

MEMOIRE

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

Léa DOUAUD

soutenu publiquement en juin 2021

**Le rôle de l'amorçage du rythme perceptif sur la
production de la parole dans la maladie de
Parkinson**

Protocole expérimental et analyse basée sur la durée des segments

MEMOIRE dirigé par

Anahita BASIRAT, Maître de conférences, Université de Lille

Caroline MOREAU, Professeur, Université de Lille et CHU de Lille

Lille – 2021

Remerciements

Je tiens à remercier chaleureusement mes directrices de mémoire Mme Basirat et le Dr Moreau. Un grand merci à Mme Basirat pour sa bienveillance, ses conseils et sa disponibilité tout au long de ce mémoire.

Un grand merci à Clémentine Mahé pour cette belle rencontre, pour nos échanges et notre collaboration dans ce projet.

Je souhaite aussi remercier l'ensemble de mes maîtres de stage. Votre bienveillance et la richesse de nos échanges m'ont permis de prendre confiance professionnellement.

Un grand merci à mes amies lilloises et à mes colocataires pour tous ces beaux moments partagés. Vous avez rendu ces années inoubliables.

Merci aussi à mes amies de Nantes pour votre amitié sans faille.

Je tiens à remercier profondément ma famille. Merci à mes parents et à mes frères de m'avoir soutenue tout au long de ces années et d'avoir toujours cru en moi. Je ne vous remercierai jamais assez.

Enfin, merci à tous mes amis et à ma famille pour vos relectures de qualité.

Résumé :

La prosodie est caractérisée par un ensemble de phénomènes phonologiques : le rythme, l'accentuation, le tempo et l'intonation. La structure rythmique de la parole est déterminée par l'organisation des syllabes accentuées et inaccentuées. Dans la maladie de Parkinson, la perception et la production du rythme sont perturbées. Cependant, l'écoute d'un stimulus auditif rythmique a montré des effets bénéfiques sur l'intelligibilité de la parole des malades. Notre étude repose sur le paradigme de l'amorçage rythmique consistant en une écoute passive d'une séquence auditive en amont d'une tâche de perception ou de production. L'amorce est constituée d'une succession de sons proéminents et non proéminents. Ces sons sont organisés de façon à correspondre ou non à la structure rythmique de la phrase cible, c'est-à-dire à l'enchaînement des syllabes accentuées et inaccentuées. L'objectif de cette étude est de montrer l'effet de l'amorçage rythmique congruent sur la production de la parole dans la maladie de Parkinson. Pour cela, nous avons créé un protocole constitué d'une tâche de lecture de phrases et de trois conditions d'amorçage. Ce protocole sera administré à des participants atteints de la maladie de Parkinson dans de futurs mémoires. Les enregistrements recueillis seront analysés à l'aide de mesures rythmiques. Les résultats attendus sont un effet de l'amorçage congruent sur le rythme et l'accentuation de la parole et un effet négatif ou absence d'effet de l'amorce non congruente. Néanmoins, certains biais méthodologiques ont été mis en évidence et seront à prendre en compte dans de futures études.

Mots-clés :

Amorçage auditif – Rythme - Accentuation – Maladie de Parkinson

Abstract :

Prosody is characterized by a set of phonological phenomena: rhythm, stress, tempo and intonation. The rhythmic structure of speech is determined by the organization of stressed and unstressed syllables. In Parkinson's disease, the perception and production of rhythm is disturbed. However, listening to a rhythmic auditory stimulus has been shown to have beneficial effects on speech intelligibility in patients. Our study is based on the paradigm of rhythmic priming consisting of passive listening to an auditory sequence before a perception or production task. The priming consists of a succession of prominent and non-prominent sounds. These sounds are organized in such a way as to correspond or not to the rhythmic structure of the target sentence, i.e. to the sequence of stressed and unstressed syllables. The aim of this study is to show the effect of congruent rhythmic priming on speech production in Parkinson's disease. To this end, we have created a protocol consisting of a sentence reading task and three priming conditions. This protocol will be administered to participants with Parkinson's disease in future studies. The collected recordings will be analyzed using rhythmic measures. The expected results are an effect of congruent priming on speech rhythm and accentuation and a negative effect or no effect of non-congruent priming. Nevertheless, some methodological biases have been highlighted and will be taken into account in future studies.

Keywords :

Auditory priming - Rhythm - Accentuation - Parkinson's disease

Table des matières

Introduction.....	1
Contexte théorique, buts et hypothèses.....	2
1. Accentuation et rythme.....	2
2. La maladie de Parkinson.....	4
2.1. Épidémiologie, physiopathologie et symptomatologie.....	4
2.2. Perturbation du rythme dans la maladie de Parkinson.....	5
3. Interventions basées sur le rythme auditif.....	6
3.1. La Stimulation Auditive Rythmique.....	7
3.2. Lien perception et production.....	7
3.3. Le paradigme de l’amorçage.....	8
4. Buts et hypothèses.....	10
Méthode.....	11
1. Population.....	11
2. Matériel.....	12
2.1. Matériel langagier.....	12
2.2. Matériel d’amorçage.....	14
3. Procédure.....	15
4. Analyse de données.....	16
Résultats.....	19
Discussion.....	21
1. Limites de l’étude.....	21
2. Futures perspectives.....	22
3. Implications pour la pratique orthophonique.....	24
Conclusion.....	24
Bibliographie.....	26
Liste des annexes.....	32
Annexe 1. Tableaux des études sur l’effet de l’amorçage en production.....	32
Annexe 2. Questionnaire pour l’inclusion des participants.....	32
Annexe 3. Tableaux des phrases appariées et des phrases distractives.....	32
Annexe 4. Tableau de Lowit et al. (2018).....	32

Introduction

La maladie de Parkinson (MP) est la maladie neurodégénérative la plus fréquente en France après la maladie d'Alzheimer (Santé Publique France, 2020). La dégénérescence des neurones dopaminergiques de la voie nigro-striée, causée par cette maladie, engendre un certain nombre de symptômes moteurs et non moteurs (Moreau & Defebvre, 2015). L'un des symptômes moteurs est la dysarthrie hypokinétique, caractérisée par une dysprosodie, une dysphonie et un trouble de l'articulation (Viallet & Teston, 2007). La dysprosodie s'exprime par des modifications de la mélodie, de l'intensité, de la durée et du rythme (Viallet & Teston, 2005). Dans le cadre de ce mémoire, nous nous intéresserons spécifiquement à l'altération du rythme. Cette perturbation du rythme est retrouvée sur les versants expressif et perceptif, ce qui amène certains auteurs à parler de « dysrythmie généralisée » dans la maladie de Parkinson (Puyjarinet et al., 2019).

La prosodie est un terme regroupant un ensemble de paramètres phonologiques qui s'exprime par des paramètres phonétiques (Di Cristo, 2004). Notre intérêt dans cette étude se portera sur l'accentuation et le rythme, peu étudiés en français dans la MP.

Le paradigme utilisé dans ce mémoire est celui de l'amorçage rythmique. Ce paradigme consiste à faire écouter passivement une séquence de sons ou une phrase, avec une structure rythmique ou arythmique, avant de proposer aux participants une tâche de perception ou de production (ex. Zhang et Zhang, 2019; Kotz et Gunter, 2015). L'effet de l'amorçage rythmique sur la production de la parole dans la MP a été étudié en langue allemande (Späth et al., 2016). Cependant, à ce jour, aucune étude n'a été réalisée à ce sujet sur des personnes atteintes de la MP de langue française.

Notre mémoire a pour but d'étayer le paradigme d'amorçage et d'établir un protocole permettant d'examiner l'effet de l'amorçage rythmique sur la production de la parole dans la MP. Cet effet sera analysé grâce aux mesures de la durée des segments. Cette méthodologie sera employée dans de futurs mémoires. A long terme, la finalité de cette étude serait d'utiliser ce type de méthode dans la prise en charge orthophonique des personnes atteintes de la MP.

Dans la partie théorique, nous définirons les notions d'accentuation et de rythme. Puis, nous décrirons la MP et plus précisément l'atteinte du rythme en production et en perception dans cette maladie. Nous détaillerons ensuite le lien entre la perception et la production de rythme avant de présenter les effets de l'amorçage dans différentes études. Puis, nous présenterons les buts et les hypothèses avant de décrire la méthode utilisée pour l'étude. Nous exposerons les résultats qui seront discutés dans une dernière partie.

Contexte théorique, buts et hypothèses

1. Accentuation et rythme

La prosodie correspond à un ensemble de phénomènes phonologiques abstraits : le rythme, l'accentuation, le tempo et l'intonation. Ils sont indépendants mais interagissent entre eux. Ces phénomènes s'expriment acoustiquement par des paramètres comme la fréquence fondamentale (f_0), la durée et l'intensité (Di Cristo, 2004).

Plusieurs auteurs décrivent l'existence d'une hiérarchie prosodique dans la parole. Selon Jung et Fougeron (2002), elle comprend de haut en bas : le niveau de la phrase intonative et le niveau de la phrase accentuelle ou groupe accentuel (Figure 1). Ces deux niveaux s'expriment au niveau de la syllabe. Chaque étage de cette hiérarchie est constitué d'unités prosodiques saillantes ou non, selon leurs paramètres acoustiques et leur poids métrique. Les unités prosodiques situées dans un niveau hiérarchique inférieur sont retrouvées dans les niveaux hiérarchiques supérieurs. Cette structuration prosodique a une influence sur la forme phonologique des énoncés (Jun & Fougeron, 2002).

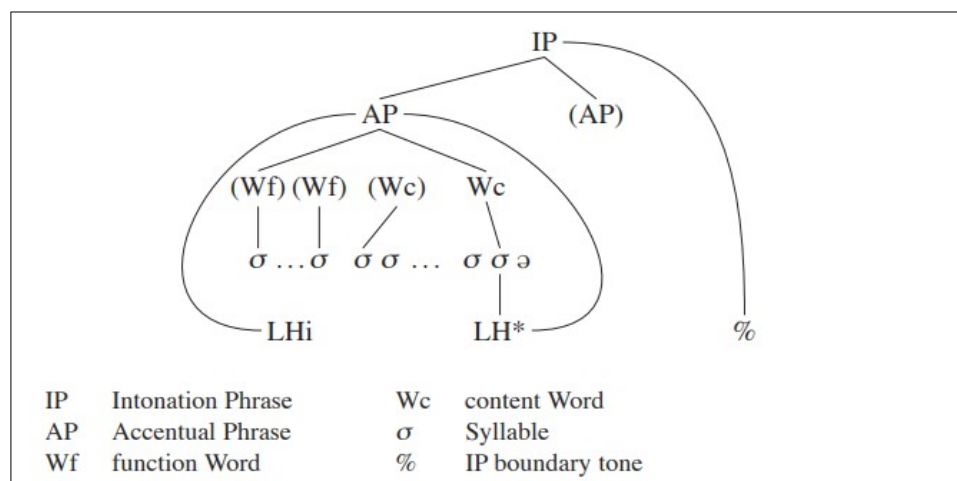


Figure 1. Figure adaptée de Jun et Fougeron (2002), structure de la hiérarchie prosodique du français avec les affiliations tonales au niveau de la syllabe.

Dans le cadre de ce mémoire, nous nous baserons sur les deux niveaux hiérarchiques rythmiques du français : le niveau des groupes accentuels et le niveau de la syllabe, qui est inférieur. Le groupe accentuel, constitué d'un ou plusieurs mots, est délimité par des syllabes accentuées. En français, les accents ont une fonction post-lexicale, c'est-à-dire que les accents ne permettent pas de distinguer deux mots, comme c'est le cas par exemple en anglais. Deux accents sont admis en français : l'accent final et l'accent initial. Afin d'illustrer les groupes accentuels et les accents, nous nous appuyerons sur la phrase suivante : « le coléreux garçon ment à sa mère » (Jun & Fougeron, 2002). Cette phrase comprend deux groupes accentuels mis entre crochets : [le **coléreux garçon**] [**ment** à sa **mère**]. Les éléments en gras représentent les deux différents accents du français que nous allons détailler ci-dessous :

- L'accent final est en rouge dans l'exemple. Cet accent, dit « primaire », est obligatoire. Il marque la limite droite du groupe accentuel en se positionnant sur la dernière syllabe du

dernier mot du groupe (Delais Roussarie et al., 2015). Au niveau acoustique, l'accent final se traduit par un allongement de la durée de la fin de la syllabe et par une augmentation de la fréquence fondamentale (f_0) (Astésano & Bertrand, 2016).

