

MEMOIRE

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

Nora VALLEJO

au jury en juin 2020

Etude de la perception de la prosodie dans la maladie de Parkinson

En lien avec l'audition

MEMOIRE dirigé par :

Anahita BASIRAT, Maître de conférences, Université de Lille et Laboratoire SCALab, Villeneuve
d'Ascq

Caroline MOREAU, neurologue et MCU-PH, Neurologie A CHR Roger Salengro, Faculté de
Médecine H. Warembourg, Lille

Remerciements

Je souhaiterais remercier les deux personnes qui ont encadré ce mémoire : Mme Basirat, qui a été à l'écoute, rassurante et encourageante pendant ces deux dernières années, et Mme le Docteur Moreau, qui nous a ouvert son service pour le recrutement des participants.

Merci à toutes les personnes qui ont donné de leur temps pour faire avancer cette étude.

Merci bien sûr à mes collègues de mémoire, Clémence et Juliette : nous avons formé une belle équipe, avec beaucoup d'entraide et de bonne humeur !

Merci aussi à mes maîtres de stage Clémentine Dorgeret, Jessie Reinhard et Jana Sabbah, qui ont été particulièrement bienveillantes dans ce cursus.

Merci à Camille, Charline, Fanny, Loane, et Pauline : nous avons été soudées pendant ces dernières années et nous sommes liées par une belle amitié. Et merci à Florian et Yoann qui ont supporté nos conversations orthophoniques, et qui nous ont permis aussi de relativiser. Merci évidemment à Thibault pour sa présence, ses encouragements et sa patience. Nous avons passé de très bons moments tous ensemble.

Merci enfin à tout mon entourage pour son soutien précieux.

Résumé :

La maladie de Parkinson est une pathologie neurodégénérative se caractérisant par la destruction des neurones dopaminergiques, responsables notamment des mouvements. Au niveau de la parole, elle induit fréquemment une dysarthrie hypokinétique dont la dysprosodie constitue un élément majeur. L'objectif de cette étude est de déterminer si les patients présentant la maladie de Parkinson perçoivent moins bien la prosodie linguistique que leurs pairs non malades, et de rechercher des liens possibles entre perception de la prosodie et audition. Pour cela, une tâche de segmentation prosodique a été administrée à 23 sujets avec la maladie de Parkinson et à 30 sujets contrôles appariés. Les résultats ne montrent pas de déficit de la perception de la prosodie linguistique dans le groupe de sujets avec la maladie de Parkinson. Par ailleurs, une bonne audition semble favoriser une segmentation prosodique correcte chez les sujets contrôles, mais cette corrélation était faible chez les individus avec la maladie de Parkinson. D'autres études sont nécessaires pour mieux comprendre les particularités du traitement auditif retrouvées dans la littérature à propos de la maladie de Parkinson, et approfondir l'impact éventuel de ces processus spécifiques sur la perception de la prosodie.

Mots-clés :

Maladie de Parkinson, perception, prosodie.

Abstract :

Parkinson's disease is a neurodegenerative pathology defined by the destruction of dopaminergic neurons, responsible in particular for movement. At the level of speech, it frequently provokes hypokinetic dysarthria, of which dysprosody is a major component. The aim of this study is to determine whether Parkinsonian patients perceive linguistic prosody less well than their non-diseased peers, and to search for possible links between perception of prosody and hearing. To this end, a prosody segmentation task was administered to 23 Parkinsonian subjects and 30 matched control subjects. The results did not show any deficit in the perception of linguistic prosody in the group of Parkinson's patients. On the other hand, good hearing seems to favour correct prosodic segmentation, but this correlation was weak in the Parkinsonian subjects. Further studies are needed to better understand the particularities of auditory processing found in the literature on Parkinson's disease, and to further investigate the possible impact of these specific processes on prosody perception.

Keywords :

Parkinson's disease, perception, prosody.

