parkinson présentent un délai d'initialisation plus important que les individu.e.s du groupe contrôle.
- (2) Les personnes atteintes d'ataxie cérébelleuse présentent un délai d'initialisation plus important que les individu.e.s du groupe contrôle.

- (3) La condition d'amorçage régulière congruente permet de réduire les délais d'initialisation de l'ensemble des participant.e.s. Nous nous attendons également à une réduction significative de ces délais pour le groupe « Parkinson » dans la condition d'amorce régulière, conformément aux résultats obtenus par Späth et al. (2016).
- (4) La condition d'amorçage irrégulière non-congruente augmente les délais d'initialisation de l'ensemble des participant.e.s.

L'analyse de la métrique du rythme est présentée dans le mémoire de Dugardin (2023).

## Méthodologie

### 1. Population

Afin de répondre aux objectifs précédemment cités, les analyses ont été portées sur un échantillon de 24 participant.e.s divisé.e.s en trois groupes, dont deux groupes expérimentaux et un groupe contrôle. Il a été décidé d'inclure les 12 participant.e.s recruté.e.s l'année dernière par les deux mémorantes précédentes, soit cinq participant.e.s atteint.e.s de la maladie de Parkinson (MP) et sept participant.e.s contrôles (CTRL). Le recrutement de cette étude inclut donc au total huit participant.e.s MP, âgé.e.s de 55 à 83 ans (moyenne : 70,00 ; écart-type : 8,83), trois participant.e.s atteint.e.s d'ataxie cérébelleuse (AC), âgé.e.s de 48 à 67 ans (moyenne : 59,67 ; écart-type : 8,34), ainsi que treize participant.e.s CTRL, âgé.e.s de 57 à 81 ans (moyenne : 72,31 ; écart-type : 7,14). Le diagnostic de la maladie était établi depuis un à dix-huit ans pour les patient.e.s atteint.e.s de la maladie de Parkinson (moyenne : 8,57 ; écart-type : 6,11), et de cinq à trente ans pour les patient.e.s ataxiques (moyenne : 18,00 ; écart-type : 10,23). Tous les participant.e.s de cette étude étaient monolingues et avaient comme langue maternelle le français.

Dans le but de limiter les biais, les individu.e.s du groupe CTRL présentent les mêmes profils que ceux des groupes expérimentaux, en termes d'âge, de sexe et de niveau socio-culturel. L'ensemble des participant.e.s recueilli.e.s pour les groupes expérimentaux ont été recruté.e.s dans les services neurologiques des Professeur.e.s Devos et Moreau, à l'Hôpital Roger Salengro de Lille et par le biais d'annonces pour les individu.e.s de l'échantillon témoin.

Aussi, plusieurs épreuves ont été utilisées afin d'évaluer les capacités cognitives, l'état de dépression et la sévérité de la dysarthrie des participant.e.s. Ces épreuves incluent la MoCA (Montreal Cognitive Assessment ; Nasreddine et al., 2005), l'EDG (Échelle de Dépression Gériatrique ; Bourque et al., 1990), soit l'adaptation française du GDS (Geriatric Depression Scale ; Yesavage et al., 1982), ainsi que le Score Perceptif (SP) issu de la BECD (Batterie d'Evaluation Clinique de la Dysarthrie ; Auzou & Rolland-Monnoury, 2019). Pour le groupe expérimental de la maladie de Parkinson, un questionnaire de diagnostic et de traitement a été renseigné, ainsi la partie III de l'UPDRS (Unified Parkinson's Disease Rating Scale ; Fahn, 1987) qui a également été complétée. De plus, un score de musicalité a été établi pour chacun.e des participant.e.s afin de rendre compte de leur habiletés musicales et rythmiques, à la fois dans leur vie personnelle et professionnelle (pratique d'un instrument, maîtrise du solfège, pratique du chant, pratique de la danse).

Enfin, chaque participant.e de l'étude s'est vu.e remettre un formulaire écrit d'informations clarifié au besoin, ainsi qu'un certificat de consentement à signer au préalable du commencement des phases de test.

### **1.1. Critères d'inclusion**

- Présenter une dysarthrie hypokinétique dans le cadre d'une maladie de Parkinson (ce critère n'est pas valable pour le groupe CTRL).
- Présenter une dysarthrie ataxique dans le cadre d'une ataxie cérébelleuse (ce critère n'est pas valable pour le groupe CTRL).
- Avoir une vision dans la norme ou un trouble visuel corrigé afin de ne pas entraver la lecture des phrases.
- Avoir une audition dans la norme ou un trouble auditif corrigé afin de ne pas entraver la perception des stimuli auditifs (les seuils auditifs moyens de chaque participant.e ont été vérifiés lors du protocole de test par le biais d'une audiométrie tonale, sur les fréquences 500Hz, 1000Hz, 2000Hz et 4000Hz et ce pour chaque oreille).

### **1.2. Critères d'exclusion**

- Présenter un déficit visuel non corrigé entravant la lecture des phrases.
- Présenter un déficit auditif non corrigé entravant la perception des stimuli auditifs.
- Être atteint d'une pathologie avec un trouble de la lecture.
- Être atteint de tout autre trouble ou condition limitant l'utilisation du matériel langagier et d'amorçage rythmique, et empêchant le bon déroulement de l'expérimentation (trouble du spectre autistique, analphabétisme, illettrisme, etc...).

La sélection des participant.e.s s'est donc effectuée sur la base des critères d'inclusion et d'exclusion cités ci-dessus. Seul le critère d'exclusion concernant l'audition n'a pas été respecté, en raison du trop grand nombre de participant.e.s ayant un seuil auditif supérieur ou égal à 20dB.

## **2. Matériels**

La tâche proposée aux participant.e.s consiste en la présentation d'un stimulus auditif (ou une absence d'amorçage), suivie d'une lecture de phrases correspondant ou non au rythme du stimulus auditif. Les deux matériels proposés aux participant.e.s (langagier et rythmique), ont été créés par les deux mémorantes précédentes (Lacroix, 2022 ; Riegler, 2022).

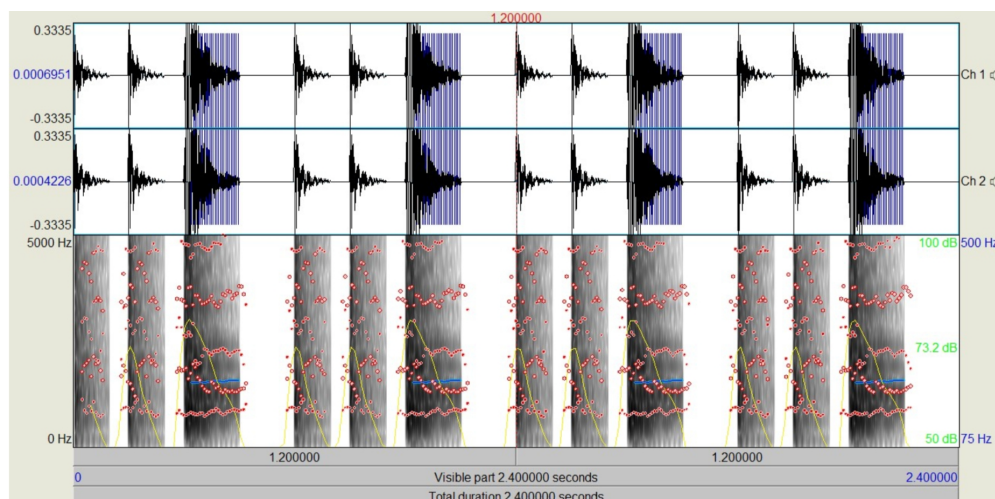
### **2.1. Matériel d'amorçage rythmique**

Nous avons donc cherché à étudier l'influence du rythme lors d'une tâche de lecture de phrases, en utilisant une amorce auditive conçue selon un paradigme d'amorçage rythmique. Cet amorçage rythmique est composé de trois sons de percussion reproduits quatre fois de manière consécutive, soit une répétition de douze sons par amorce. Ces sons de percussion ont pu être générés grâce au logiciel Hydrogen (Cominu, 2021), et chaque amorce rythmique a ensuite été exportée au format « .wav » à un taux d'échantillonnage de 41 000 Hz.