- L'accent initial est en noir dans l'exemple. Cet accent, dit « secondaire », est facultatif. Il marque généralement la limite gauche en se positionnant sur une des premières syllabes du groupe accentuel. Il peut avoir pour fonction d'équilibrer la structure métrique, c'est-à-dire la représentation abstraite du schéma rythmique. Dès lors, il sera davantage placé sur un clitique ou une forme faible du groupe accentuel. Son utilisation peut aussi être à visée pragmatique pour exprimer une emphase ou un contraste (Delais Roussarie et al., 2015). Tout comme l'accent final, l'accent initial se manifeste par une augmentation de la fréquence fondamentale (f_0). Cependant, l'allongement de la durée s'effectue pour cet accent sur l'attaque de la syllabe avec une durée syllabique totale n'excédant pas le seuil différentiel de vingt pour cent par rapport aux syllabes inaccentuées (Astésano & Bertrand, 2016).

Le rythme est un autre phénomène phonologique de la prosodie. Il est constitué d'une alternance d'événements ou battements forts et faibles. Dans la musique, ces événements, correspondant à des notes de musique, sont répétés dans le temps de manière isochrone, c'est-à-dire qu'ils sont présentés à intervalles réguliers. Dans la parole, ces événements, correspondant à des unités accentuées (événement fort) ou inaccentuées (événement faible), sont répétés de façon quasi-isochrone, c'est-à-dire à intervalle presque régulier. Le regroupement hiérarchique et l'organisation de ces événements dans le temps constituent ce qu'on appelle un schéma métrique. L'enchaînement de ces événements crée des cycles oscillatoires caractérisés par leur fréquence et leur phase (pour une revue, voir Kotz et al., 2018).

La théorie de l'attention dynamique (Jones & Boltz, 1989) émet l'hypothèse que l'énergie attentionnelle est distribuée de façon périodique dans le temps. Ainsi, l'activité neuronale de chaque individu suit un cycle d'oscillations attentionnelles. Comme vu précédemment, les stimuli auditifs externes ont également leur propre cycle oscillatoire. Lors de la perception d'un de ces stimuli, les oscillations internes synchronisent leurs phases et leurs fréquences aux oscillations externes de l'événement auditif et entraînent les neurones. Nous pouvons illustrer cette synchronisation avec l'exemple de métronomes, posés sur une table, qui synchronisent leurs phases au bout de quelque temps (Schön & Tillmann, 2015). Les pics d'énergie attentionnelle seront plus ou moins élevés selon la hiérarchie métrique du stimulus auditif, autrement dit selon si son accentuation est forte ou faible. Les pics d'énergie synchronisés se feraient sur les oscillations les plus saillantes. La synchronisation des oscillations permet à l'individu de diriger son attention au niveau temporel et donc de créer des attentes, c'est-à-dire de faire des prédictions concernant l'arrivée de futurs événements. L'individu peut anticiper les événements à venir grâce à l'extraction d'une régularité et à l'accès aux schémas rythmiques encodés en mémoire (Schwartz & Kotz, 2013). Ainsi, la synchronisation et l'attente temporelle faciliteraient la perception, le traitement et l'intégration. La théorie de l'attention dynamique basée initialement sur la perception musicale, a été élargie à la perception de la parole. La synchronisation peut s'effectuer entre un rythme musical et un mouvement (ex. en danse) ou entre le rythme quasi-isochrone de la parole d'un orateur avec celui de l'interlocuteur lors d'une conversation (Aichert et al., 2019). Dans la communication, cette

attention dynamique permet de régulariser le rythme de la parole (Kotz et al., 2018).

En définitive, la prosodie comprend des paramètres phonologiques comme l'accentuation et le rythme. L'accentuation correspond à la prééminence de certaines syllabes dans la parole. L'organisation de ces syllabes accentuées dessine la structure rythmique de la parole. L'écoute d'un rythme crée une synchronisation des phases neurales et permet à l'auditeur d'extraire une régularité et d'anticiper les événements à venir. La MP entraîne une perturbation de la perception et de la production du rythme. Nous détaillerons ces altérations dans la partie suivante, après avoir présenté les caractéristiques cliniques de la maladie.

2. La maladie de Parkinson

2.1. Épidémiologie, physiopathologie et symptomatologie

La MP touche environ 6,1 millions de personnes dans le monde et environ 160 000 personnes en France, ce qui la place au deuxième rang des maladies neurodégénératives les plus fréquentes (Dorsey et al., 2018 ; Santé Publique France, 2020). Sa prévalence augmente avec l'âge et concerne un pour cent des personnes de plus de 65 ans (Inserm, 2020). L'âge moyen de début de la maladie se situerait entre 58 et 62 ans (Chrysostome & Tison, 2015).

La MP est causée par la dégénérescence progressive des neurones dopaminergiques de la voie nigro-striée et par la présence d'agrégats de la protéine alpha-synucléine, nommés corps de Lewy. La dénervation striatale est à l'origine des symptômes moteurs caractéristiques du syndrome parkinsonien. D'autres atteintes des systèmes non dopaminergiques (noradrénergique, cholinergique, sérotoninergique, adrénénergique) sont aussi présentes et provoqueraient des symptômes non moteurs comme les troubles thymiques, les troubles du sommeil et les troubles cognitifs (Derkinderen & Damier, 2015).

Le diagnostic clinique de la MP repose sur la mise en évidence des symptômes moteurs suivants : une bradykinésie, c'est-à-dire une lenteur d'exécution des mouvements, associée à un tremblement de repos et/ou à une rigidité des membres. Ces symptômes sont regroupés sous le terme de « triade parkinsonienne ». Le diagnostic s'établit également sur la sensibilité de la personne au traitement dopaminergique (Defebvre, 2017).

D'autres symptômes moteurs, dit axiaux, peuvent aussi survenir dans la maladie. On note la présence d'une dysarthrie, de troubles de la déglutition, de troubles de la marche et de l'équilibre (De Guire Ouellet et al., 2012). La dysarthrie correspond à un trouble de l'exécution motrice de la parole. Cette dysarthrie, qualifiée d'hypokinétique dans la MP, entraîne une dysphonie, une dysprosodie et des troubles d'articulation (Viallet & Teston, 2007). La dysphonie parkinsonienne entraîne une baisse de l'intensité vocale, un timbre soufflé ou éraillé associé à une voix tremblante ainsi qu'une anomalie de la hauteur avec une tendance à l'augmentation de la fréquence fondamentale. La dysprosodie, caractéristique la plus spécifique de la maladie de Parkinson, comprend une monotonie de la hauteur, une diminution de l'accentuation, des pauses inappropriées et une tachyphémie, c'est-à-dire des accélérations du débit. Enfin, les troubles articulatoires

résultent de transformations des consonnes occlusives et d'une omission de certaines voyelles (Viallet & Teston, 2007).

Par ailleurs, des symptômes non moteurs ont été rapportés dans la MP. Ils peuvent être classés dans trois catégories différentes : les manifestations dysautonomiques, psycho-cognitives et sensitivo-douloureuses (Azulay et al., 2015).

Différentes phases sont décrites dans l'évolution de la MP. La première phase, dite pré-symptomatique, comprend des symptômes non moteurs comme l'anosmie et les troubles du sommeil. S'ensuit la phase de diagnostic avec l'apparition des symptômes moteurs. Puis, l'individu rentre dans la phase, dite de « lune de miel », durant laquelle le traitement dopaminergique minore les symptômes. Enfin, la phase des fluctuations motrices se caractérise par une fluctuation des manifestations motrices et non motrices de la maladie (Moreau & Defebvre, 2015).

2.2. Perturbation du rythme dans la maladie de Parkinson

La dysprosodie est la manifestation la plus spécifique de la dysarthrie hypokinétique (Teston & Viallet, 2007). Elle s'exprime par des modifications dans le discours d'éléments prosodiques comme la mélodie, l'intensité, la durée et le rythme (Viallet & Teston, 2005). Dans le cadre de ce mémoire, nous nous intéressons spécifiquement à l'altération du rythme. Certains auteurs parlent de « dysrythmie généralisée » dans la MP. Celle-ci toucherait la production du rythme, dans tous les domaines moteurs, et la perception du rythme (Dalla Bella et al., 2017 ; Puyjarinet et al., 2019).

La MP entraîne une variabilité du rythme en production qui se répercute dans les différents domaines moteurs (Puyjarinet et al., 2019).

Dans le domaine de la parole, l'instabilité rythmique est causée par la modification de différents paramètres phonétiques et phonologiques. En effet, elle est caractérisée par une modification de la durée de la phonation des consonnes et des voyelles (Duez, 2009). La durée moyenne de phonation des consonnes non voisées est réduite de dix pour cent par rapport aux sujets contrôles. Celle des voyelles augmente légèrement. Malgré ces modifications, le rapport de durée entre les consonnes et les voyelles reste inchangé. Dans leur étude anglaise, Lowit et al. (2018) ont analysé, à l'aide de mesures rythmiques, les productions de personnes atteintes de MP et d'un groupe contrôle dans des tâches de parole spontanée, de lecture à voix haute et de diadococinésie. Le pourcentage de la durée des voyelles s'est avéré être une des mesures les plus sensibles. Les auteurs ont observé que ce pourcentage était supérieur dans la parole spontanée et la lecture pour les participants atteints de la MP par rapport au groupe contrôle. Une analyse phonétique serait nécessaire pour déterminer si ces modifications rythmiques sont liées à une instabilité ou une lenteur articulatoire. La dysrythmie parkinsonienne est aussi marquée par des pauses inadaptées dans le discours. Le nombre de pauses est réduit et la durée des pauses est allongée (Skodda & Schlegel, 2008). Néanmoins, la vitesse de parole a tendance à être augmentée (Skodda et al., 2010; Skodda & Schlegel, 2008). La MP entraîne aussi de nombreuses dysfluences, comme des difficultés d'initiation, des répétitions et des omissions, qui viennent perturber le rythme du discours (Duez, 2005 cité dans Teston & Viallet, 2007).

Dans leur description de la dysarthrie hypokinétique, Darley et al. (1975) (cités dans Pinto et al., 2010) décrivent la réduction de l'accentuation comme un marqueur principal de la dysprosodie. Néanmoins, à notre connaissance, peu d'études se sont intéressées au niveau prosodique de la

phrase intonative. Aucune étude au niveau du groupe accentuel dans la MP. Nous constatons également une absence d'étude à ces deux niveaux en français. En ce qui concerne l'accentuation des syllabes au niveau de la phrase intonative, il y aurait peu de différences entre des personnes atteintes de la MP et des personnes contrôles. Lowit et Kuschmann (2012) ont analysé, au niveau intonatif et acoustique, la parole spontanée de personnes atteintes de la MP et celle d'un groupe contrôle. Les mesures intonatives consistaient à faire un inventaire et à calculer la prévalence des accents et des limites accentuelles des phrases intonatives. Les mesures acoustico-phonétiques permettaient, entre autres, de mesurer le débit de parole et la variation de f_0 . Les auteurs ont mis en évidence qu'il y avait peu de différences entre les deux groupes au niveau des intervalles entre les syllabes accentuées. La population contrôle produit un accent toutes les 3.82 syllabes en moyenne et la population atteinte de la MP toutes les 3.42 syllabes en moyenne. Le nombre d'accents total est également proche pour les deux groupes. Bien qu'utilisant des mesures identiques, l'étude sur une tâche de lecture de Mennen et al. (2008) a relevé, au contraire, un nombre moins important d'accents chez les individus atteints de la MP par rapport au groupe contrôle. Les deux études ont observé que le groupe atteint de la maladie respecte la même structure intonative que le groupe contrôle mais que la longueur des phrases intonatives est réduite. Toutefois, il est important de souligner que ces deux études sont en langue anglaise et que le nombre de participants atteints de la MP est faible, huit pour Lowit et Kuschmann (2012) et deux pour Mennen et al. (2008).