Table des matières

<u>Introduction.....</u>	<u>1</u>
<u>Contexte théorique, buts et hypothèses.....</u>	<u>2</u>
1. Perception de la parole.....	2
1.1. Du son au sens.....	2
1.2. Substrats neuroanatomiques de la perception de la parole.....	4
1.3. Perception de la parole dans le vieillissement normal.....	5
2. La maladie de Parkinson.....	6
2.1. Définition et épidémiologie.....	6
2.2. Critères diagnostiques, signes cliniques et évolution.....	6
2.3. Physiopathologie.....	7
2.4. Traitements.....	7
3. Prosodie et maladie de Parkinson.....	8
3.1. Production de la prosodie dans la maladie de Parkinson.....	8
3.2. Perception de la prosodie dans la maladie de Parkinson.....	9
4. Buts et hypothèses.....	11
<u>Méthode.....</u>	<u>11</u>
1.1. Population de l'étude.....	11
1.2. Matériel.....	13
1.3. Procédure.....	13
1.4. Analyse de données.....	14
<u>Résultats.....</u>	<u>15</u>
1.1. Statistiques descriptives.....	15
1.2. Effet de la maladie de Parkinson sur la perception prosodique.....	16
1.3. Etude des liens entre perception de la prosodie linguistique et audition.....	17
<u>Discussion.....</u>	<u>19</u>
<u>Conclusion.....</u>	<u>27</u>
<u>Bibliographie.....</u>	<u>28</u>

Introduction

La perception et la compréhension d'un message oral reposent sur plusieurs indices, dont les éléments suprasegmentaux de la parole. Les variations des paramètres acoustiques que sont la hauteur, l'intensité, le rythme et le débit forment l'intonation et l'accentuation. Ces dernières constituent la prosodie vocale. Elles permettent de véhiculer des intentions et des émotions, nécessaires pour de bonnes interactions sociales.

Cependant, il a été montré que la perception de la parole peut être moins efficiente dans le vieillissement normal, notamment à cause d'une hypoacousie et de changements neurocognitifs tels qu'une vitesse de traitement ralentie ou une mémoire de travail moins efficace (Dupuis & Pichora-Fuller, 2010).

Dans le cas de la maladie de Parkinson, qui correspond à un vieillissement pathologique, des troubles de perception et de production de la parole sont souvent retrouvés. En effet, cette maladie neurodégénérative, la deuxième la plus fréquente, se caractérise par des troubles moteurs importants, mais pas seulement. Les personnes atteintes de cette pathologie souffrent d'une dysarthrie hypokinétique, avec une dysphonie et des troubles articulatoires. Leur parole est également décrite comme dysprosodique, du fait d'une diminution des variations de hauteur et d'intensité qui la rend plus monotone (Teston & Viallet, 2005). Une prise en charge orthophonique vise à améliorer l'intelligibilité du patient et donc à diminuer ses troubles de communication. Par ailleurs, des différences de traitement acoustique ont été relevées chez ces patients (De Keyser et al., 2019 ; Troche, Troche, Berkowitz, Grossman, & Reilly, 2012). La perception de la hauteur de leur propre voix pendant le contrôle moteur de la parole serait notamment altérée (Chen et al., 2013 ; Mollaei, Shiller, Baum, & Gracco, 2019). Ces troubles perceptifs pourraient influencer la production des personnes avec la maladie de Parkinson (De Keyser et al., 2016). Cependant, les difficultés de perception prosodique dans cette maladie sont moins bien comprises (Kwan & Whitehill, 2011). C'est pourquoi l'étude dans laquelle s'inscrit ce mémoire s'intéresse au versant perceptif de la prosodie dans cette pathologie.

L'objectif de l'étude est de comparer l'efficacité des mécanismes de la perception de la prosodie dans le vieillissement normal et pathologique (maladie de Parkinson). Elle permettra également de savoir si l'on peut identifier précocement des déficits dans le traitement de la perception de la prosodie chez les personnes atteintes de la maladie de Parkinson. Ainsi, ces déficits pourraient constituer un marqueur précoce de cette pathologie et les neurologues et les orthophonistes pourraient créer ensuite des moyens visant à ralentir ou compenser ce déclin. Il s'agira également d'étudier les liens entre perception de la prosodie et audition.