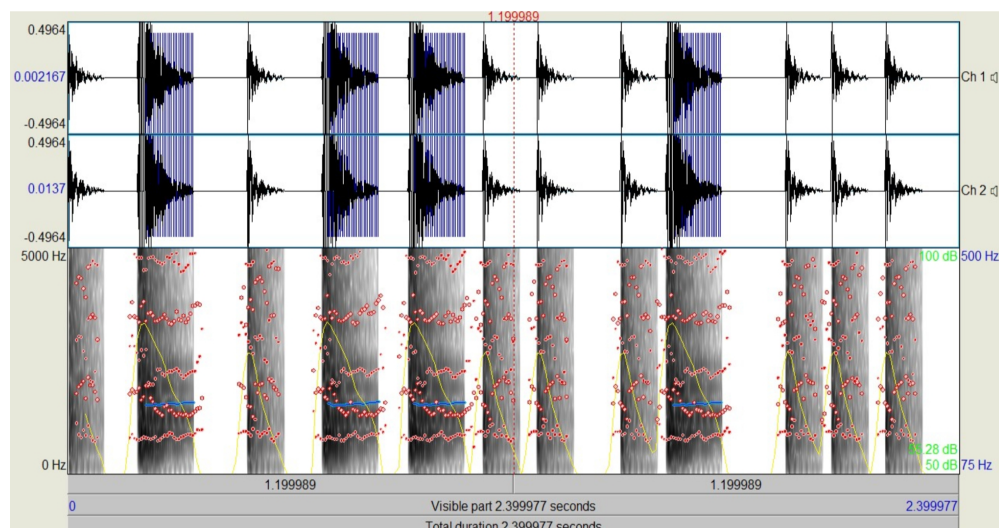
Le matériel rythmique est constitué d'un motif rythmique régulier, respectant la structure métrique des phrases cibles, et de trois motifs rythmiques irréguliers différents, afin de renforcer la perception de cet effet d'irrégularité et de limiter l'effet d'habituation. Pour le

motif régulier (codé « primeR »), deux types de tonalités ayant une durée différente ont été intégrées pour les percussions, une correspondant aux syllabes accentuées (X), et l'autre correspondant aux syllabes non-accentuées (x). Ainsi et pour répondre au schéma rythmique des phrases cibles, l'amorce régulière est formée de deux battements faibles de 150 millisecondes, suivis d'un battement fort de 300 millisecondes, répétés quatre fois de suite : xxX xxX xxX xxX. En ce qui concerne les trois motifs ayant un rythme irrégulier (codés primeIR1, primeIR2 et primeIR3), ces derniers sont composés de douze sons reprenant les deux mêmes tonalités que l'amorce régulière, cette fois-ci réparties aléatoirement. Enfin, la durée totale de chaque amorce est de 2,4 secondes.

Afin d'étudier au mieux l'influence du rythme sur la lecture de phrases, trois conditions d'amorçage ont été établies, à savoir : une amorce avec une rythmicité régulière, une amorce avec une rythmicité irrégulière et une absence d'amorce (silence). Lorsque l'amorce régulière précède une phrase cible, soit une phrase ayant une structure métrique régulière, la situation est dite « congruente ». Lorsque l'amorce qui précède une phrase cible est irrégulière, la situation est dite « non-congruente ». Enfin, lorsque que c'est l'amorce silencieuse (codée primeNaN) qui précède la phrase cible, la situation est dite « sans-condition ». Cette dernière permet de savoir si les deux autres amorces (régulière et irrégulière) facilitent ou complexifient la lecture de phrases.



**Figure 4 : Représentation acoustique d'un motif rythmique régulier : spectrogramme, courbe d'intensité, courbe mélodique et formants (Lacroix, 2022 & Riegler, 2022).**



*Figure 5 : Représentation acoustique d'un motif rythmique irrégulier : spectrogramme, courbe d'intensité, courbe mélodique et formants (Lacroix, 2022 & Riegler, 2022).*

## **2.2. Matériel langagier**

Le matériel langagier est constitué de quarante-cinq phrases cibles et de neuf phrases distractives, soit un total de cinquante-quatre phrases, toutes en français. Concernant les phrases cibles, elles sont toutes composées de quatre groupes accentuels, comprenant chacun trois syllabes. La rythmicité de chacune de ces phrases a été contrôlée au préalable selon leur régularité métrique. Par ailleurs, il a été décidé d'intégrer uniquement des phrases déclaratives, pour éviter les phénomènes d'accentuation que l'on retrouve dans les autres types et formes de phrases. De plus, la fréquence lexicale a également été contrôlée grâce à l'outil Lexique 3 (New & Pallier, 2021), afin de n'inclure que des mots usagers des participant.e.s, et d'éviter un biais d'incompréhension pouvant altérer la lecture des phrases. Dans le but de respecter une structure métrique bien définie, certains éléments ont été écartés lors de la création de ces phrases-cibles, à savoir : le « schwa » et les adjectifs qualificatifs monosyllabiques ou bisyllabiques, pouvant créer une accentuation indépendamment de leur place dans la phrase. Concernant la structure morphosyntaxique des phrases cibles, il a été décidé de ne pas inclure de phrases passives et/ou complexes et de ne pas intégrer de verbes modaux. À propos des neuf phrases distractives, ces dernières ont été sélectionnées dans le corpus Fharvard réduit (Aubanel et al., 2020), faisant l'objet d'un consensus au niveau de l'annotation syllabique et du groupe accentuel. Chacune de ces neuf phrases est conjuguées à l'impératif et leur régularité rythmique est différente des phrases cibles, afin d'éviter un potentiel effet d'habituation lors de la passation.

L'ensemble des phrases du matériel langagier a ensuite été divisé en trois groupes de quinze phrases cibles et trois phrases distractives (codés List1, List2 et List3). Afin d'alterner les différentes variables citées ci-après, les phrases de chaque liste sont appariées entre elles dans la mesure du possible et réparties selon : leur nature (cible ou distractive), le genre et nombre des pronoms personnels sujets, la conjugaison des verbes, la longueur des mots et leur nombre de syllabes (mono-, bi- ou trisyllabiques), la catégorie sémantique des mots (animés/inanimés & biologiques/manufacturés), et leur fréquence lexicale.

## **2.3. Appariement des matériels d'amorçage rythmique et langagier**

Comme explicité précédemment, les participant.e.s de cette étude ont donc procédé à la lecture de cinquante-quatre phrases réparties en trois listes, chacune étant associée à une des conditions d'amorçage suivantes : régulière congruente, irrégulière non-congruente et absence d'amorce. Par conséquent, les phrases cibles du groupe « List1 » étaient par exemple associées à l'amorce régulière, celles du groupe « List 2 » aux trois types d'amorces irrégulières et celles du groupe « List3 » à l'absence d'amorce. Concernant les phrases distractives, la condition d'amorçage qui les précède suit la même logique que les groupes de phrases auxquels elles appartiennent.