Une altération du rythme a aussi été relevée en perception. Selon Kent et al. (2000), cette perturbation serait due à « un déficit de traitement de l'information sensorielle à l'origine d'une perturbation du «modèle interne» utilisé dans la réalisation des mouvements ». Ce déficit serait à l'origine de deux altérations majeures : une sous-estimation temporelle et un déficit de discrimination du rythme. En effet, Pastor et al. (1992) ont montré que les personnes atteintes de MP commettaient plus d'erreurs d'estimation temporelle verbale par rapport à des sujets contrôles. Les participants atteints de la MP avaient tendance à sous-estimer la durée de l'intervalle, exprimée en seconde (s) (3s, 9s ou 27s) entre deux stimuli visuels. De plus, les auteurs ont remarqué grâce à une tâche de reproduction d'intervalles de durée, que les participants atteints de la MP produisaient davantage d'intervalles qu'ils n'en percevaient. Smith et al. (2007) ont validé et extrapolé ces résultats en étudiant l'estimation temporelle sur des intervalles longs (1 à 5s) et courts (100 à 500ms) en modalité visuelle et auditive. La MP entraîne également des difficultés perceptives à discriminer des stimuli auditifs de fréquences ou d'amplitudes différentes (Troche et al., 2012).

Comme nous venons de le voir, la « dysrythmie » dans la MP touche la production ainsi que la perception et toutes deux sont corrélées. Dans la partie suivante, nous aborderons le lien entre la perception et la production de rythme pour introduire le paradigme de l'amorçage. Puis, nous présenterons des études d'amorçage rythmique et nous montrerons l'intérêt de ce paradigme dans la MP.

3. Interventions basées sur le rythme auditif

Les avancées de la recherche sur les mécanismes du rythme ont permis de développer plusieurs interventions basées sur le rythme auditif telles que la Stimulation Auditive Rythmique (SAR) et l'amorçage rythmique. Par ailleurs, la recherche en neurosciences s'est grandement appuyée sur la

SAR pour étudier les liens entre la perception d'un rythme et la production. C'est pourquoi, nous aborderons dans un premier temps la SAR puis les liens entre la perception d'un rythme et la production. Pour finir, nous détaillerons plus spécifiquement notre objet d'étude : l'amorçage rythmique.

3.1. La Stimulation Auditive Rythmique

La SAR consiste à synchroniser des mouvements, par exemple la marche, à un stimulus auditif rythmique. La stimulation peut correspondre aux battements d'un métronome et/ou à une séquence musicale (pour une revue, voir De Dreu et al., 2014). Thaut et al. (2001) ont mené une étude sur le paradigme de SAR auprès de vingt participants atteints de la MP avec une dysarthrie hypokinétique. Les auteurs ont proposé en pré-test une évaluation de la parole, une tâche de lecture de phrases sans rythme, un entraînement au tapotement digital, au comptage et à la lecture de phrases en synchronisation avec un métronome. Lors du post-test, les participants ont dû synchroniser leur lecture de phrases à un stimulus auditif rythmique. L'indication rythmique était soit isochrone, c'est-à-dire une pulsation sur chaque syllabe à intervalle régulier, soit asynchrone, c'est-à-dire des battements de différentes durées sur certaines syllabes indépendamment des éléments prosodiques de chaque phrase. Les auteurs ont aussi fait varier la vitesse de présentation des stimuli rythmiques. Le débit pouvait être celui de la parole, réduit de soixante pour cent par rapport au débit habituel de parole ou réduit de quatre-vingt pour cent. Ils ont demandé à des évaluateurs d'annoter les productions des participants afin d'établir un pourcentage de mots correctement produits. Les auteurs n'ont pas relevé de différence significative entre les indices rythmiques réguliers et irréguliers sur l'intelligibilité. Les stimuli rythmiques avec un débit semblable à la parole ou diminué de soixante pour cent ont permis d'augmenter l'intelligibilité. De manière générale, ils ont observé une augmentation significative de l'intelligibilité entre le pré-test (sans indice rythmique) et le post-test (avec indice rythmique) pour les participants avec une dysarthrie sévère (intelligibilité inférieure à soixante pour cent au pré-test). L'indication rythmique aurait donc un réel effet sur la parole dans la MP. Cette donnée nous permet d'étudier les mécanismes sous-jacents à la perception d'un rythme, que nous présentons dans le paragraphe ci-après.

3.2. Lien perception et production

Des études en imagerie cérébrale se sont intéressées aux zones neuronales activées lors de la perception de stimuli rythmiques auditifs. Celles-ci ont montré que la perception d'un rythme auditif ou d'une musique, après avoir activé les aires auditives primaires, active des aires motrices comme celles des ganglions de la base, du cervelet, du cortex pré-moteur et de l'Aire Motrice Supplémentaire (AMS) (pour une revue, voir Koshimori & Thaut, 2018). Ainsi, la perception d'un rythme auditif influence le système moteur.

Dans le système moteur, deux circuits principaux sont activés lors de la réalisation de mouvements rythmiques, comme la marche et la parole : le circuit cortico-baso-thalamo-cortical (CBTC) et le circuit cérébello-thalamo-cortical (CTC). La MP engendre une dégénérescence neuronale notamment au niveau du circuit moteur CBTC qui comprend les ganglions de la base (pour une revue, voir Koshimori & Thaut, 2018). Nous pouvons alors nous demander quels sont les mécanismes neuronaux permettant l'amélioration d'un mouvement grâce à l'écoute d'un rythme. A

ce sujet, des études en neuro-imagerie ont montré des connexions neuronales entre les ganglions de la base et le cervelet, à savoir entre les circuits CBTC et CTC. La première hypothèse serait qu'à l'écoute d'une SAR, la personne atteinte de la MP compenserait les déficits du circuit CBTC en utilisant le CTC. De plus, des connexions étroites existent également entre les ganglions de la base et le noyau pédonculopontin. Une autre hypothèse serait alors que la SAR améliore l'activité dopaminergique entre le noyau pédonculopontin et les ganglions de la base (pour une revue, voir Koshimori & Thaut, 2018). Étant donné que la SAR et l'amorçage rythmique sont tous deux basés sur un indiciage auditif rythmique, nous pouvons supposer que les mécanismes neuronaux décrits dans la revue de Koshimori et Thaut (2018) sont similaires pour les deux interventions.

3.3. Le paradigme de l'amorçage

Notre choix dans cette étude s'est porté sur un paradigme, encore peu étudié dans la littérature, celui de l'amorçage rythmique. Il consiste à faire écouter un stimulus auditif rythmique à un participant avant qu'il réalise une tâche, a contrario de la SAR pour laquelle les deux se font simultanément. Cette écoute passive d'un son nous a paru plus écologique que l'écoute active synchronisée proposée dans la SAR. Ces deux interventions se distinguent également dans la nature de leurs stimuli auditifs. Si l'indice auditif de la SAR peut être instrumental ou musical, celui de l'amorçage rythmique peut être aussi de nature langagière.

Dans le cadre de notre étude, nous allons définir ici les amorces auditives rythmiques de nature instrumentales et musicales. Przybylski et al. (2013) ont, par exemple, construit deux amorces musicales de 32 secondes. L'une des amorces avait une structure rythmique régulière, c'est-à-dire que les sons étaient présentés à intervalle régulier. L'autre amorce était irrégulière, c'est-à-dire que les sons étaient présentés à intervalle irrégulier. Une autre condition d'amorçage possible est la congruence ou non de la structure rythmique de l'amorce à celle de la cible. Par exemple, Cason et al. (2014) ont construit leurs amorces en faisant varier la durée et l'intensité de sons de percussion afin de les faire correspondre aux caractéristiques acoustiques des syllabes accentuées et inaccentuées. La structure rythmique de la séquence auditive, c'est-à-dire l'enchaînement des sons « accentués » et « inaccentués », était congruente ou non congruente à la structure métrique de la phrase cible à répéter.

Par ailleurs, notre étude nécessite aussi d'aborder les effets des amorces en perception puis en production.

L'effet de l'amorçage rythmique a été étudié dans des tâches de perception. Kotz et Gunter (2015) ont notamment montré, à travers une étude ElectroEncéphalographique (EEG), l'effet du rythme perceptif sur le traitement syntaxique et sémantique sur un sujet atteint de la MP de langue maternelle allemande. Durant l'étude, deux types d'amorces ont été présentés au participant : une amorce musicale avec une structure métrique (4/4), congruente à la structure métrique de la parole, et une amorce musicale avec une structure métrique (3/4), non congruente à la structure métrique de la parole. Suite à l'une de ces amorces, le participant devait juger correctes ou incorrectes des phrases au niveau sémantique et syntaxique. L'exposition à une structure métrique musicale qui correspond à celle de la parole améliore le traitement des informations sémantiques et syntaxiques dans la MP. Les auteurs suggèrent que l'amorce congruente augmente l'activation du circuit CBTC

ce qui permettrait de compenser les dysfonctions du circuit CBC présentes dans la MP. D'autres études ont également examiné les mécanismes neurocognitifs sous-jacents à l'effet de l'amorçage rythmique. Falk et al. (2017) ont notamment observé que l'écoute de l'indice régulier modifie la réponse neuronale à des fréquences critiques dans le stimulus de la parole. Dans leur étude, Canette et al. (2020) ont aussi retrouvé, après analyse de la composante P600, des amplitudes plus importantes après l'amorçage régulier.

De même, comme présenté dans les exemples ci-dessus, l'amorçage auditif a montré des effets bénéfiques sur la production de la parole dans plusieurs études. Une synthèse de ces études est présentée dans l'Annexe 1. Tout d'abord, une interaction au niveau cérébral a été mise en évidence lorsque l'amorce et la cible étaient régulières et congruentes. Ce constat a été possible grâce à une étude EEG et comportementale de Zhang et Zhang (2019). Les auteurs ont administré à trente sujets sains, parlant le mandarin, une amorce suivie d'une lecture de phrase. Les phrases cibles de la tâche avaient une structure rythmique régulière (2+2) ou irrégulière (1+3). A partir de la structure rythmique des phrases, ils ont conçu des amorces composées de quatre sons purs identiques. Trois sortes d'amorces ont été créées : l'amorce régulière (2+2), irrégulière (1+3) et aléatoire (voir la Figure 2). Les amorces et les phrases cibles ont été appariées de façon semi-aléatoire. Les amorces et les cibles pouvaient être alors congruentes, par exemple une amorce et une cible de structure 1+3. A l'inverse, elles pouvaient être incongruentes, par exemple une amorce de structure 1+3 et une cible de structure 2+2. Les résultats EEG ont mis en avant un effet de l'amorce régulière sur la cible lorsqu'elle aussi était régulière (condition congruente). Cependant, cet effet n'a pas été observé lorsque la cible était irrégulière. Les auteurs ont donc émis l'hypothèse que la structure métrique de l'amorce « contraint l'encodage grammatical et prosodique de la parole », ainsi le locuteur va construire « une représentation grammaticale et prosodique abstraite avant l'articulation ».

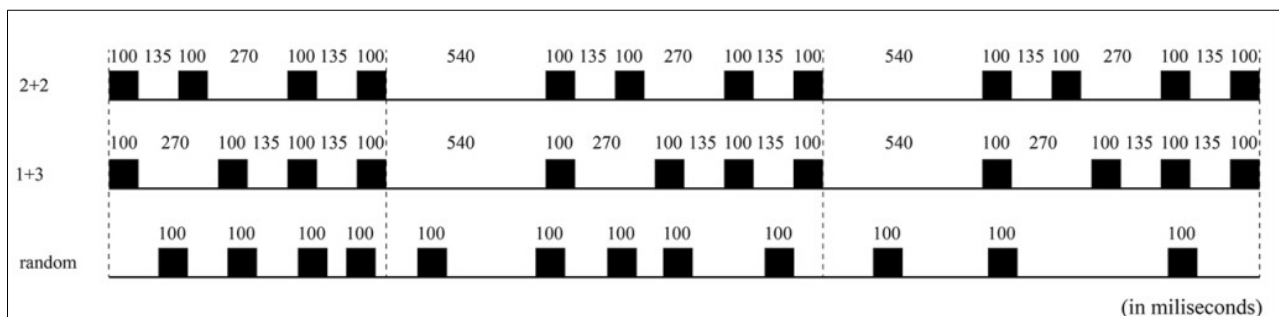


Figure 2. Figure adaptée de Zhang et Zhang (2019), structure de l'amorce auditive utilisée dans l'étude avant la production des phrases cibles.