Nous nous intéresserons d'abord, dans la partie théorique, à la perception de la parole. Nous aborderons ensuite la maladie de Parkinson pour en décrire les principales caractéristiques. La prosodie dans la maladie de Parkinson sera traitée dans une troisième partie. Celle-ci sera suivie des buts et des hypothèses de l'étude, de la méthodologie qui aura vocation à présenter le protocole de l'étude et de la présentation des résultats. Enfin, nous terminerons par une discussion de ces résultats.

Contexte théorique, buts et hypothèses

1. Perception de la parole

1.1. Du son au sens

Différents traitements s'opèrent depuis la perception jusqu'à la compréhension de la parole.

La perception auditive de la parole est catégorielle, bien que les sons constituent un continuum acoustique (Harnad, 2003). A certains points du continuum, des zones frontières font ainsi basculer l'identification d'un phonème à un autre lorsqu'elles sont franchies (par exemple, /ba/ et /da/) (Diehl, Lotto, & Holt, 2004). La segmentation du flux sonore en syllabes et en mots est ensuite nécessaire pour extraire le sens de ce qui est entendu. Les frontières orales entre les mots sont en effet beaucoup moins claires qu'à l'écrit. Les auditeurs réussissent toutefois à segmenter rapidement le discours. Ils s'appuient sur leurs connaissances tacites des régularités et des contraintes phonotactiques et syllabiques, c'est-à-dire des séquences de phonèmes et de syllabes spécifiques à leur langue maternelle (Welby, 2007). La présence d'un groupe de consonnes inhabituel en français peut par exemple indiquer une frontière sous-jacente de mot (Vaissière, 2010). Les auditeurs s'aident également de l'intonation et de l'accentuation des énoncés pour segmenter le continuum sonore. Nous les décrirons plus en détail par la suite.

Par ailleurs, la perception de la parole est multimodale. Elle est facilitée par une fusion d'indices auditifs, visuels, voire proprioceptifs, à partir des informations vibrotactiles des sons sur la peau. Elle est en outre influencée par la façon dont nous les produisons, d'après la théorie motrice de la parole proposée par Liberman dans les années 1950, puis développée par différents auteurs (Harnad, 2003). Perception et production de la parole sont donc très liées.

Après avoir perçu correctement la parole, l'auditeur est en mesure d'analyser le sens de qu'il entend. La compréhension d'un énoncé repose sur l'accès à la signification des mots, c'est-à-dire sur la sélection de l'acception correcte via l'activation des traits sémantiques sélectionnés dans la mémoire à long terme. Les connaissances grammaticales permettent également d'interpréter les structures syntaxiques. Les processus sont interactifs d'après l'approche connexionniste : à chaque niveau, les unités activées propagent leur activation vers d'autres unités associées et envoient des signaux inhibiteurs à celles non pertinentes. Le sens d'un énoncé dépend également de la situation d'énonciation, du contenu de la mémoire sémantique, épisodique et autobiographique de l'auditeur, ainsi que de son état affectif, motivationnel et émotionnel (Coquet, 2006). Cependant, la compréhension n'est pas toujours aisée. L'auditeur doit faire des hypothèses sur les éléments linguistiques de l'énoncé qu'il interprète. La prosodie permet de réduire ces hypothèses (Dahan, 2015).

La prosodie regroupe plusieurs paramètres du signal de la parole : la fréquence fondamentale (hauteur), la durée, l'intensité et la qualité vocale, correspondant respectivement à la mélodie, la longueur, la sonie et le timbre au niveau perceptif. On distingue deux types de prosodie.

D'une part, la prosodie émotionnelle ou affective permet de transmettre des émotions et des intentions à travers la voix du locuteur. Elle permet de véhiculer un message émotionnel neutre, positif (ex. la joie, la fierté) ou négatif (ex. la colère, la peur). Une activation forte de l'état émotionnel (ex. la panique, la joie intense) tend à accroître les valeurs de la fréquence fondamentale (f_0) et de l'intensité, tandis que la durée des différents segments de l'énoncé diminue car la parole

s'accélère. A l'inverse, les états émotionnels dont l'activation est faible (ex. ennui, tristesse) font diminuer les valeurs de la f_0 et de l'intensité mais augmenter la durée des différents segments, avec une parole ralentie (Bänziger, Grandjean, Bernard, Klammer, & Scherer, 2001).