Lors de la passation, les listes de phrases sont présentées dans leur entièreté, c'est-à-dire que chaque liste était lue dans sa totalité avant de passer à la liste suivante. Cet agencement a été déterminé dans l'espoir de renforcer l'influence du rythme lors des situations congruentes, à mesure que la.le participant.e perçoit les amorces régulières.

Pour que les effets observés ne soient pas attribués à l'ordre de présentation des phrases, ces dernières étaient proposées de manière aléatoire pour chaque participant.e. Aussi, un fichier de contrebalancement a été créé pour que chaque liste soit couplée à toutes les conditions d'amorçage et dans toutes les configurations d'agencement possibles. De ce fait, les participant.e.s ont été confronté.e.s de manière aléatoire à des situations congruentes, non-congruentes et « sans condition » pour les amorces silencieuses.

### **3. Protocole expérimental**

Avant de débiter la passation, l'examinatrice s'assure qu'aucune variable ne vienne perturber la.le participant.e pendant la phase de test. En effet, une fois la passation commencée, il n'est plus possible de revenir en arrière. La passation de la tâche est exécutée en situation duelle (seul.e la.le participant.e et l'examinatrice sont présent.e.s dans la salle d'évaluation) et sa durée moyenne est de 45 minutes, toutes étapes comprises. L'ensemble des passations s'est effectué au CHU Roger Salengro de Lille pour l'échantillon test, et à domicile du.de la participant.e pour l'échantillon standard. L'examinatrice présente ensuite le matériel utilisé lors de l'expérience, puis procède à la lecture de la lettre d'information et du formulaire de consentement, à faire signer par la.le participant.e. Elle vient ensuite compléter les informations énoncées, en cas d'un potentiel questionnement de la part du.de la participant.e, sans pour autant lui dévoiler les objectifs de l'expérience, de façon à ne pas influencer ses performances et donc biaiser les résultats. Toutefois, l'examinatrice peut répondre aux interrogations du.de la participant.e à la fin de l'expérience. Le questionnaire de diagnostic et de traitement, ainsi que la partie III de l'UPDRS (Fahn, 1987) étaient envoyés au préalable au neurologue du.de la participant.e, afin de renseigner sur un possible traitement médicamenteux, pour le prendre en compte lors de l'interprétation des résultats. Dans le cas échéant, l'investigatrice complète elle-même ces documents en inscrivant les renseignements nécessaires. Elle remplit ensuite un questionnaire, pour indiquer la présence ou non de troubles neuro-sensoriels (vue et audition) et préciser si ces derniers sont corrigés. Enfin elle administre un ultime questionnaire sur les pratiques musicales et/ou liées au rythme, pour établir le score de musicalité des participant.e.s.

Dès lors, un code d'anonymisation est attribué au.à la participant.e, et l'examinatrice procède à la passation de la MoCA (Nasreddine et al., 2005) pour s'assurer que la.le participant.e ne présente pas de troubles neuro-cognitifs.

Après avoir effectué toutes ces phases préliminaires, l'examinatrice prépare la.le participant.e pour l'expérience en la.le mettant en condition d'évaluation. Pour cela, la.le participant.e est assis.e en face de l'ordinateur, à une cinquantaine de centimètres de celui-ci. Il.elle est équipé.e d'un microphone serre-tête statique cardioïde SHURE SM35, placé à environ un centimètre de ses lèvres, afin d'éviter les parasites auditifs lors de l'enregistrement en raison de potentiels tremblements.

En vue de vérifier que le son est bien reçu par l'ordinateur, l'investigatrice demande au.à la participant.e de lire une phrase-test et s'assure de l'enregistrement de celle-ci. Elle lui présente ensuite un son-test pour régler le niveau d'intensité sonore des haut-parleurs en fonction des préférences de chaque participant.e.

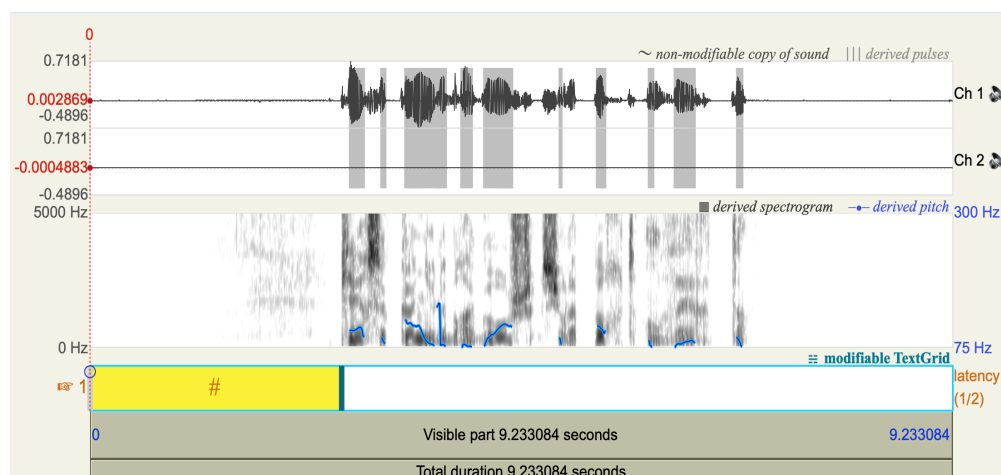
Comme énoncé précédemment, la tâche demandée au.à la participant.e consiste en la lecture de phrases précédées d'un amorçage rythmique et se fait à l'aide du logiciel Octave (Easton, 2023). Une fois la phase de test entamée, la.le participant.e doit fixer une croix

blanche sur le fond noir de l'écran, pendant que l'amorçage rythmique est diffusé en champ libre sur les haut-parleurs de l'ordinateur. Suite à cet amorçage (ou absence d'amorce), une phrase cible ou distractive s'affiche, et la.le participant.e doit la lire le plus rapidement et précisément possible. Il.elle doit ensuite appuyer sur la barre d'espace de l'ordinateur pour indiquer qu'il.elle a fini de lire. Lorsque la.le participant.e n'a pas pu lire la phrase en entier, et/ou n'a pas appuyé sur la barre d'espace, le logiciel passe directement à la phrase suivante, et ce au bout de 15 secondes. Les productions du.de la participant.e sont enregistrées pour chaque phrase grâce au microphone et une carte son MOTU M2 (logiciel MOTU Performer Lite). Dans la perspective de limiter la fatigabilité des participant.e.s, une pause avait lieu toutes les cinq phrases, ainsi qu'à la fin de chaque liste.

À la fin de la passation, l'examinatrice procède à une évaluation de la sévérité de la dysarthrie du.de la participant.e, grâce à un enregistrement d'une lecture à voix haute d'un extrait de la BECD (« la bise et le soleil » ; Auzou & Rolland-Monnoury, 2019) ainsi qu'au logiciel Audacity (Wattenberg, 2023). Elle effectue ensuite un test d'audiométrie dans le but de vérifier l'audition du.de la participant.e et d'évaluer ses seuils auditifs moyens. Enfin, la.le participant.e complète l'EGD (Bourque et al. 1990), pour renseigner sur son état de dépression.