Au niveau linguistique, l'amorçage rythmique régulier et congruent à la cible a montré des effets sur la précision phonologique dans la production de la parole. Cason et al. (2014) ont voulu évaluer cet effet auprès de quatorze enfants sourds appareillés de langue maternelle française. L'étude était composée d'une condition contrôle de répétition de phrases et d'une condition expérimentale d'amorçage rythmique suivie d'une répétition de phrases. Lors de la condition expérimentale, la phrase à répéter avait une structure rythmique congruente ou non à l'amorce. Les auteurs ont mesuré le pourcentage d'exactitude phonologique de la parole au niveau des voyelles, des consonnes, des syllabes et des mots. Les résultats ont mis en lumière une amélioration de la précision phonologique à tous les niveaux dans la condition congruente. Les résultats de l'étude

d'Aichert et al. (2019) vont dans le même sens que ceux de Cason et al. (2014). Les auteurs ont étudié l'effet de la régularité rythmique de l'amorçage en langue allemande sur 12 participants avec une apraxie de la parole, 12 participants avec une aphasie phonologique et 36 sujets sains. Ils ont administré une tâche de complétion de phrases aux participants. Le début de la phrase (amorce) et le mot cible avaient une structure rythmique régulière (mot trochaïque) ou irrégulière (mot iambique). Ils se sont intéressés au taux d'erreurs segmentales sur les mots et les syllabes, c'est-à-dire les erreurs phonologiques (substitutions, ajouts, élisions, assimilations) et les erreurs phonétiques (distorsions). Le taux d'erreurs segmentales était significativement plus faible lorsque les amorces et les cibles étaient rythmiquement régulières.

L'amorçage rythmique a aussi prouvé son efficacité dans une étude sur la MP. En effet, Späth et al. (2016) ont étudié l'impact d'un amorçage langagier sur la répétition (et lecture) de phrases chez dix participants atteints de la MP et dix participants contrôles. Dans un premier temps, les expérimentateurs présentaient, auditivement et à l'écrit, la phrase de l'amorce et celle de la cible. Dans un deuxième temps, ils présentaient seulement l'amorce, de manière auditive, et le participant devait répéter (et lire) la phrase cible. Les amorces et les cibles pouvaient avoir une structure métrique régulière avec seulement des mots trochaïques (exemple de structure métrique régulière : XxXxXxXx), ou avoir une structure métrique irrégulière avec une alternance de mots trochaïques et iambiques (exemple de structure métrique irrégulière : XxxXXxxX). Les amorces et les phrases cibles ont été appariées, créant quatre conditions expérimentales : (1) amorce régulière et cible régulière, (2) amorce régulière et cible irrégulière (3) amorce irrégulière et cible régulière, (4) amorce irrégulière et cible irrégulière. Les auteurs ont mesuré l'intervalle de durée entre les syllabes accentuées afin de savoir s'il y avait une synchronisation entre l'amorce et la production du participant. Ils ont également mesuré le temps de latence entre la fin de l'amorce et la réponse du participant. Les résultats ont révélé une meilleure synchronisation rythmique chez les participants atteints de la MP lorsque la cible avait une structure rythmique régulière. Ils sont donc capables de traiter et d'utiliser des indices rythmiques.

Dans cette partie, nous avons vu qu'il existait un lien entre la perception et la production de rythme. Ainsi, la perception d'un rythme chez une personne atteinte de la MP permettrait d'activer des circuits neuronaux compensatoires. De ce fait, l'attente temporelle créée par l'amorce régulière congruente à la cible permettrait aux individus atteints de la MP d'améliorer la perception et la production de la parole.

4. Buts et hypothèses

L'objectif général de l'étude était de mesurer l'effet de l'amorçage auditif rythmique sur la production de la parole dans la MP. Compte tenu du contexte sanitaire actuel, nous n'avons pas pu effectuer de passations. Dès lors, le but de notre travail a été de détailler précisément le paradigme de l'amorçage, le matériel expérimental, la méthodologie d'analyse des données, les résultats attendus et son intérêt dans la MP. L'objectif à long terme serait de développer une prise en charge de la maladie de Parkinson basée sur l'amorçage rythmique, si notre hypothèse concernant le bénéfice de ce type de méthode est validée.

Nos hypothèses sont les suivantes :

- La condition avec une amorce régulière congruente à la cible améliorerait la production de la parole dans la MP.
- La condition avec une amorce non congruente à la cible n'aurait pas d'effet ou un effet négatif sur la production de la parole dans la MP.
- La condition sans amorce n'aurait pas d'effet sur la production de la parole dans la MP.

Méthode

Notre méthodologie s'inspire d'études précédemment réalisées (ex. Späth et al., 2016; Zhang & Zhang, 2019). Nous avons, dans un premier temps, effectué un travail de recherche dans la littérature de façon à répertorier toutes les études portant sur les effets de l'amorçage rythmique en production. Ceci était une étape importante pour l'élaboration de notre protocole : choix du type d'amorces, mesures utilisées, caractéristiques du matériel linguistique, conditions, tâches proposées et analyse des résultats. Un Tableau récapitulatif est présenté dans l'Annexe 1.

1. Population

A terme, l'étude inclura trente participants atteints de la MP et trente sujets contrôles de langue maternelle française. Les participants atteints de la MP seront recrutés dans le service de neurologie du Centre Hospitalier Régional Universitaire (CHRU) par le Docteur Moreau. Des informations pour l'inclusion des participants seront récoltées par questionnaire concernant notamment le niveau d'étude, la pratique régulière ou non d'une activité musicale ainsi que la présence ou non d'un suivi orthophonique (cf. Annexe 2). Si les participants correspondent aux critères, un rendez-vous leur sera proposé pour la passation, lors duquel les bilans et l'expérience seront administrés. En amont de l'expérience, les capacités cognitives seront vérifiées à l'aide du test cognitif de screening Montreal Cognitive Assessment (MoCA) (Nasreddine et al., 2005). Par ailleurs, le seuil auditif sera évalué par une audiométrie tonale. La sévérité de la dysarthrie des participants sera déterminée avec la Batterie d'Evaluation Clinique des Dysarthries (BECD) (Auzou & Rolland-Monnoury, 2019). De plus, l'échelle de l'Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS) (Fahn & Elton, 1987) sera proposée aux personnes. Les participants devront répondre aux critères d'inclusion suivants :

- langue maternelle française
- état ON DRUG durant la passation
- diagnostic confirmé de MP remontant à 5-10 ans (stade des fluctuations motrices)
- présence de dysarthrie hypokinétique (score d'intelligibilité \leq 23/24 à la BECD)

Ainsi, les critères d'exclusion seront les suivants :

- trouble visuel non corrigé

- trouble auditif majeur (seuil auditif moyen supérieur ou égal à 40dB à 500Hz, 1000Hz et 2000Hz aux deux oreilles)
- trouble cognitif majeur (score inférieur à 22/30 au test du MoCA)
- difficultés en lecture
- stimulation cérébrale profonde
- autre atteinte neurologique

Les participants seront appariés en fonction de leur sexe, leur âge, leur seuil auditif, leur niveau d'éducation et leurs performances cognitives. Avant l'expérience, le consentement des participants sera recueilli par écrit.

2. Matériel

2.1. Matériel langagier

Les phrases utilisées dans notre étude pour la tâche de lecture sont issues du corpus Fharvard (Aubanel et al., 2020). Ce corpus est constitué de 700 phrases de 5 mots-clefs monosyllabiques ou dissyllabiques. Après l'annotation phonétique des phrases grâce au logiciel EasyAlign toolkit (Goldman, 2011), la fréquence de distribution des phonèmes a été vérifiée dans les mots-clefs. Les phrases ont été réparties dans dix listes différentes selon leur fréquence phonémique. La fréquence lexicale a été vérifiée mais la distribution dans les phrases n'a pas été contrôlée.

Certaines de ces phrases (180 phrases) ont été pré-sélectionnées et annotées par Aubanel et Schwartz (2020). L'annotation était basée sur l'enregistrement des phrases par un homme. Ils ont annoté deux niveaux hiérarchiques rythmiques différents : le niveau syllabique et le niveau du groupe accentuel (voir la Figure 3). Le niveau syllabique a pu être annoté grâce au calcul du P-center. Les P-centers correspondent au début de la perception des voyelles dans une syllabe simple consonne-voyelle et ils sont souvent avancés dans une syllabe complexe ou lorsque la voyelle est précédée d'une semi-voyelle. Du fait de la relation entre les niveaux hiérarchiques, les P-centers du niveau syllabique sont alignés aux syllabes accentuées du niveau du groupe accentuel. Le niveau du groupe accentuel a été annoté de façon perceptive et indépendante par trois annotateurs. Au final, 180 phrases ont fait l'objet d'un consensus dans l'annotation.

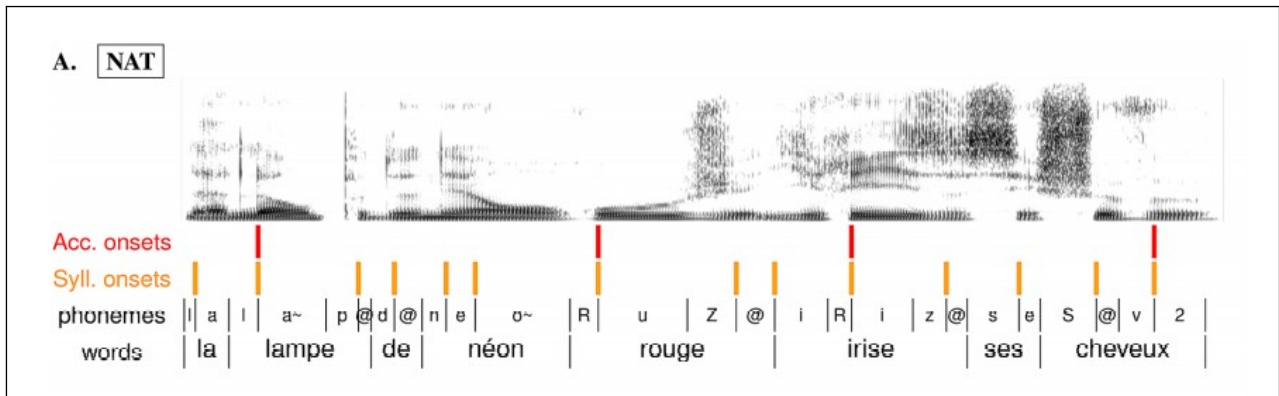


Figure 3. Exemple d’annotation des niveaux hiérarchiques rythmiques : les traits rouges correspondent au niveau du groupe accentuel et les traits jaunes au niveau syllabique (Figure adaptée de Aubanel et Schwartz, 2020).

Dans ce mémoire, nous sommes parties de cette sélection de 180 phrases. Nous avons élaboré l’arbre décisionnel de la Figure 4 afin de sélectionner notre matériel langagier parmi les phrases annotées. Il a permis de définir l’appariement des phrases de façon à avoir trois phrases ayant des caractéristiques similaires dans les trois conditions d’amorçage : congruente, non congruente et sans amorce. Nous avons obtenu 6 groupes de 3 phrases appariées et 3 groupes de 4 phrases appariées, soit un total de 30 phrases. Afin de sélectionner seulement trois phrases dans les groupes de quatre phrases, nous avons vérifié la fréquence des mots-clés de chaque phrase avec Lexique 3 (New & Pallier, 1999). Grâce au calcul de la moyenne des fréquences lexicales, nous avons pu sélectionner les trois phrases avec les fréquences les plus proches. En définitive, la sélection de phrases se compose donc de 9 groupes de 3 phrases appariées, soit un total de 27 phrases (cf. Annexes 3). Un exemple de trois phrases appariées est illustré Figure 5. Nous avons ajouté à cette sélection neuf phrases distractives conjuguées à l’impératif. Ces phrases sont issues du même corpus et servent à éviter l’effet d’habituation à une structure au moment de la passation.