En outre, la prosodie émotionnelle peut parfois être incongruente avec le contenu sémantique d'un énoncé, les mimiques faciales ou les gestes du locuteur. Cette incongruence peut être réalisée de façon involontaire, par exemple lorsqu'une personne ment ou est gênée. Parfois, elle est intentionnelle, quand le locuteur manie l'humour, l'ironie ou le sarcasme.

La capacité à percevoir toutes ces informations est importante dans les interactions sociales pour comprendre les états émotionnels, anticiper les intentions d'autrui et répondre de façon adéquate à diverses situations. La prosodie émotionnelle est de ce fait une composante de la cognition sociale. Cependant, nous ne détaillerons pas davantage les fonctions de la prosodie émotionnelle car nous nous sommes intéressée plus spécifiquement au deuxième type de prosodie dans notre expérience.

D'autre part, la prosodie linguistique, le cœur de notre étude, intervient dans le jugement des fonctions linguistiques d'un énoncé. Elle contribue de façon importante à la compréhension du message en contexte, en participant à l'établissement des représentations phonologiques, lexicales, syntaxiques et sémantiques de la phrase. Des indices temporels permettent notamment de distinguer les unités linguistiques dans la chaîne verbale. Ces unités rassemblent les phonèmes, qui diffèrent en partie par le délai variable d'apparition de la vibration des cordes vocales, les syllabes, les mots et les phrases. La prosodie peut donner des informations sur une modalité syntaxique (affirmation, interrogation, ordre, etc.) ou lever des ambiguïtés. Par exemple, la signification de la phrase « J'ai demandé à l'enseignant qui est parti » change selon que le mot « qui » reçoive un accent de hauteur ou non (Dahan, 2015). Les interprétations varient donc selon l'accentuation que le locuteur choisit pour faire passer son message. Le français est une langue avec un accent fixe caractérisé par une élévation de la f_0 . Il est généralement placé sur la dernière syllabe du dernier élément lexical d'un groupe syntaxique (Di Cristo, 2016). Cette accentuation n'est pas distinctive au niveau lexical, c'est-à-dire qu'il n'existe pas de mots en français qui se distinguent seulement par la localisation de l'accent dans le mot. Par contre, l'accentuation a une fonction démarcative car elle facilite le repérage des mots dans la chaîne sonore (Di Cristo, 2016). Spinelli, Grimault, Meunier et Welby (2010) ont d'ailleurs mis en évidence les paramètres acoustiques qui permettent de segmenter les mots dans une séquence phonétiquement identique et ambiguë en français. Dans leur étude, les participants écoutaient des séquences homophones comme « C'est la fiche/l'affiche » (« C'est » + article + nom commençant par une consonne/voyelle). La f_0 de la voyelle /a/ des items commençant par une consonne (la fiche) a été modifiée pour qu'elle soit égale à celle de l'item correspondant commençant par une voyelle (l'affiche), supérieure ou inférieure. L'élévation de la f_0 a augmenté significativement le pourcentage de réponses « voyelle-initiale ». Ainsi, en français, la valeur de la f_0 au début d'une séquence permet d'accentuer et donc de segmenter les éléments qui la composent de différentes façons. Une f_0 plus élevée semble bien indiquer le début d'un mot de contenu. Ce repère permet de lever l'ambiguïté transitoire de segmentation, surtout en l'absence de contexte favorisant une hypothèse par rapport à une autre. La durée des phonèmes joue également un rôle dans la perception de la séquence. Par ailleurs, la fonction rythmique de la prosodie consiste en un équilibre rythmique de la chaîne parlée. Les groupes prosodiques qui s'enchaînent doivent être de taille équivalente et ne pas excéder sept syllabes dans un débit normal en français. Enfin, la prosodie possède une fonction sémantico-pragmatique pour les énoncés types du français. Par exemple, dans la phrase « Il est parti, le cheval. », elle donne un contour montant au thème (élément dont on dit quelque chose) en position initiale, et un contour descendant au rhème (information

nouvelle) situé juste après. Elle donne donc des indications sur le statut pragmatique d'un élément dans un énoncé (Lacheret, 2011).