## 4. Extraction et analyse des données

À l'issue de la période de passation pour les participant.e.s recruté.e.s cette année, nous avons récolté un total de 702 fichiers audio (54 enregistrements par participant.e), auquel nous avons ajouté les 579 enregistrements sélectionnés et analysés par Riegler (2022). Les productions orales des participant.e.s ont ensuite pu être analysées à l'aide du logiciel Praat (Boersma & Weenink, 2020). En effet, chaque piste audio a été enregistrée au format « .wav » avant d'être associée à un fichier « TextGrid » et exportée sur Praat (Boersma & Weenink, 2020) pour être annotée. Au regard des investigations qui concernent ce mémoire - à savoir l'analyse des délais d'initialisation - certains enregistrements ont été exclus (35 au total), dès lors qu'ils comportaient des bruits indésirables entre le début de l'enregistrement et le premier phonème produit par la.le participant.e (par exemple un commentaire, un rire, une toux etc...). Une fois ce tri effectué, tous les TextGrid des enregistrements retenus, ont été manuellement divisés en deux grâce à une balise (placée juste avant le premier phonème), puis marqué d'une dièse (#) dans le premier intervalle afin d'indiquer le délai d'initialisation correspondant au signal sonore.



*Figure 6 : Exemple d'une annotation réalisée avec le logiciel Praat.*

Dans un second temps et grâce à ces annotations, les données relatives aux délais d'initialisation ont pu être extraites et retranscrites en millisecondes sur un tableur en utilisant un script Praat.

Conformément à ce qui a été fait l'année dernière, nous avons fait le choix de nous intéresser uniquement aux phrases cibles lors du calcul des moyennes. Nous avons ainsi omis les phrases distractives pour que les résultats obtenus coïncident avec ceux des participant.e.s de l'année précédente. Par la suite, nous avons calculé la moyenne des latences de production de chaque participant.e pour chaque condition d'amorçage. Nous avons ensuite déterminé les durées moyennes des situations congruentes (amorces régulières), non-congruentes (amorces irrégulières) et sans amorce au sein de chaque groupe (MP, AC, CTRL). Afin de pouvoir comparer ces durées entre elles, nous avons calculé pour chaque groupe la différence entre la moyenne des délais d'initialisation de l'amorce régulière et la moyenne des deux autres conditions combinées. En effet, nous avons fait le choix de ne pas opposer les moyennes des conditions régulière et irrégulière à celle de la situation sans amorce seule, cette dernière étant la condition où les délais d'initialisation étaient les plus importants pour les 3/4 des participant.e.s, probablement en raison d'un effet non considéré lors de l'élaboration du protocole. Enfin, nous avons rapproché les données des groupes expérimentaux par rapport aux durées moyennes du groupe contrôle, afin d'étudier spécifiquement l'influence du rythme chez les personnes atteintes de la maladie de Parkinson et d'ataxie cérébelleuse.

En raison du faible nombre de participant.e dans chaque groupe ( $n < 30$ ) les analyses statistiques effectuées pour comparer les moyennes ne sont pas paramétriques. Nous avons donc utilisé le test des rangs signés de Wilcoxon.

## Résultats

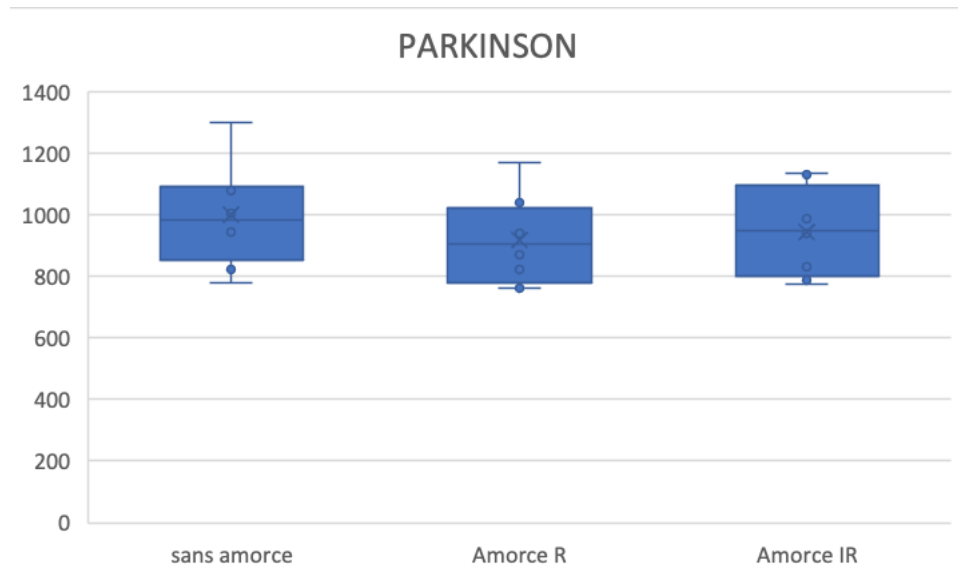
Les résultats de l'étude concernant les délais d'initialisation sont illustrés pour chaque groupe dans les figures 7, 8, et 9.

Afin de vérifier nos deux premières hypothèses concernant les différences de latence de production entre chaque groupe, nous avons fait la moyenne de l'ensemble des phrases cibles (toutes conditions comprises) pour tous les participant.e.s, puis par échantillon. Ainsi, les délais d'initialisation du groupe MP sont en moyenne de 951 millisecondes, de 893 millisecondes pour le groupe AC et de 1039 millisecondes pour le groupe CTRL. Les résultats obtenus diffèrent donc de ceux qui étaient attendus, en raison du temps de latence du groupe CTRL.

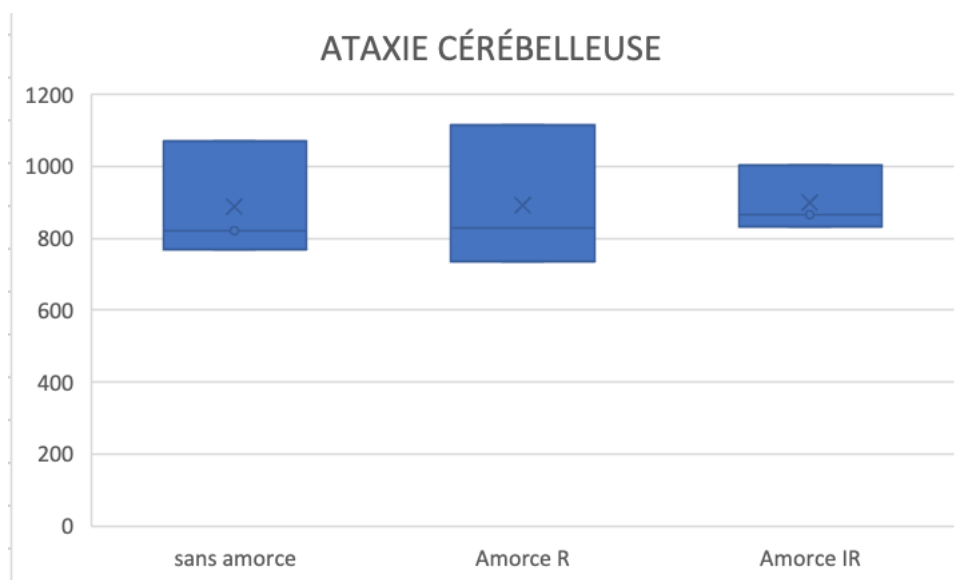
En ce qui concerne la troisième hypothèse que nous avons formulée, nous avons effectivement observé une réduction des latences de production dans la condition régulière congruente. Cette réduction est constatable par rapport à la condition sans amorce pour les groupes MP ( $V = 36$  ;  $p < 0.01$ ) et CTRL ( $V = 91$  ;  $p < 0,001$ ), ainsi que par rapport à la condition irrégulière dans le groupe CTRL ( $V = 9$  ;  $p < 0.01$ ). Les différences observées par rapport à la condition irrégulière ne sont pas significatives pour les groupes MP ( $V = 11$  ;  $p = 0,38$ ) et AC ( $V = 2$  ;  $p = 0,75$ ). Comme expliqué plus tôt, nous avons décidé de soustraire la moyenne de l'amorce régulière à celle des deux autres conditions, afin de juger de l'efficacité du bénéfice relevé. Contrairement à ce qui était attendu, le plus gros écart constaté concerne le groupe CTRL, avec un gain de 107 millisecondes pour la condition régulière ( $V = 91$  ;  $p <$

0,0003), suivi du groupe MP avec une réduction de 54 millisecondes ( $V = 4$  ;  $p > 0,4$ ), et 1 milliseconde pour le groupe AC ( $V = 3$  ;  $p = 1$ ).