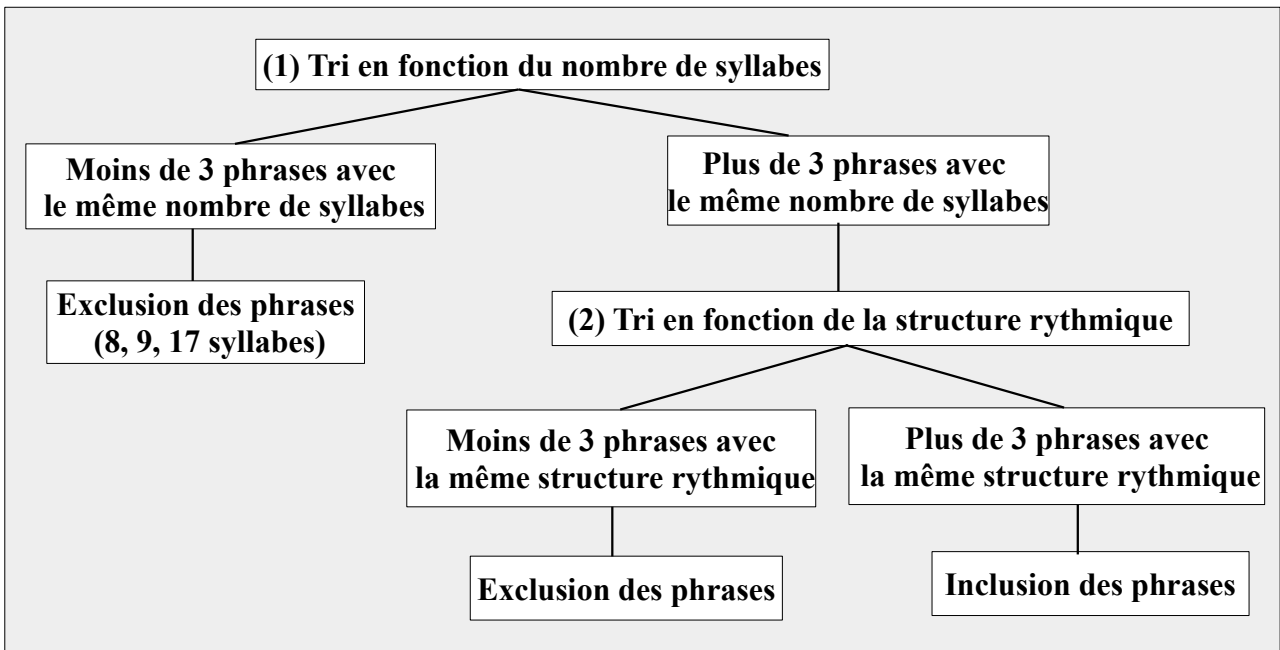


Figure 4. Arbre décisionnel pour l'appariement des phrases

	Nombre de syllabes	Structure rythmique
Le client propose un bon prix pour le lot.	10	. . X . X . . X . . X
Il prend tout son temps pour compter sa monnaie.		
Le jeune homme s'enfuit par la porte du cellier		

Figure 5. Exemple de trois phrases appariées en fonction du nombre de syllabes et de la structure rythmique : « . » et « X » représentent respectivement les syllabes inaccentuées et accentuées.

2.2. Matériel d'amorçage

Les amorces ont été créées à l'aide du logiciel Matlab (Moler, 1984). Les amorces étaient basées sur la structure rythmique de la phrase cible (cf. Annexe 3). La durée entre chaque son était de 200ms comme dans l'étude de Falk et al. (2017). Les sons accentués suivaient l'accentuation syllabique, par exemple si la deuxième syllabe de la phrase était accentuée à l'oral alors le deuxième son de l'amorce était accentué comme l'illustre la Figure 3. Les sons accentués avaient une fréquence de 1500 Hz. Les sons inaccentués avaient une fréquence de 1000 Hz. Les deux types de sons avaient une intensité de 70 dB. Pour la condition irrégulière, nous avons repris les mêmes neuf amorces, cependant elles étaient appariées avec des phrases de structure rythmique différente (condition non congruente). La condition sans amorce correspondait, quant à elle, à un silence de durée identique à l'amorce.

Notons qu'un casque audio ainsi qu'un microphone seront nécessaires pour proposer les amorces aux participants et récolter les productions. Des charlottes de protection seront ajoutées sur le microphone de façon à s'adapter au contexte sanitaire.

3. Procédure

En amont de l'expérimentation, les volontaires recevront une lettre d'information. S'ils correspondent aux critères de l'étude, nous leur proposerons un rendez-vous pour la passation. Lors de ce rendez-vous, ils répondront au questionnaire d'inclusion et signeront un formulaire de consentement. La MoCA (Nasreddine et al., 2005), les épreuves de la BECD (Auzou et Rolland-Monnoury, 2019), l'UPDRS (Fahn & Elton, 1987) ainsi que l'audiométrie tonale leur seront administrées.

La tâche proposée sera une lecture de phrase précédée ou non de l'écoute d'une amorce auditive. Trois blocs différents seront présentés aux participants. Dans chaque bloc, trois types d'amorces et trois listes de phrases seront distribuées de manière semi-aléatoire. Les blocs seront présentés intégralement, les uns à la suite des autres. Au sein des blocs, il y aura au moins un essai de type « expérience » entre deux essais de type « distracteur ». Les phrases seront réparties en trois listes différentes :

- Liste 1 : les premières phrases de chaque trio de phrases appariées
- Liste 2 : les deuxièmes phrases de chaque trio de phrases appariées
- Liste 3 : les troisièmes phrases de chaque trio de phrases appariées

Trois amorces différentes seront présentées :

- Amorces régulières congruentes (C)
- Amorces régulières non congruentes (NC)
- Sans amorce (S)

Par exemple, comme présenté dans la Figure 6, pour le participant 1, nous présenterons le bloc 1 avec les neuf phrases de la liste 1 avec l'amorce régulière congruente, puis nous présenterons le bloc 2 avec les neuf phrases de la liste 2 avec l'amorce régulière non congruente et enfin le bloc 3 avec les neuf phrases de la liste 3.

Participants	Ordre de présentation des listes de phrases	Ordre de la présentation des amorces	Présentation des blocs
1	1	C	Bloc 1 : liste 1 et C
	2	NC	Bloc 2 : liste 2 et NC
	3	S	Bloc 3 : liste 3 et S
2	1	C	Bloc 1 : liste 1 et C
	3	S	Bloc 2 : liste 3 et S
	2	NC	Bloc 3 : liste 2 et NC

Figure 6. Répartition aléatoire des phrases au sein des blocs : « C » correspond à la condition congruente, « NC » à la condition non congruente et « S » sans amorce.

Pour le déroulement de l'expérience, les participants seront équipés d'un casque audio. Le niveau sonore sera réglé à un niveau confortable pour le participant. Ils seront installés devant un écran d'ordinateur à une distance de 70 cm de l'écran. Un microphone serre-tête sera utilisé pour enregistrer les phrases produites. L'expérience débutera avec une phase d'entraînement pour aider le sujet à se familiariser avec la tâche. Il sera composé de trois phrases et trois conditions d'amorçage. La phase expérimentale se déroulera de la manière suivante pour les neuf phrases de chaque bloc :

1. Présentation de la consigne avant de débiter le bloc
2. Fixation d'une croix au centre de l'écran (500 ms)
3. Fixation de la croix pendant l'écoute de l'amorce
4. Affichage de la phrase à lire au centre de l'écran

Les stimuli seront présentés à l'aide du logiciel Octave et du Toolbox psychtoolbox.

4. Analyse de données

Afin de réaliser ces mesures, nous annoterons les fichiers recueillis en réalisant un découpage consonantique, vocalique et syllabique, en utilisant l'alphabet SAMPA, à l'aide du logiciel Praat (Boersma & Weenink, 2020), comme présenté Figure 7.

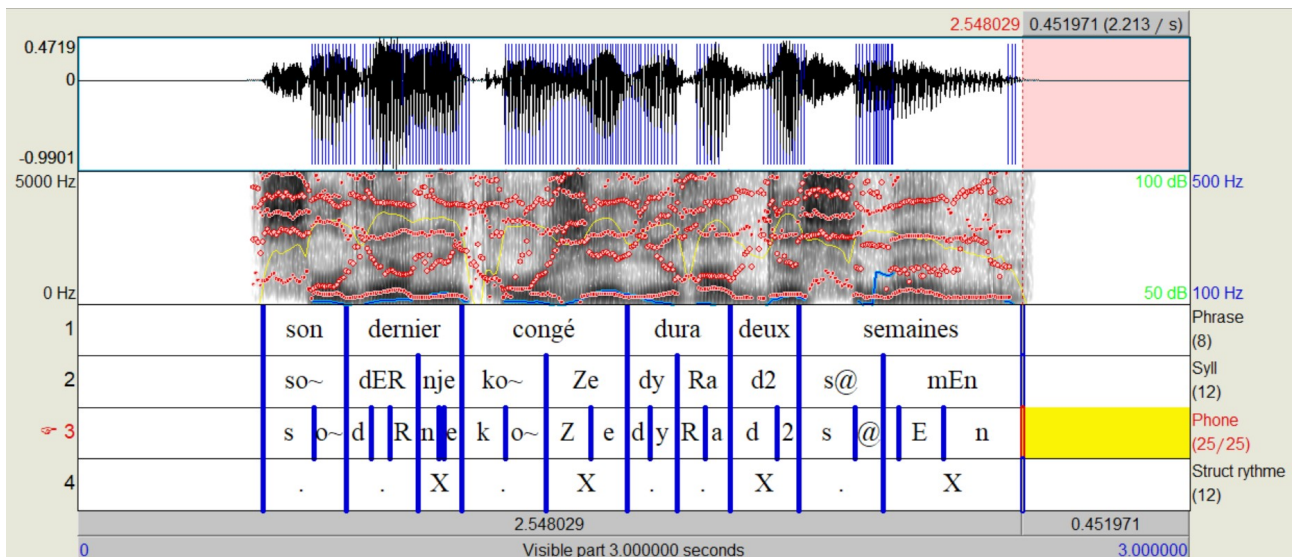


Figure 7. Découpage syllabique, phonémique et rythmique d'un son issu du corpus Fharvard, réalisé à l'aide du logiciel Praat (Boersma & Weenink, 2020). Au niveau de la structure rythmique, les « X » représentent les syllabes accentuées et les « . » les syllabes inaccentuées.

Dans ce mémoire, nous nous sommes axée sur l'analyse des durées des segments dans les productions, c'est-à-dire les consonnes, voyelles ou syllabes. Un autre mémoire a analysé la variabilité temporelle dans les productions des participants (Mahé, 2021).

Pour répondre à notre objectif d'analyse, nous avons sélectionné des mesures acoustiques basées sur la durée et issues de Liss et al. (2009) et de Lowit et al. (2018). Liss et al. (2009) ont utilisé douze mesures rythmiques pour effectuer une analyse de la parole de personnes avec et sans dysarthrie dans une tâche de lecture. Dans leur étude, Lowit et al. (2018) se sont basés sur les mêmes mesures afin de distinguer, d'un point de vue acoustique, la production de la parole de personnes atteintes de la MP à celle d'une population contrôle dans différentes tâches (lecture, parole spontanée, diadococinésie). Les six mesures choisies dans notre étude seront calculées automatiquement à l'aide du logiciel Correlatore (Mairano, 2009), à partir du fichier d'annotation, comme illustré dans l'exemple de la Figure 8. A ces mesures rythmiques, nous avons ajouté les calculs de la durée des syllabes accentuées, d'après Thies et al. (2020), et de l'intervalle inter-accentuel, inspiré de l'étude de Krivokapić (2013). Après une analyse perceptive et acoustique pour identifier les syllabes accentuées, les deux mesures seront calculées à l'aide du logiciel Praat (Boersma & Weenink, 2020). L'ensemble des mesures sélectionnées dans ce mémoire est détaillé dans le Tableau 1.