Ainsi, le phrasé prosodique assure des fonctions émotionnelle et syntaxique qui influencent l'interprétation du sens d'une phrase. Il facilite la segmentation d'un énoncé et sa mise en relief, ce qui permet son analyse.

Ces différents traitements linguistiques sont pris en charge par plusieurs régions cérébrales intégrées dans des réseaux cérébraux.

1.2. Substrats neuroanatomiques de la perception de la parole

Les régions cérébrales impliquées dans le langage sont situées principalement dans l'hémisphère gauche au sein des lobes frontal inférieur et temporal. Ces zones sont connectées par deux types de voies, chacune décomposée en deux sous-réseaux.

La voie ventrale constitue un réseau traitant l'information auditive jusqu'à l'accès au sens et participe aux traitements généraux de la syntaxe. Elle est formée de deux groupes de fibres. D'un côté le faisceau unciné part du cortex frontal inférieur antérieur pour rejoindre le lobe temporal. De l'autre, le faisceau fronto-occipital inférieur relie le cortex frontal inférieur jusqu'au cortex occipital en passant par le cortex temporal. La voie dorsale correspond à un réseau traitant l'information auditive jusqu'à la motricité liée au langage, et également la syntaxe plutôt complexe. Elle serait aussi composée de deux sous-voies : la première relie le cortex temporal jusqu'au cortex prémoteur via le cortex pariétal inférieur et le faisceau longitudinal supérieur, la seconde connecte le cortex temporal à l'aire de Broca via le faisceau arqué (Friederici, 2012).

Alors que le contenu sémantique relèverait davantage de l'hémisphère gauche comme la plupart des fonctions langagières, la prosodie serait préférentiellement traitée dans l'hémisphère droit. En particulier, les changements de hauteur et les contours prosodiques seraient pris en charge par un réseau fronto-temporal droit ou par le gyrus temporal supérieur droit. Des études suggèrent cependant que les réseaux cortical et sous-cortical pourraient être bilatéraux pour la prosodie, notamment concernant le sillon temporal supérieur et les aires frontales inférieures. Ainsi, la prosodie émotionnelle serait davantage traitée dans l'hémisphère droit, mais la latéralisation du traitement de la prosodie linguistique est quant à elle moins claire. Par ailleurs, des processus bottom-up interviennent pour extraire les propriétés du signal, et des processus top-down pour le jugement émotionnel nécessitant le système mnésique (Myers, Schuh, & Eigsti, 2016). Ceux-ci auraient lieu dans l'hémisphère droit mais aussi dans le gyrus frontal inférieur gauche (Hoekert, Vingerhoets, & Aleman, 2010). Il semblerait qu'il y ait également deux voies de traitement pour la prosodie dans l'hémisphère droit, avec des rôles comparables à ceux des voies de l'hémisphère gauche. L'évaluation des contours prosodiques du point de vue auditif et moteur se ferait le long de la voie dorsale. Une voie ventrale permettrait d'identifier des séquences prosodiques propres à la langue, afin d'effectuer une interprétation sémantique (Sammler, Grosbras, Anwander, Bestelmeyer, & Belin, 2005).

Nous avons vu, que de façon générale, la participation de l'hémisphère droit serait plus marquée pour les paramètres acoustiques de la prosodie, mais que l'hémisphère gauche aurait tout de même un rôle, en particulier pour la prosodie linguistique.

Les réseaux décrits précédemment sous-tendent le traitement de la parole. Celui-ci peut être perturbé avec l'âge. Quels sont les processus à l'origine des difficultés que les personnes âgées peuvent rencontrer lors de l'écoute de la parole ?

1.3. Perception de la parole dans le vieillissement normal

Trois processus peuvent expliquer une diminution de la compréhension de la parole chez les personnes âgées : le vieillissement périphérique auditif, l'altération des fonctions auditives centrales, et une modification des fonctions cognitives.

La perte auditive liée à l'âge, c'est-à-dire la presbycusie, est un processus qui consiste en un abaissement des seuils auditifs des deux oreilles en particulier sur les hautes fréquences, avec une diminution de la discrimination de la parole. Le déclin auditif ayant un impact sur l'identification de mots, l'utilisation des appareils auditifs peut améliorer la compréhension.