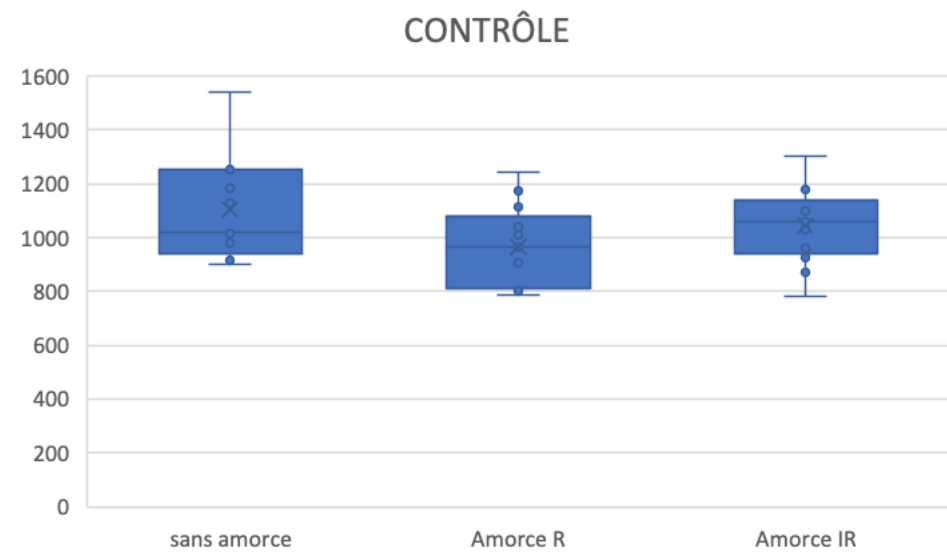
Enfin, à propos de notre dernière hypothèse concernant l'augmentation des délais d'initialisation pour l'amorce irrégulière, nous avons également décidé de mettre en parallèle la moyenne de cette condition avec la moyenne des deux autres conditions, toujours en raison du biais décelé pour la condition sans amorce. Ainsi, nous avons pu constater une légère augmentation des délais pour cette condition d'amorce dans le groupe AC, avec toutefois une différence non significative ( $V = 4$  ;  $p = 0,75$ ).



**Figure 7 : Délais d'initialisation en millisecondes pour le groupe Parkinson (8 participant.e.s).**



**Figure 8: Délais d'initialisation en millisecondes pour le groupe Ataxie cérébelleuse (3 participant.e.s).**



*Figure 9 : Délais d'initialisation en millisecondes pour le groupe Contrôle (13 participant.e.s).*

## Discussion

L'intérêt de notre étude était d'évaluer le potentiel effet d'un rythme perceptif sur la production de la parole, dans le cadre de la maladie de Parkinson ou de l'ataxie cérébelleuse. Plus précisément, nous avons cherché dans ce mémoire à mesurer le bénéfice d'une amorce rythmique auditive régulière, sur la réduction des délais d'initialisation des participant.e.s que nous avons recruté.e.s. Dans cette perspective, nous avons donc recueilli et analysé les productions orales de deux groupes expérimentaux et d'un groupe contrôle, lors d'une tâche de lecture de phrases suivant trois conditions d'amorçage différentes.

Notre recherche se repose sur le cadre théorique PRISM (Fiveash et al., 2021), que nous avons introduit plus tôt. Il convient de rappeler que ce cadre fait le postulat que les traitements de la musique et de la parole partagent des mécanismes neurocognitifs identiques tels que : le traitement auditif précis, la synchronisation des oscillations neuronales aux stimuli externes et le couplage sensori-moteur. En outre, les similarités observées entre la musique et la parole, tant au niveau des mécanismes sous-jacents, qu'au niveau de leur (quasi) périodicité, confèrent à l'auditeur.ice une forte capacité de prédiction (Beier & Ferreira, 2018 ; Patel & Morgan, 2017). Cette particularité explique en partie l'effet bénéfique observé dans plusieurs études portant sur la stimulation rythmique auditive, comme celles de Falk et ses collègues (2017), Schön et Tillmann (2015) ou encore Zhang et Zhang (2019) ayant une méthodologie proche de la nôtre. De la même façon, les auteurs des modèles DIVA et GODIVA (respectivement Guenther, 1995 ; Bohland et al., 2010) ont étudié les processus impliqués dans la planification et la production de la parole grâce aux feedbacks auditifs, en y intégrant les structures anatomiques qui les contrôlent. Parmi ces structures, on retrouve notamment les noyaux gris centraux, atteints dans la maladie de Parkinson, et le cervelet, également atteint dans l'ataxie. Ces études ont donc un intérêt particulier dans le contexte de ce mémoire, d'une part en raison de la nature des amorces qui étaient proposées, et d'autre part en raison des pathologies sur lesquelles nous avons expérimentées notre protocole.

En se replaçant dans le cadre de notre étude, nous pouvons constater que nos résultats divergent de ceux obtenus par Späth et ses collègues (2016), en ce qui concerne la différence de latence entre les groupes MP et CTRL, ce dernier étant le groupe avec les délais d'initialisation les plus importants. La raison de cette discordance peut être attribuée au fait que l'effectif de nos participant.e.s était trop restreint, et ce pour tous les groupes. De ce fait, nos résultats ne sont pas représentatifs de la population générale, car il est possible que certaines particularités propres à chaque participant.e, aient interféré avec leurs performances. Afin de limiter ce biais d'échantillonnage, il aurait été intéressant de prévenir les participant.e.s en amont de leur consultation neurologique auprès des Docteur.e.s Devos et Moreau. En effet, il est arrivé que certain.e.s de ces patient.e.s n'aient pas souhaité participer à notre étude, en raison de la durée de la passation du protocole qui n'était pas compatible avec leur emploi du temps.