Standard segmentation:		Segmentation for CCI:		Rhythm metrics:			
FILE	f19_phone_co	FILE	f19_phone_co	FILE	f19_phone_correlatore		
c	135.24955673	c	135.24955673	intV	10		
v	88.069478802	v	88.069478802	intC	11		
c	66.052109102	c	66.052109102	pause	1		
v	50.325416458	v	50.325416458	Vmean	78.30417695428326		
ccc	147.00507136	ccc	147.00507136	Cmean	114.87569321202524		
v	46.826632008	v	46.826632008	Vperc	38.25922538062604	38.25922538062604	0 0.00
c	117.81709981	c	117.81709981	Vdev	24.52911195754304	24.52911195754304	0 0.00
v	109.40159268	v	109.40159268	Cdev	49.50191844932984	49.50191844932984	0 0.00
c	122.02485338	c	122.02485338	varcoV	31.325419551838213	31.325419551838213	0 0.
v	97.581502989	v	97.581502989	varcoC	43.091725555870646	43.091725555870646	0 0.
c	63.116303472	c	63.116303472	Vrpvi	23.577726078212503	23.577726078212503	0 0.
v	70.537942940	v	70.537942940	Crpvi	60.97787419547122	60.97787419547122	0 0.00
c	76.733431829	c	76.733431829	Vnpvi	29.877701307018885	29.877701307018885	0 0.
v	67.324057037	v	67.324057037	Cnpvi	56.37220003049745	56.37220003049745	0 0.00
c	126.23260694	c	126.23260694	Vcci	23.577726078212503	23.577726078212503	0 0.
v	60.119774896	v	60.119774896	Ccci	58.550363614898075	58.550363614898075	0 0.
c	151.47912833	c	151.47912833	--			
v	73.635687385	v	73.635687385				
c	43.480120170	c	43.480120170				
v	119.21968433	v	119.21968433				
c	214.44234418	c	214.44234418				
#	451.97058797	#	451.97058797				

Figure 8. Illustration du calcul des mesures, à partir du textgrid du son du corpus Fharvard de la Figure 7, à l'aide du logiciel Correlatore (Mairano, 2009). Les mesures dans le cadre rouge sont celles sélectionnées dans notre étude.

Tableau 1. Tableau récapitulatif des mesures rythmiques : les mesures en rouge sont issues de l'étude de Lowit et al. (2018).

%V	Pourcentage de la durée de l'énoncé composé d'intervalles vocaliques. Autrement dit, la somme des intervalles vocaliques divisée par la durée totale de l'énoncé x 100 (Ramus et al., 1999). La durée totale de l'énoncé correspond à la somme des intervalles vocaliques et consonantiques.
ΔV	L'écart-type de la durée des intervalles vocaliques dans chaque énoncé (Ramus et al., 1999).
ΔC	L'écart-type de la durée des intervalles consonantiques dans chaque énoncé (Ramus et al., 1999).
Varco V	Coefficient de variation des intervalles vocaliques. Il s'agit du rapport de l'écart type à la moyenne (Withe et Mattys, 2007).

Varco C	Coefficient de variation des intervalles consonantiques (Withe et Mattys, 2007).
Varco VC	Écart-type des intervalles vocalique et consonantique divisé par la durée moyenne vocalique et consonantique $\times 100$ (Liss et al., 2009).
Durée des syllabes accentuées	Temps du début moins temps final de la syllabe accentuée (Thies et al., 2020).
Intervalle entre les syllabes accentuées	Temps final de la première syllabe accentuée moins temps du début de la syllabe accentuée suivante (inspiré de Krivokapić, 2013).

Résultats

Afin de prédire les résultats des mesures des intervalles vocaliques et consonantiques (cf. mesures en rouge dans la Figure 6), nous nous sommes basée sur les résultats obtenus par Liss et al. (2009) et Lowit et al. (2018) (cf. Annexe 4). Pour la mesure de la durée des syllabes accentuées, nous pouvons prédire les résultats à partir de l'étude de Thies et al. (2020). En ce qui concerne l'intervalle de durée entre les syllabes accentuées, à notre connaissance, aucune étude n'analyse cette composante dans la MP. Nous ne pourrions donc pas prédire les résultats de cette mesure.

De manière générale, nous nous attendons aux résultats suivants pour chaque condition d'amorçage :

- (1) Pour la condition sans amorce, nous prédisons des résultats différents entre le groupe atteint de la MP et le groupe contrôle.
- (2) Pour la condition congruente, nous prédisons un effet bénéfique de l'amorce sur la cible. Nous nous attendons donc à ce que les résultats des participants atteints de la MP se rapprochent de ceux des participants contrôles.
- (3) Pour la condition non congruente, nous nous attendons à une absence d'effet ou un effet

négatif de l'amorce sur la cible. Les résultats pourraient donc être identiques ou altérés par rapport à la condition sans amorce.

Nous allons ici présenter pour chaque mesure les résultats attendus dans la condition sans amorce pour les deux groupes et dans la condition congruente pour les participants atteints de la MP :

- Dans la condition sans amorce, nous nous attendons à un pourcentage de l'énoncé composé d'intervalles vocaliques (%V) supérieur chez les participants atteints de la MP par rapport au groupe contrôle (Lowit et al., 2018). Pour la condition congruente, nous prédisons une diminution du pourcentage vocalique dans le groupe atteint de la MP (Lowit et al., 2018).
- En ce qui concerne l'écart-type de la durée des intervalles vocaliques (ΔV), nous nous attendons à ce qu'il soit supérieur pour le groupe atteint de la MP par rapport au groupe contrôle dans la condition sans amorce (Liss et al., 2009). Nous prédisons donc une diminution de cette mesure pour les participants atteints de la MP dans la condition avec amorçage congruent (Liss et al., 2009).
- Pour l'écart-type de la durée des intervalles consonantiques (ΔC), nous nous attendons à ce qu'il soit légèrement supérieur pour le groupe atteint de la MP par rapport au groupe contrôle dans la condition sans amorce (Lowit et al., 2018). Une légère diminution de ΔC est attendue pour le groupe atteint de la MP dans la condition congruente (Lowit et al., 2018).
- A propos du coefficient de variation des intervalles vocaliques (Varco V), nous nous attendons à ce qu'il soit inférieur pour le groupe atteint de la MP par rapport au groupe contrôle dans la condition sans amorce (Liss et al., 2009). Dans la condition congruente, nous prédisons une augmentation de Varco V pour le groupe atteint de la MP.
- Pour le coefficient de variation des intervalles consonantiques (Varco C), nous nous attendons à ce qu'il soit légèrement supérieur chez les participants atteints de la MP par rapport au groupe contrôle dans la condition sans amorce (Lowit et al., 2018). Dans la condition congruente, nous pourrions observer une légère diminution de cette mesure chez les participants atteints de la MP (Lowit et al., 2018).
- Pour le coefficient de variation des intervalles vocaliques et consonantiques (Varco VC), nous nous attendons à ce qu'il soit légèrement inférieur pour le groupe atteint de la MP par rapport au groupe contrôle dans la condition sans amorce (Liss et al., 2009). Il pourrait donc augmenter légèrement pour le groupe atteint de la MP dans la condition congruente.
- Concernant la durée des syllabes accentuées, nous ne nous attendons à aucune différence significative dans la condition sans amorce et congruente (Thies et al., 2020).
- Pour la mesure de l'intervalle entre les syllabes accentuées, comme indiqué précédemment, nous ne pouvons pas prédire les résultats dans les deux conditions.

Bien que les études précédentes nous permettent de faire des prévisions, il est possible que les effets observés diffèrent de ceux attendus puisqu'il s'agit d'un protocole expérimental qui n'a

encore jamais été appliqué. Enfin, nous devons prendre en compte l'effet attentionnel que peut avoir l'amorce auditive. La présentation de l'amorce pourrait augmenter l'attention des participants sur la tâche et améliorer ainsi leurs performances dans les conditions d'amorçage par rapport à la condition sans amorce. Le simple fait de percevoir un stimulus auditif pourrait recentrer l'attention par le mécanisme bottom up (Merve Kaya & Elhilali, 2014).

Discussion

Dans cette discussion, nous détaillerons les limites de notre étude puis nous poursuivrons avec des pistes de réflexion.

1. Limites de l'étude

Quelques limites à propos du matériel sont à souligner. Lors de la création des amorces, nous avons fait le choix de présenter les sons à un intervalle de 200ms. Les amorces sont donc isochrones, c'est-à-dire qu'elles sont présentées à intervalle régulier. Un autre choix aurait pu être de respecter la structure rythmique quasi-isochrone de la parole. Pour cela, nous aurions pu utiliser les intervalles entre les P-centers des phrases pour déterminer les intervalles entre les sons des amorces. En effet, dans leur étude, Aubanel et Schwartz (2020) ont montré qu'un individu a plus de facilités à traiter la parole naturelle par rapport à un signal de parole rendu isochrone. Néanmoins, à notre connaissance, aucune étude ne compare le traitement des stimuli musicaux isochrones et quasi-isochrones. Nous ne pouvons donc pas savoir si l'isochronie de nos amorces peut influencer nos résultats.

Dans notre étude, nous avons pu apparier 27 phrases parmi les 180 phrases d'Aubanel et Schwartz (2020). Nous avons sélectionné ce nombre de phrases dans le cadre de notre protocole expérimental. Cet échantillon est néanmoins insuffisant. Dans la perspective d'une future étude, le corpus pourrait être composé d'environ 60 phrases (Späth et al., 2016).

Des limites sur la tâche en lecture ont aussi été observées. En effet, la tâche de lecture entraînerait un biais au niveau des performances langagières des participants atteints de la MP. Comme présenté précédemment, Lowit et al. (2018) ont effectué une analyse rythmique d'énoncés produits, lors d'une tâche de lecture et en parole spontanée, par des participants atteints de la MP et des participants contrôles. Pour le groupe atteint de la MP, les auteurs ont observé de meilleurs résultats en tâche de lecture par rapport à la parole spontanée. Ce qui signifie que la tâche de parole spontanée reflète davantage les difficultés rythmiques présentes dans la MP. L'utilisation d'une tâche de parole spontanée dans notre étude permettrait donc de mieux rendre compte des performances rythmiques des participants et de l'effet de l'amorçage sur la parole. Cependant, ce type de tâche semble difficilement envisageable dans une étude comme la nôtre. Étant donné que la structure rythmique en parole spontanée varie d'une phrase à l'autre, il ne nous semble pas possible de réaliser une amorce congruente pour une tâche de parole spontanée.

En ce qui concerne les limites de notre procédure, nous avons choisi de présenter l'intégralité d'un bloc de phrases avec une même condition d'amorçage. Afin d'éviter l'effet d'habituation, nous

avons introduit une phrase distractive après trois phrases successives du bloc. Néanmoins, nous pouvons nous demander si cela sera suffisant pour éviter l'effet d'habituation. A l'instar de l'étude de Zhang et Zhang (2019), nous aurions pu panacher les phrases et les conditions de sorte à ne pas avoir la même condition plus de trois fois consécutives.