Toutefois, certaines personnes âgées ont de bons audiogrammes mais comprennent mal le langage dans des conditions bruyantes ou lorsque le débit est rapide. Cela peut être expliqué par un traitement auditif central moins performant avec l'âge, en dehors d'une perte auditive. L'aide des prothèses auditives peut alors être limitée, même si l'on peut stimuler ce traitement pour l'améliorer (Pichora-Fuller & Souza, 2003). Un moins bon traitement auditif temporel peut entraîner des difficultés de discrimination de certains contrastes phonémiques ou de qualités vocales (Mendonça da Fonseca, Momensohn dos Santos, & Prates de Souza, 2015). En effet, les personnes âgées ont davantage de difficultés à discriminer les indices temporels de la parole et à extraire les informations temporelles pertinentes pour l'identification des contrastes phonémiques (Pichora-Fuller & Souza, 2003).

Les sujets âgés peuvent par ailleurs voir leurs capacités de mémoire de travail et d'attention sélective diminuer et donc stocker moins d'informations lors de l'écoute de la parole. Cela peut entraîner des difficultés d'analyse des structures linguistiques (Mendonça da Fonseca et al., 2015). Ces difficultés sont secondaires à une vitesse de traitement de l'information ralentie avec l'âge (Pichora-Fuller, 2003).

Heureusement, lorsque le traitement du message linguistique fait défaut, les personnes âgées peuvent bénéficier de la prosodie et du contexte pour rétablir le sens (Pichora-Fuller, 2003). Des études suggèrent que les sujets âgés profitent de la prosodie linguistique pour comprendre un énoncé, mais que la compréhension de la prosodie affective peut être plus difficile (Dupuis & Pichora-Fuller, 2010). D'autres recherches mettent en évidence des déficits du traitement de l'information prosodique aussi bien au niveau affectif que grammatical (Mitchell, Kingston, & Barbosa Bouças, 2011 ; Taler, Baum, & Saumier, 2006). Il existe par exemple des déficits de l'utilisation de l'accentuation lexicale pour reconnaître des mots entendus et de l'information temporelle pour analyser la structure syntaxique (Taler et al., 2006). D'autres auteurs retrouvent des difficultés chez les personnes âgées à identifier le mode d'une phrase (Titone et al., 2006) et à interpréter les phrases syntaxiquement ambiguës grâce aux propriétés acoustiques influençant le contour intonatif (Raithel & Hielscher-Fastabend, 2004).

Ainsi, les capacités de perception de la prosodie émotionnelle mais aussi linguistique pourraient être également moins performantes chez les plus âgés. La maladie de Parkinson se manifeste généralement à un âge déjà avancé. Il faut donc prendre en compte ces effets naturels de l'âge lors de l'évaluation de la perception de la prosodie, notamment en appariant les individus contrôles au niveau de l'âge et des seuils auditifs.

2. La maladie de Parkinson

2.1. Définition et épidémiologie

La maladie de Parkinson est la deuxième maladie dégénérative la plus fréquente du système nerveux central après la maladie d'Alzheimer, et la deuxième cause de handicap moteur chez l'adulte. Elle est chronique et se caractérise par la destruction de neurones dopaminergiques présents dans la substance noire et responsables des mouvements (Tysnes & Storstein, 2017). La prévalence de la maladie de Parkinson concerne environ 1% des personnes de plus de 60 ans dans le monde. Les hommes sont davantage touchés que les femmes. L'âge moyen de début de cette pathologie se situe entre 58 et 62 ans. Par ailleurs, la survie des patients avec la maladie de Parkinson est difficile à estimer étant donné que cette pathologie est chronique et que les patients atteints ne meurent pas directement de la maladie mais des complications (respiratoires, digestives, etc.), ou d'une autre cause (Defebvre & Vérin, 2015 ; Tysnes & Storstein, 2017).