Concernant l'effet de l'amorce régulière congruente, nos résultats concordent avec ceux de l'étude de Zhang et Zhang (2019). En effet, nous avons observé une réduction des délais d'initialisation de l'ensemble des participant.e.s pour cette condition d'amorçage, ce qui laisse penser que le rythme perceptif a bel et bien une influence sur la planification de la parole. Toutefois, contrairement aux études de Späth et ses collègues (2016) et de Zhang et Zhang (2019), ce bénéfice n'était pas significatif. De nouveau, cela peut s'expliquer par notre effectif trop limité, ou encore par le non respect de certains critères d'inclusion. De fait, comme nous l'avions mentionné plus tôt, 9 des 12 participant.e.s recruté.e.s cette année avaient un seuil auditif supérieur ou égale à 20dB sur au moins une oreille, ce qui correspond à une surdité légère selon la classification BIAP (Classification audiométrique des déficiences auditives, 1997). Ce déficit auditif, même léger, pourrait donc avoir eu une incidence sur la perception des amorces auditives, pour les participant.e.s concerné.e.s. Tel que spécifié auparavant, nous avons tout de même fait le choix d'inclure ces participant.e.s, afin de ne pas réduire davantage l'effectif de notre échantillon total. Cependant, il serait pertinent à l'avenir d'évaluer les seuils auditifs des personnes recrutées, avant de procéder au protocole plutôt qu'à la fin de celui-ci, afin d'éviter à l'investigatrice d'effectuer la passation sur un.e participant.e qui ne répond pas d'office aux critères d'inclusion.

Une nouvelle fois, nous trouvons une incohérence dans nos résultats en ce qui concerne l'augmentation des délais d'initialisation lors de l'amorce irrégulière non-congruente. En effet, cela ne correspond pas à ce qui a pu être observé dans les études de Späth et ses collègues (2016) et de Zhang et Zhang (2019). Néanmoins, aucune de ces études n'incluait une amorce silencieuse, ce qui pourrait justifier la différence observée. En effet, comme nous l'avons expliqué dans la partie « Résultat », les analyses comparatives pour cette condition ont été portées sur la moyenne des deux autres conditions, en raison d'une latence plus importante lors de l'amorce silencieuse. Par conséquent, il convient de noter que les variables analysées dans notre étude ne sont pas exactement les mêmes que celles des deux études mentionnées précédemment, mais également que les résultats de la condition sans amorce, biaisent la moyenne à laquelle nous comparons les délais de l'amorce irrégulière. Par ailleurs, nous pourrions supposer que la raison pour laquelle les délais de la condition sans amorce étaient plus longs est le fait que cela causait un étonnement, voire une confusion de la part des participant.e.s, qui étaient conditionné.e.s à entendre des sons de percussion avant de lire les phrases proposées. Étant donné que cet effet de « surprise » avait déjà été constaté lors des précédentes passations, il conviendrait d'envisager la suppression de cette condition d'amorçage pour les analyses futures.

Aussi, nous n'avons malheureusement pas effectué d'analyses corrélatives concernant les différents paramètres que nous avons recueillis, tels que le score de musicalité, le score perceptif de la BECD (Auzou & Rolland-Monnoury, 2019), l'échelle de dépression gériatrique (Bourque et al., 1990), l'âge et le niveau d'éducation du/de la participant.e, ou encore la durée de la maladie. Dans la mesure où les effets que nous avons constatés n'étaient pas significatifs, ces analyses auraient été intéressantes et auraient permis d'entrevoir nos résultats sous un autre angle.

De surcroît, nous aurions également pu envisager d'entreprendre des analyses supplémentaires, telles que des analyses EEG, afin de mieux comprendre les mécanismes neurocognitifs impliqués lors de la perception du rythme des différentes amorces proposées. Il convient également de prendre en compte l'intérêt d'un dépistage des capacités de discrimination rythmique (similaire/différent) lors des phases préliminaires du protocole, comme l'ont fait Späth et ses collègues (2016) ou Aichert et ses collaboratrices (2019). Cette mesure aurait par exemple permis de considérer un potentiel déficit pouvant biaiser la perception des amorces. Cependant, étant donné que la durée de passation de notre protocole était déjà relativement longue, ces analyses l'auraient rallongée davantage, ce qui justifie notre choix de ne pas les avoir intégrées à notre étude.

Enfin, à propos de la nature de la tâche que nous avons évaluée, à savoir la lecture, nous sommes conscientes que celle-ci n'est pas écologique, mais nous savons également que les performances des participant.e.s sont jugées meilleures pour ce type de tâche que par rapport au langage spontané (Lowit et al., 2018). De plus, la parole spontanée étant imprévisible, il aurait été difficile de concevoir des amorces correspondant à la structure métrique de ce qui aurait pu être dit par la/le participant.e, ce qui justifie d'autant plus cette décision. Néanmoins, il aurait pu être envisagé d'utiliser une tâche de parole semi-spontanée, telle que la complétion de phrases, comme cela a été fait dans l'étude de Aichert et ses collaboratrices (2019). Pareillement, en ce qui concerne la nature des amorces utilisées, il aurait été possible d'opter pour des amorces langagières, similaires à celles utilisées dans les études menées par Aichert et ses collaboratrices (2019), ainsi que par Späth et ses collègues (2016), afin de mieux correspondre aux techniques employées par les orthophonistes lors des séances de rééducation.

Par ailleurs, nous savons qu'un entraînement hebdomadaire peut être bénéfique en raison de la stimulation répétée des oscillations neuronales, comme cela a été vu dans le cadre PRISM (Fiveash et al. 2021). Il aurait donc été intéressant de refaire passer notre protocole aux mêmes participant.e.s à quelques jours d'intervalle, afin de constater une éventuelle amélioration de leurs performances. En outre, ce mémoire s'inscrit dans un contexte de recherche visant à explorer des perspectives de rééducation orthophonique. Des sessions expérimentales hebdomadaires s'aligneraient donc davantage sur les pratiques courantes de la remédiation orthophonique, où les patient.e.s bénéficient généralement d'au moins une séance par semaine. Sur le long terme, il serait donc intéressant d'évaluer l'effet d'une exposition répétée au rythme perceptif et sa pertinence dans la pratique orthophonique pour la prise en charge de ces patient.e.s.

## Conclusion

Nous avons mené cette étude, afin d'évaluer l'influence d'une amorce rythmique auditive sur la production de la parole chez des personnes atteintes de la maladie de Parkinson ou de l'ataxie cérébelleuse. En effet, comme nous avons pu le constater, les pathologies sur lesquelles nous avons mené notre investigation, sont associées à des troubles de la parole appelés « dysarthrie hypokinétique » et « dysarthrie ataxique ». Ces troubles relèvent du champ d'intervention de l'orthophoniste et impliquent des déficits prosodiques qui se manifestent en partie par une altération du rythme dans le discours (Darley et al., 1969).

De ce fait, la littérature scientifique s'est penchée sur l'intérêt d'une stimulation rythmique, comme perspective de remédiation thérapeutique pour certains troubles liés à l'atteinte de ce paramètre rythmique, tels que le TDL, le TSLE, le bégaiement, l'apraxie de la parole, la surdité, les troubles moteurs liés aux AVC, la maladie de Parkinson, ou encore l'ataxie. Ainsi, de nombreuses études ont pu démontrer les effets bénéfiques du rythme dans plusieurs domaines, tels que la marche, la production de la parole ou encore la lecture (Aichert et al., 2019 ; Schön & Tillmann, 2015 ; Späth et al., 2016 ; Thaut et al. 2001).

Afin d'explorer ce potentiel effet du rythme perceptif, sur la production de la parole, nous nous sommes inspirées d'un paradigme d'amorçage rythmique, tel que celui décrit dans les études de Falk et al. (2017) ou encore Zhang et Zhang (2019). En effet, nous avons élaboré un protocole expérimental comprenant une écoute d'amorces musicales ou d'un silence, suivie d'une lecture de phrases, correspondant ou non au rythme des amorces perçues. Ainsi notre protocole était composé de plusieurs conditions d'amorçage, dont une condition régulière congruente (amorce R + phrase cible), une condition irrégulière non-congruente (amorce IR + phrase cible) et une condition sans amorce (amorce NaN + phrase cible).