Certains biais sont à noter concernant l'analyse des données. Les mesures sélectionnées dans notre étude sont issues d'études en langue anglaise et allemande (Liss et al., 2009 ; Lowit et al., 2018 ; Thies et al., 2020). Ces langues ont des caractéristiques rythmiques différentes du français. Néanmoins, comme indiqué précédemment, à notre connaissance, aucune étude en français ne porte sur la production des groupes accentuels dans la MP. Il est donc possible que les résultats obtenus dans notre mémoire soient différents de ceux observés dans la littérature. Il est aussi intéressant de s'interroger sur les tâches utilisées dans les études sur lesquelles nous nous basons pour prédire nos résultats. En effet, comme indiqué précédemment, les performances rythmiques des participants atteints de MP peuvent varier suivant les tâches (ex. en tâche de parole spontanée et en tâche de lecture). Les études de Lowit et al. (2018) et de Liss et al. (2009) contenaient toutes deux une tâche de lecture de phrases, ce qui renforce la puissance prédictive de nos résultats. En revanche, l'étude de Thies et al. (2020) portait sur une tâche de questions/réponses. Cette différence entre cette tâche et la tâche de notre étude entraîne donc un biais dans la prédictibilité des résultats. Les mesures de Lowit et al. (2018) (%V, ΔC , Varco C), utilisées pour nos résultats attendus, étaient toutes significatives pour différencier le groupe atteint de la MP et le groupe contrôle, dans la tâche de lecture. Le %V était la mesure la plus significative pour prédire le groupe. Les autres mesures sont peu discriminantes, par exemple le Varco C moyen pour le groupe MP est de 56 et l'écart-type de 4.4 ; le Varco C moyen pour le groupe contrôle est de 55 et l'écart-type de 4.3 (Annexe 4). Afin de prédire nos résultats, nous nous sommes aussi appuyée sur les données obtenues par Liss et al. (2009). Toutes leurs mesures (ΔV , Varco V, Varco VC) se sont révélées significatives pour différencier les groupes entre eux. En ce qui concerne nos deux dernières mesures, comme nous l'avons indiqué dans la partie résultats, l'une n'était pas significative et l'autre n'était pas prédictive en se basant sur la littérature. Compte tenu de ces différentes limites, nous ne pouvons pas garantir ces résultats dans notre étude.

2. Futures perspectives

Une perspective possible de cette étude serait d'ajouter des mesures phonétiques aux mesures phonologiques sélectionnées. Beaucoup d'études sur la prosodie portent sur les mesures phonétiques et peu sur les mesures phonologiques. Néanmoins, il serait intéressant d'utiliser ces deux types de mesures afin de déterminer la nature des modifications rythmiques (Lowit et Kuschmann, 2012). Cela permettrait de savoir si l'amorce a un effet sur l'organisation rythmique des syllabes accentuées ou inaccentuées (phonologie) et/ou sur la réalisation acoustique de ces syllabes (phonétique). Dans leurs études, Lowit et Kuschmann (2012) et Mennen et al. (2008) ont utilisé ces deux types de mesures pour analyser les différents aspects de l'intonation dans la MP. Grâce à ces mesures, Mennen et al. (2008) n'ont pas observé de différence au niveau phonologique mais des différences au niveau phonétique dans la production de parole des personnes atteintes de la MP.

Il serait intéressant de mesurer la corrélation entre le degré de la dysarthrie et l'effet de

l'amorçage rythmique sur la production de la parole. Nous pouvons émettre l'hypothèse que l'amorçage rythmique aurait plus d'effet sur les personnes ayant une dysarthrie sévère. En effet, dans leur étude sur la SAR associée à une tâche de lecture, Thaut et al. (2001) se sont intéressés à l'amélioration de l'intelligibilité en fonction du degré de dysarthrie chez des personnes atteintes de la MP. Ils ont observé une augmentation significative de l'intelligibilité chez les individus ayant une dysarthrie sévère après la SAR avec des rythmes réguliers et irréguliers. L'augmentation de l'intelligibilité était non significative pour les personnes avec une dysarthrie modérée. Aucune augmentation n'a été constatée pour ceux avec une dysarthrie légère. La SAR amène donc davantage d'amélioration lorsque la dysarthrie est sévère. A notre connaissance, cette corrélation entre l'indiçage rythmique et la production de parole n'a pas encore été étudiée dans les travaux sur l'amorçage rythmique. Par conséquent, il serait intéressant de prendre en compte le degré de dysarthrie dans de futures études. Compte tenu des similarités entre les paradigmes de SAR et d'amorçage rythmique, nous pouvons nous attendre à des résultats similaires. Néanmoins, nous pouvons aussi supposer qu'un patient très avancé dans la maladie peut avoir une altération des mécanismes neuronaux compensatoires activés dans l'amorçage rythmique. Le cas échéant, les résultats attendus pour des personnes avec une dysarthrie sévère pourraient être inférieurs à ceux des personnes avec une dysarthrie modérée.

Dans des études sur l'amorçage rythmique, certains auteurs ont souhaité vérifier, avant leur expérience, les capacités des participants à percevoir un rythme auditif (Aichert et al., 2019 ; Späth et al., 2016). En amont d'une tâche de répétition de phrases, Späth et al. (2016) ont voulu mesurer les capacités de discrimination de séquences auditives rythmiques des participants. Le but était de s'assurer que tous les participants soient capables de percevoir les différences de rythme des amorces de la tâche. Ils ont alors créé 32 paires de stimuli auditifs rythmiques à partir de la structure métrique des amorces langagières. Les stimuli étaient donc constitués d'un enchaînement de sons accentués et inaccentués. Ces sons étaient organisés de sorte à correspondre à la structure des amorces régulières et irrégulières. Une séquence auditive rythmiquement régulière pouvait par exemple avoir la structure suivante : XxXxXxXx ; et celle irrégulière pouvait avoir la structure suivante : XxxXXxxX. Les X représentent les sons accentués et les x correspondent aux sons inaccentués. Les auteurs ont également fait varier la fréquence fondamentale (f_0) et le débit entre les paires de séquences auditives pour s'assurer que les participants puissent les discriminer dans différents contextes. Cette tâche de pré-test consistait à écouter des paires de séquences auditives et à juger si celles-ci avaient une structure rythmique similaire ou différente. Les auteurs ont observé qu'il n'y avait pas de différence majeure entre les résultats des participants atteints de la MP et ceux des participants contrôles. Ils ont alors jugé que tous les participants seraient aptes à discriminer les rythmes dans la tâche de l'expérience de répétition de phrases. Il serait intéressant d'intégrer une tâche de discrimination, semblable à celle de Späth et al. (2016), dans de futures études afin d'inclure ou d'exclure des participants. Les résultats en discrimination pourraient également être mis en corrélation avec les résultats en production de parole comme dans l'étude de Puyjarinet et al. (2019). Dans leur étude, les auteurs ont notamment pu montrer un effet prédictif des performances en discrimination de séquences auditives rythmiques sur les performances en répétition de pseudo-mots. Il serait pertinent d'étudier cet effet dans une future étude sur l'amorçage rythmique. Nous pourrions alors déterminer un score seuil en discrimination à partir duquel les participants ne seraient plus capables de bénéficier de l'effet de l'amorçage.

Dans notre étude, nous observons les effets de l'amorce rythmique congruente sur le court terme. Il serait intéressant d'étudier ces effets sur du long terme dans un but clinique. Nous pourrions notamment nous interroger sur le nombre de présentations nécessaire pour espérer un transfert en parole spontanée. Nous pourrions aussi nous demander combien de temps après la présentation les bénéfices sont encore observables. A ce jour, aucune étude sur le sujet n'a été publiée pour ce paradigme mais des données sont présentes à ce propos pour le paradigme de la SAR. En effet, dans leur revue de littérature, De Dreu et al. (2014) montrent l'effet à long terme de la SAR sur la marche. Une période d'entraînement d'environ trois semaines serait nécessaire pour obtenir une amélioration de la marche pendant la SAR et un transfert dans le quotidien. Les améliorations pourraient s'altérer au bout de six semaines post-entraînement. Néanmoins, aucun consensus sur le temps et le contenu de l'entraînement n'a été établi à l'heure actuelle.

3. Implications pour la pratique orthophonique

Le paradigme de l'amorçage rythmique pourrait avoir un réel intérêt en clinique pour la prise en soin des patients atteints de la MP. En effet, les traitements dopaminergiques ont peu de retentissement sur les troubles de la parole présents dans la MP (Brabenec et al. , 2017). Au niveau de la rééducation, la méthode Lee Silverman Voice Treatment (LSVT) (Ramig et al., 2001) a montré une efficacité supérieure aux méthodes traditionnelles sur la dysarthrie hypokinétique. L'entraînement ciblé sur l'intensité vocale permet aussi d'améliorer la qualité de la voix, l'articulation, l'intelligibilité et la prosodie (Viallet, 2015). Ce programme d'entraînement a montré une amélioration des paramètres acoustiques comme la fréquence (Ramig et al., 2001). Néanmoins, à notre connaissance, aucune donnée de la littérature n'observe son efficacité sur des phénomènes phonologiques comme le rythme et l'accentuation. Si l'amorçage rythmique montre son efficacité sur la parole des personnes atteintes de la MP, il pourrait alors enrichir les rééducations actuelles.

Conclusion

Notre étude portait sur la conception d'un protocole visant à montrer l'effet de l'amorçage rythmique sur la parole dans la MP. Nous avons créé un protocole basé sur le paradigme de l'amorçage rythmique et présenté la méthodologie d'analyse. Cette méthodologie sera utilisée dans de futures études.

Pour élaborer notre protocole, nous avons créé une tâche de lecture de phrases. Trois conditions d'amorçage sont prévues : congruente, non congruente et sans amorce. Pour la condition congruente, nous avons créé des amorces avec des structures accentuelles similaires à celles des phrases appariées. La condition non congruente était, quant à elle, constituée d'une amorce avec une structure accentuelle différente de celle de la phrase. Pour finir, la condition sans amorce correspondait à un silence de durée identique à l'amorce. A propos de l'analyse des données, nous avons choisi de mesurer la durée des segments afin de déterminer l'effet de l'amorce sur la structure rythmique dans les productions des personnes atteintes de la MP. Certaines des mesures portent sur la durée des segments vocaliques et consonantiques. D'autres évaluent la durée des syllabes accentuelles et les intervalles entre celles-ci.

En nous basant sur la littérature, nous avons décrit les résultats auxquels nous nous serions

attendue si nous avons obtenu des enregistrements. Suite à la comparaison des données des deux groupes dans la condition sans amorce, nous pourrions étudier la différence entre les groupes. Ensuite, en comparant les données dans le groupe atteint de la MP pour les conditions congruentes et non congruentes, nous pourrions tester un effet bénéfique de l'amorçage régulier congruent sur la cible. A l'inverse, nous nous attendrions à une absence d'effet ou à un effet négatif de l'amorçage non congruent sur la cible. Enfin, les résultats du groupe atteint de la MP devraient rejoindre ceux du groupe contrôle dans la condition d'amorçage congruent. L'amorce rythmique devrait donc améliorer la production de la structure rythmique des phrases chez les participants atteints de la MP.

Notre étude a permis de détailler le paradigme de l'amorçage, le matériel expérimental, la méthodologie, l'analyse des données et les résultats attendus. Il serait intéressant de poursuivre cette étude en prenant en compte les limites méthodologiques indiquées en haut. À long terme, l'objectif serait d'étudier l'efficacité de l'amorçage rythmique congruent dans la prise en soin orthophonique.

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, 3104-3118.
- Astésano, C., & Bertrand, R. (2016). Accentuation et niveaux de constituance en français : Enjeux phonologiques et psycholinguistiques. *Langue française*, 191(3), 11-30.
- Auzou, P., & Rolland-Monnoury, V. (2019). BECD. Batterie d'Évaluation Clinique de la Dysarthrie. OrthoEdition.
- Aubanel, V., Bayard, C., Strauß, A., & Schwartz, J.-L. (2020). The Fharvard corpus : A phonemically-balanced French sentence resource for audiology and intelligibility research. *Speech Communication*, 124, 68-74.
- Aubanel, V., & Schwartz, J.-L. (2020). The role of isochrony in speech perception in noise. *Scientific Reports*, 10(19580).
- Azulay, J.-P., Witjas, T., & Defebvre, L. (2015). Signes non moteurs. Dans L. Defebvre & M. Vérin (dirs), *La maladie de Parkinson* (p. 69-81.e3). Elsevier.
- Brabenec, L., Mekyska, J., Galaz, Z., & Rektorova, I. (2017). Speech disorders in Parkinson's disease : Early diagnostics and effects of medication and brain stimulation. *Journal of Neural Transmission*, 124(3), 303–334.
- Boersma, P., & Weenink, D. 2020. *Praat: doing phonetics by computer* [logiciel]. (Version 6.1.42), <http://www.praat.org/>.
- Canette, L.-H., Fiveash, A., Krzonowski, J., Corneyllie, A., Lalitte, P., Thompson, D., Trainor, L., Bedoin, N., & Tillmann, B. (2020). Regular rhythmic primes boost P600 in grammatical error processing in dyslexic adults and matched controls. *Neuropsychologia*, 138, 107324.
- Cason, N., Astésano, C., & Schön, D. (2015). Bridging music and speech rhythm : Rhythmic priming and audio–motor training affect speech perception. *Acta Psychologica*, 155, 43-50.
- Cason, N., Hidalgo, C., Isoard, F., Roman, S., & Schön, D. (2014). Rhythmic priming enhances speech production abilities : Evidence from prelingually deaf children. *Neuropsychology*, 29(1), 102-107.