Le présent mémoire s'est intéressé aux mesures relatives aux délais d'initialisation des participant.e.s, tandis que l'étude de Dugardin (2023) portait sur la métrique du rythme en production. Nous avons ensuite analysé les enregistrements recueillis à l'aide du logiciel Praat (Boersma & Weenink, 2020), en y intégrant les données extraites par Riegler (2022) l'année passée.

Concernant les résultats de ce mémoire, une grande partie n'était pas entièrement conforme à ce qui était attendu. Nous avons par exemple constaté que le groupe CTRL avait les latences de production les plus longues, alors que nous avions supposé l'inverse. Comme nous l'avons expliqué dans la partie « Discussion » ces incohérences peuvent s'expliquer en raison de notre effectif trop réduit, en plus du non-respect de certains critères d'inclusion, rendant ainsi l'interprétation des données difficile. Cependant, les résultats de notre étude préliminaire ont tout de même montré un effet bénéfique de l'amorce rythmique régulière congruente. Ce bénéfice se traduit par une réduction des délais d'initialisation lors de la lecture des phrases cibles, pour tous les groupes dans cette condition. Ces observations confirment donc ce qui avait déjà été constaté dans des études similaires à la nôtre, suggérant une influence du rythme perceptif sur la production de la parole, et l'utilisation de ce dernier comme piste thérapeutique pour les dysarthries hypokinétique et ataxique.

## 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](https://doi.org/10.1044/2019_jslhr-s-csmc7-18-0172)
- Allen, E., Burton, P. J., Olman, C. A., & Oxenham, A. J. (2017). Representations of Pitch and Timbre Variation in Human Auditory Cortex. *The Journal of Neuroscience*, 37(5), 1284-1293. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.2336-16.2016>
- Allen, M. T., & Levy, L. S. (2013). Parkinson's disease and pesticide exposure – a new assessment. *Critical Reviews in Toxicology*, 43(6), 515-534. <https://doi.org/10.3109/10408444.2013.798719>
- Ameli (s. d.). *Maladie de Parkinson*. Consulté le 25 avril 2022 sur <https://www.ameli.fr/assure/sante/themes/maladie-parkinson>
- Aubanel, V., Bayard, C., Strauß, A., & Schwartz, J. (2020). The Fharvard corpus : A phonemically-balanced French sentence resource for audiology and intelligibility research. *Speech Communication*, 124, 68-74. <https://doi.org/10.1016/j.specom.2020.07.004>
- Auzou, P., & Rolland-Monnoury, V. (2019). : *batterie d'évaluation clinique de la dysarthrie*. Ortho édition.
- Bednark, J. G., Campbell, M. E. J., & Cunnington, R. (2015). Basal ganglia and cortical networks for sequential ordering and rhythm of complex movements. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00421>
- Beier, E. J., & Ferreira, F. (2018). The Temporal Prediction of Stress in Speech and Its Relation to Musical Beat Perception. *Frontiers in Psychology*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00431>
- Besson, M., Chobert, J., & Marie, C. (2011). Transfer of Training between Music and Speech : Common Processing, Attention, and Memory. *Frontiers in Psychology*, 2. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00094>
- Boersma, P., & Weenink, D. (2020). *Praat : Doing phonetics by computer* (6.0.37) [Computer software]. <https://www.fon.hum.uva.nl/praat/>
- 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>
- 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>
- Cameron, D. L., & Grahn, J. A. (2014). Enhanced timing abilities in percussionists generalize to rhythms without a musical beat. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.01003>
- Classification audiométrique des déficiences auditives (1997). Bureau International d'Audiophonologie.
- Cominu, A. (2021). *Hydrogen* (1.1.1) [Computer software]. Hydrogen-music. <http://hydrogen-music.org/>

- Cutler, A. (1994). Segmentation problems, rhythmic solutions. *Lingua*, 92, 81-104. [https://doi.org/10.1016/0024-3841\(94\)90338-7](https://doi.org/10.1016/0024-3841(94)90338-7)
- Cutler, A., & Butterfield, S. (1992). Rhythmic cues to speech segmentation : Evidence from juncture misperception. *Journal of Memory and Language*, 31(2), 218-236. [https://doi.org/10.1016/0749-596x\(92\)90012-m](https://doi.org/10.1016/0749-596x(92)90012-m)
- Darley, F. L., Aronson, A. E., & Brown, J. (1969). Differential Diagnostic Patterns of Dysarthria. *Journal of speech and hearing research*, 12(2), 246-269. <https://doi.org/10.1044/jshr.1202.246>
- 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 (TIP A)*, 23, 67-211. <https://hal.science/hal-00285554v1/document>
- Di Cristo, A. (2013). *La prosodie de la parole*. De Boeck Supérieur.
- Dugardin, C. (2023). Effet du rythme perceptif sur la production de la parole : étude des métriques de rythme. [Mémoire de Master, Université de Lille]. En préparation.
- Easton, J. W. (2023). *GNU Octave* (8.1.0) [Computer software]. <https://octave.org/>
- Fahn, S. (1987). Members of the UPDRS Development Committee. Unified Parkinson's Disease Rating Scale. *Recent developments in Parkinson's disease*, 2, 293-304.
- 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](https://doi.org/10.1162/jocn_a_01136)
- Fitzgerald, K. (2020). Efficacy of Rhythmic Auditory Stimulation on Ataxia and Functional Dependence Post-Cerebellar Stroke. [Doctoral thesis, Yale University]. [https://elischolar.library.yale.edu/ysmpa\\_theses/13/](https://elischolar.library.yale.edu/ysmpa_theses/13/)
- Fiveash, A., Bedoin, N., Gordon, R. L., & Tillmann, B. (2021). Processing rhythm in speech and music : Shared mechanisms and implications for developmental speech and language disorders. *Neuropsychology (journal)*, 35(8), 771-791. <https://doi.org/10.1037/neu0000766>
- Goberman, A. M., & Coelho, C. A. (2002). Acoustic analysis of Parkinsonian speech II : L-Dopa related fluctuations and methodological issues. *NeuroRehabilitation*, 17(3), 247-254. <https://doi.org/10.3233/nre-2002-17311>
- 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>
- Guenther, F. H. (1995). A modeling framework for speech motor development. *Proceedings of the XIIIth International Congress of Phonetic Sciences*, 2, 92-99.
- Kent, R. D., Kent, J. A., Weismer, G., & Duffy, J. R. (2000). What dysarthrias can tell us about the neural control of speech. *Journal of Phonetics*, 28(3), 273-302. <https://doi.org/10.1006/jpho.2000.0122>

- Laaridh, I. (2017). Évaluation de la parole dysarthrique : Apport du traitement automatique de la parole face à l'expertise humaine. [Thèse de doctorat, Université d'Avignon et des pays du Vaucluse]. <https://theses.hal.science/tel-01692934/document>
- 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].
- Lezama-Espinosa, C., & Hernández-Montiel, H. L. (2020). Neuroscience of the auditory-motor system : How does sound interact with movement ? *Behavioural Brain Research*, 384, 112535. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2020.112535>
- 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.
- Mainka, S., & Mallien, G. (2014). Rhythmic Speech Cueing (RSC). *Handbook of Neurologic Music Therapy*.
- Malapani, C., Dubois, B., Rancurel, G., & Gibbon, J. (1998). Cerebellar dysfunctions of temporal processing in the seconds range in humans. *Neuroreport*, 9(17), 3907-3912. <https://doi.org/10.1097/00001756-199812010-00026>
- Manto, M., Bower, J. M., Conforto, A. B., Delgado-García, J. M., Da Guarda, S. N. F., Gerwig, M., Habas, C., Hagura, N., Ivry, R. B., Mariën, P., Molinari, M., Naito, E., Nowak, D., Taib, N. O. B., Pélisson, D., Tesche, C. D., Tilikete, C., & Timmann, D. (2012). Consensus Paper : Roles of the Cerebellum in Motor Control—The Diversity of Ideas on Cerebellar Involvement in Movement. *The Cerebellum*, 11(2), 457-487. <https://doi.org/10.1007/s12311-011-0331-9>
- Mariën, P., Verhoeven, J., Engelborghs, S., Rooker, S., Pickut, B. A., & De Deyn, P. P. (2006). A role for the cerebellum in motor speech planning : Evidence from foreign accent syndrome. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 108(5), 518-522. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2005.06.006>
- Marsden, J. (2018). Cerebellar ataxia. *Elsevier eBooks*, 261-281. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-63916-5.00017-3>
- Nasreddine, Z. S., Phillips, N. A., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., Cummings, J. L., & Chertkow, H. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA : A Brief Screening Tool For Mild Cognitive Impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(4), 695-699. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x>
- Nazzi, T. (2008). Segmentation précoce de la parole continue en mots : évaluation interlinguistique de l'hypothèse d'initialisation rythmique. *Année Psychologique*, 108(02), 309-341. <https://doi.org/10.4074/s0003503308002054>
- New, B., & Pallier, C. (2005). Manuel de Lexique 3. *Behavior Research Methods Instruments & Computers*. [http://lexique.org/\\_documentation/Manuel\\_Lexique.3.2.pdf](http://lexique.org/_documentation/Manuel_Lexique.3.2.pdf)
- Patel, A. D., & Morgan, E. (2017). Exploring Cognitive Relations Between Prediction in Language and Music. *Cognitive Science*, 41, 303-320. <https://doi.org/10.1111/cogs.12411>
- Pinto, S. F., Ghio, A., Teston, B., & Viallet, F. (2010). La dysarthrie au cours de la maladie de Parkinson. Histoire naturelle de ses composantes : dysphonie, dysprosodie et dysarthrie. *Revue Neurologique*, 166(10), 800-810. <https://doi.org/10.1016/j.neurol.2010.07.005>

- Riecker, A., Mathiak, K., Wildgruber, D., Erb, M., Hertrich, I., Grodd, W., & Ackermann, H. (2005). fMRI reveals two distinct cerebral networks subserving speech motor control. *Neurology*, 64(4), 700-706. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000152156.90779.89>
- Riegler, R. (2022). Effet de l'amorçage rythmique sur la production de la parole dans le cadre de la dysarthrie parkinsonienne [Mémoire de master, Université de Lille].
- Rolland-Monnoury, V., & Özsancak, C. (2007). La prise en charge de la dysarthrie dans la maladie de Parkinson. *Les Dysarthries*, 1, 675-683.
- Rothermich, K., Schmidt-Kassow, M., & Kotz, S. A. (2012). Rhythm's gonna get you : Regular meter facilitates semantic sentence processing. *Neuropsychologia*, 50(2), 232-244. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.10.025>
- Ruano, L., Melo, C., Silva, M. C., & Coutinho, P. (2014). The Global Epidemiology of Hereditary Ataxia and Spastic Paraplegia : A Systematic Review of Prevalence Studies. *Neuroepidemiology*, 42(3), 174-183. <https://doi.org/10.1159/000358801>
- Santé publique France (s.d.). *Maladie de Parkinson*. Consulté le 15 mai 2022 sur <https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/maladies-neurodegeneratives/maladie-de-parkinson>
- Schön, D., & Tillmann, B. (2015). Short- and long-term rhythmic interventions : perspectives for language rehabilitation. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1337(1), 32-39. <https://doi.org/10.1111/nyas.12635>
- Schwartz, M., Keller, P. E., Patel, A. D., & Kotz, S. A. (2011). The impact of basal ganglia lesions on sensorimotor synchronization, spontaneous motor tempo, and the detection of tempo changes. *Behavioural Brain Research*, 216(2), 685-691. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2010.09.015>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2022.08.012>, 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.
- Teston, B., & Viallet, F. (2005). La dysprosodie parkinsonienne. *Özsancak C (Éd.), Les Troubles de La Parole et de La Déglutition Dans La Maladie de Parkinson*, 161-193. <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. (2014). Neurologic Music Therapy in Stroke Rehabilitation. *Current Physical Medicine and Rehabilitation Reports*, 2(2), 106-113. <https://doi.org/10.1007/s40141-014-0049-y>

- Thaut, M. H., McIntosh, G. C., & Hoemberg, V. (2015). Neurobiological foundations of neurologic music therapy : rhythmic entrainment and the motor system. *Frontiers in Psychology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01185>
- Thaut, M. H., McIntosh, G. C., & Rice, R. (1997). Rhythmic facilitation of gait training in hemiparetic stroke rehabilitation. *Journal of the Neurological Sciences*, 151(2), 207-212. [https://doi.org/10.1016/s0022-510x\(97\)00146-9](https://doi.org/10.1016/s0022-510x(97)00146-9)
- 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>
- Thaut, M. H., Stephan, K. M., Wunderlich, G., Schicks, W., Tellmann, L., Herzog, H., McIntosh, G. C., Seitz, R. J., & Hömberg, V. (2009). Distinct cortico-cerebellar activations in rhythmic auditory motor synchronization. *Cortex*, 45(1), 44-53. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2007.09.009>
- Viallet, F., & Teston, B. (2007). La dysarthrie dans la maladie de Parkinson. *Les Dysarthries*, 169-174. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00242418/document>
- Vythelingum, K. (2019). Construction rapide, performante et mutualisée de systèmes de reconnaissance et de synthèse de la parole pour de nouvelles langues [Thèse de doctorat, Université Du Mans]. <http://www.theses.fr/2019LEMA1035>
- Waquier, D. (2021, 8 mars). *Ataxie cérébelleuse*. <https://www.passeportsante.net/fr/Maux/Problemes/Fiche.aspx?doc=ataxie-cerebelleuse>
- Wattenberg, L. (2023). *Audacity* (3.2.5) [Computer software]. <https://audacityteam.org/>
- Wilson, S. D., Saygin, A. P., Sereno, M. I., & Iacoboni, M. (2004). Listening to speech activates motor areas involved in speech production. *Nature Neuroscience*, 7(7), 701-702. <https://doi.org/10.1038/nn1263>
- 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)
- Yuan, F., Guo, X., Wei, X., Xie, F., Zheng, J., Huang, Y., Huang, Z., Chang, Z., Li, H., Guo, Y., Chen, J., Guo, J., Tang, B., Deng, B., & Wang, Q. (2020). Lee Silverman Voice Treatment for dysarthria in patients with Parkinson's disease : a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Neurology*, 27(10), 1957-1970. <https://doi.org/10.1111/ene.14399>
- Zatorre, R. J., Chen, J. L., & Penhune, V. B. (2007). When the brain plays music : auditory-motor interactions in music perception and production. *Nature Reviews Neuroscience*, 8(7), 547-558. <https://doi.org/10.1038/nrn2152>
- Zhang, N., & Zhang, Q. (2019). Rhythmic pattern facilitates speech production : An ERP study. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49375-8>