- Chern, A., Tillmann, B., Vaughan, C., & Gordon, R. L. (2018). New evidence of a rhythmic priming effect that enhances grammaticality judgments in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 173, 371-379.
- Chrysostome, V., & Tison, F. (2015). Épidémiologie. Dans L. Defebvre & M. Vérin (dirs), *La maladie de Parkinson* (p. 1-5.e2). Elsevier.
- CyLog Software. (2007). *ToolBox* (Version 2.67) [logiciel].
- 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*, 23, 67-211.
- Dalla Bella, S., Benoit, C.-E., Farrugia, N., Keller, P. E., Obrig, H., Mainka, S., & Kotz, S. A. (2017). Gait improvement via rhythmic stimulation in Parkinson's disease is linked to rhythmic skills. *Scientific Reports*, 7(1), 42005.
- De Dreu, M., Kwakkel, G. & Van Wegen, E. (2014). Rhythmic Auditory Stimulation (RAS) in Gait Rehabilitation for Patients with Parkinson's Disease : A Research Perspective. Dans M. Thaut & V. Hoemberg (dirs). *Handbook of neurologic music therapy*. Oxford University Press.
- Defebvre, L. (2017). Les nouveaux critères diagnostiques de maladie de Parkinson. *Pratique Neurologique - FMC*, 8, 3-7.
- De Guire Ouellet, S., Letanneux, A., Champagne-Lavau, M., & Pinto, S. (2012). Parole et langage dans la maladie de Parkinson : Études en neuro-imagerie fonctionnelle. *Revue française de linguistique appliquée*, XVII(2), 19.
- Derkinderen, P., & Damier, P. (2015). Étiopathogénie. Dans L. Defebvre & M. Vérin (dirs), *La maladie de Parkinson* (p. 13-19.e2). Elsevier.
- Delais-Roussarie, E., Post, B., Avanzi, M., Buthke, C., Di Cristo, A., Feldhausen, I., Jun, S-A., Martin, P., Meisenburg, T., Rialland, A., Sichel-Bazin, R., & Yoo, H. (2015). Dans S. Frota & P. Prieto (dirs). *Intonation in romance* (pp.63-100). Oxford University Press.
- Dorsey, E. R., Elbaz, A., Nichols, E., Abd-Allah, F., Abdelalim, A., Adsuar, J. C., Ansha, M. G., Brayne, C., Choi, J.-Y. J., Collado-Mateo, D., Dahodwala, N., Do, H. P., Edessa, D., Endres, M., Fereshtehnejad, S.-M., Foreman, K. J., Gankpe, F. G., Gupta, R., Hankey, G. J., ... Murray, C. J. L. (2018). Global, regional, and national burden of Parkinson's disease, 1990–2016 : A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet Neurology*, 17(11), 939-953.
- Duez, D. (2009). Segmental Duration in Parkinsonian French Speech. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 61(4), 239-246.
- Fahn, S. et Elton, RL. (1987). UPDRS Development Committee. The Unified Parkinson's Disease

Rating Scale. Dans S. Fahn, C.D. Marsden, D.B. Calne et M. Goldstein (dir.) *Recent Developments in Parkinson's Disease* (2e éd., p. 293-304). Florham Park, New Jersey, 32 United States : Macmillan Healthcare Information.

Falk, S., Lanzilotti, C., & Schön, D. (2017). Tuning Neural Phase Entrainment to Speech. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 29(8), 1378-1389.

Goldman, J.-Ph. (2011). *EasyAlign: an automatic phonetic alignment tool under Praat* Proceedings of InterSpeech [logiciel]. Firenze. <http://latlcui.unige.ch/phonetique/easyalign.php>

Hidalgo, C., Falk, S., & Schön, D. (2017). Speak on time ! Effects of a musical rhythmic training on children with hearing loss. *Hearing Research*, 351, 11-18.

Inserm. Maladie de Parkinson. Consulté le 20 mars 2020 sur <https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/parkinson-maladie>

Eaton, J. W. (2020). *Octave* (Version 4.2.1) [logiciel].

Jones, M. R., & Boltz, M. (1989). Dynamic Attending and Responses to Time. *Psychological Review*, 96 (3), 459-491.

Jun, S.-A., & Fougeron, C. (2002). Realizations of accentual phrase in French intonation. *Probus*, 14, 147-172.

Kent, R. D., Kent, J. F., Weismer, G., & Duffy, J. R. (2000). What dysarthrias can tell us about the neural control of speech. *Journal of Phonetics*, 28(3), 273-302.

Koshimori, Y., & Thaut, M. H. (2018). Future perspectives on neural mechanisms underlying rhythm and music based neurorehabilitation in Parkinson's disease. *Ageing Research Reviews*, 47, 133-139.

Kotz, S.A., Ravignani, A., & Fitch, W. T. (2018). The Evolution of Rhythm Processing. *Trends in Cognitive Sciences*, 22(10), 896-910.

Kotz, Sonja A., & Gunter, T. C. (2015). Can rhythmic auditory cuing remediate language-related deficits in Parkinson's disease? : Rhythmic auditory cuing and language. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1337, 62-68.

Krivokapić, J. (2013). Rhythm and convergence between speakers of American and Indian English. *Laboratory Phonology*, 4(1): 39–65.

Liss, J. M., White, L., Mattys, S. L., Lansford, K., Lotto, A. J., Spitzer, S. M., & Caviness, J. N. (2009). Quantifying Speech Rhythm Abnormalities in the Dysarthrias. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 52(5), 1334-1352.

- Lowit, A., & Kuschmann, A. (2012). Characterizing Intonation Deficit in Motor Speech Disorders : An Autosegmental–Metrical Analysis of Spontaneous Speech in Hypokinetic Dysarthria, Ataxic Dysarthria, and Foreign Accent Syndrome. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 55(5), 1472-1484.
- 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, 26-39.
- Mariano, P. & Romano, A. (2010). Correlatore (Version 2.3.4) [logiciel].
- Mahé, C. (2021). *Le rôle de l'amorçage rythmique sur la production de la parole dans la maladie de Parkinson : Protocole expérimental et analyse basée sur la variabilité temporelle des segments* [Mémoire, Université de Lille]. Pépites.
- Mennen, I., Schaeffler, F., Watt, N., & Miller, N. (2008). An Autosegmental-Metrical Investigation of Intonation in People with Parkinson's Disease. *Asia Pacific Journal of Speech, Language and Hearing*, 11(4), 205-219.
- Kaya, E. M., & Elhilali, M. (2014). Investigating bottom-up auditory attention. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8.
- Moler, C. (1984) Matlab (version R2021a). [logiciel].
- Moreau, C., & Defebvre, L. (2015). Signes moteurs. Dans L. Defebvre & M. Vérin (dirs), *La maladie de Parkinson* (p. 55-68.e2). Elsevier.
- Nasreddine, Z.S., Phillips, N.A., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., Cummings, J.L. et Chertkow, H. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA : a brief screening tool for mild cognitive impairment. *J Am Geriatr Soc*, 53(4), 695-699
- New, B., Pallier, C. (1999) Lexique 3.83 [base de données]. INSERM.
- Pastor, M. A., Artieda, J., Jahanshahi, M., & Obeso, J. A. (1992). Time estimation and reproduction is abnormal in Parkinson's disease. *Brain*, 115, 211-225.
- Pinto, S., 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.
- Przybylski, L., Bedoin, N., Krifi-Papoz, S., Herbillon, V., Roch, D., Léculier, L., Kotz, S. A., & Tillmann, B. (2013). Rhythmic auditory stimulation influences syntactic processing in children with developmental language disorders. *Neuropsychology*, 27, 121-131.

- Puyjarinet, F., Bégel, V., Gény, C., Driss, V., Cuartero, M.-C., Kotz, S. A., Pinto, S., & Dalla Bella, S. (2019). Heightened orofacial, manual, and gait variability in Parkinson's disease results from a general rhythmic impairment. *Npj Parkinson's Disease*, 5.
- Ramig, L. O., Sapir, S., Countryman, S., Pawlas, A. A., O'Brien, C., Hoehn, M., & Thompson, L. L. (2001). Intensive voice treatment (LSVT®) for patients with Parkinson's disease : A 2 year follow up. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 71, 493–498.
- Ramus, F., Nespors, M., & Mehler, J. (1999). Correlates of linguistic rhythm in the speech signal. *Cognition*, 73, 265-292.
- Santé Publique. (2019, 18 juin). La maladie de Parkinson est une maladie neurodégénérative lentement évolutive, avec un retentissement important sur la qualité de vie, l'activité professionnelle et les liens sociaux. <https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/maladies-neurodegeneratives/maladie-de-parkinson/publications/#tabs>
- Schön, D., & Tillmann, B. (2015). Short- and long-term rhythmic interventions : Perspectives for language rehabilitation: Rhythmic interventions for language rehabilitation. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1337, 32-39.
- Schwartz, M., & Kotz, S. A. (2013). A dual-pathway neural architecture for specific temporal prediction. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 37(10), 2587-2596.
- Skodda, S. (2011). Aspects of speech rate and regularity in Parkinson's disease. *Journal of the Neurological Sciences*, 310, 231-236.
- Skodda, S., Flasskamp, A., & Schlegel, U. (2010). Instability of syllable repetition as a model for impaired motor processing : Is Parkinson's disease a "rhythm disorder"? *Journal of Neural Transmission*, 117(5), 605-612.
- Skodda, S., & Schlegel, U. (2008). Speech rate and rhythm in Parkinson's disease : Speech Rate and Rhythm in Parkinson's Disease. *Movement Disorders*, 23(7), 985-992.
- Smith, J. G., Harper, D. N., Gittings, D., & Abernethy, D. (2007). The effect of Parkinson's disease on time estimation as a function of stimulus duration range and modality. *Brain and Cognition*, 64(2), 130-143.
- 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, 68-85.
- Teston, B., & Viallet, F. (2005). La dysprosodie parkinsonienne. Dans C. Ozsancak (dir), *Les troubles de la parole et de la déglutition dans la maladie de Parkinson* (pp.161-193). Solal.

- 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(2), 163-172.
- Thies, T., Mücke, D., Lowit, A., Kalbe, E., Steffen, J. & Barbe, M. T. (2020). Prominence marking in parkinsonian speech and its correlation with motor performance and cognitive ability. *Neuropsychologica*, 137(107306).
- Troche, J., Troche, M. S., Berkowitz, R., Grossman, M., & Reilly, J. (2012). Tone Discrimination as a Window Into Acoustic Perceptual Deficits in Parkinson's Disease. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 21(3), 258-263.
- Viallet, F. (2015). Physiopathologie : Organisation des ganglions de la base. Dans L. Defebvre & M. Vérin (dirs), *La maladie de Parkinson* (p. 45-54.e2). Elsevier.
- Viallet, F., & Teston, B. (2007). La dysarthrie dans la maladie de Parkinson. Dans P. Auzou (dir). *Les Dysarthries*, (pp.169-174). SOLAL.
- White, L., & Mattys, S. L. (2007). Calibrating rhythm : First language and second language studies. *Journal of Phonetics*, 35(4), 501-522.
- Zhang, N., & Zhang, Q. (2019). Rhythmic pattern facilitates speech production : An ERP study. *Scientific Reports*, 9, 12974.

Liste des annexes

Annexe 1. Tableaux des études sur l'effet de l'amorçage en production

Annexe 2. Questionnaire pour l'inclusion des participants

Annexe 3. Tableaux des phrases appariées et des phrases distractives

Annexe 4. Tableau de Lowit et al. (2018)