2.2. Critères diagnostiques, signes cliniques et évolution

Le diagnostic de la maladie de Parkinson se fait généralement d'après l'expertise clinique. Dans certains cas plus complexes, des marqueurs biochimiques peuvent être recherchés et la neuroimagerie utilisée. Le diagnostic se fait en deux étapes. Tout d'abord, un syndrome parkinsonien doit être retrouvé, avec une akinésie (difficulté à initier un mouvement) combinée à une rigidité (résistance à la mobilité passive d'un segment de membre) et/ou un tremblement au repos, lent et régulier. Des critères permettent ensuite de déterminer si ce syndrome parkinsonien est attribuable à la maladie de Parkinson. Parmi les éléments en faveur d'un diagnostic positif, on retrouve par exemple une symptomatologie asymétrique, une amélioration des symptômes avec le traitement dopaminergique et une dopasensibilité qui dure plusieurs années. La précision du diagnostic augmente au fur et à mesure de l'avancée de la maladie, les caractéristiques d'autres troubles pouvant ne pas être encore présentes au début (Defebvre, 2007 ; Postuma et al., 2015).

En dehors de la triade parkinsonienne classique (akinésie, rigidité et tremblement de repos) des troubles de la déglutition peuvent également apparaître précocement dans la maladie de Parkinson. Ils augmentent les risques de fausses routes qui peuvent mener à des pneumopathies d'inhalation, causes fréquentes de décès (Defebvre & Vérin, 2015). Par ailleurs, d'autres troubles peuvent être relevés, en lien par exemple avec la digestion, l'odorat ou encore le sommeil paradoxal. Une détérioration cognitive voire une démence peuvent aussi se déclarer au cours de la maladie. Les premiers symptômes concernent les fonctions exécutives, en particulier la planification. Des troubles visuo-spatiaux et mnésiques peuvent également être présents (Sveinbjornsdottir, 2016). Une dysarthrie, des troubles du langage élaboré et une dysgraphie peuvent perturber les capacités de communication du patient. Enfin, l'anxiété et la dépression sont courantes dans la maladie de Parkinson. Le traitement dopaminergique peut d'ailleurs induire des hallucinations, des illusions, une euphorie ou une hypomanie ou encore une hypersexualité (Sveinbjornsdottir, 2016). Les aidants ressentent souvent également une grande souffrance. Le manque de répit et l'appauvrissement du réseau social ont un impact important sur leur qualité de vie (Dressen et al., 2007).

L'évolution est très variable d'un patient à l'autre. Elle peut se décomposer en cinq phases. La phase présymptomatique dure parfois dix ans avant que le diagnostic ne soit posé. Des symptômes non moteurs tels que des problèmes de sommeil, une apathie, une dysautonomie digestive, une perte de l'odorat et du goût peuvent survenir. Cette phase est suivie du diagnostic quand les signes cliniques se présentent, puis d'une « lune de miel » pendant laquelle le traitement contrôle les symptômes moteurs. Des complications motrices appelées fluctuations et dyskinésies apparaissent ensuite, provoquées par le traitement dopaminergique. Enfin, les signes axiaux et cognitifs prédominent pendant la phase de déclin (Defebvre & Vérin, 2015).

Ces différents troubles sont sous-tendus par divers mécanismes physiologiques que nous allons décrire.

2.3. Physiopathologie

La perte neuronale dans la substance noire du mésencéphale est massive. Des agrégats de protéine alpha-synucléïne, les corps de Lewy, sont présents dans les neurones et participent à leur dégénérescence. Celle-ci affecte principalement le système dopaminergique au niveau du striatum. Les premiers symptômes apparaissent quand 50 à 70 % des neurones à dopamine sont détruits. La dénervation striatale est à l'origine de la symptomatologie clinique du syndrome parkinsonien. Des systèmes non dopaminergiques sont également touchés (noradrénergique, sérotoninergique, cholinergique et adrénérergique) pouvant causer des troubles cognitifs et thymiques (Defebvre, 2007 ; Defebvre & Vérin, 2015).

2.4. Traitements

Les traitements médicamenteux sont symptomatiques et cherchent à compenser le déficit dopaminergique, principalement par de la L-dopa et par des agonistes dopaminergiques. Cependant, la L-dopa induit des dyskinésies à long terme et les agonistes dopaminergiques peuvent provoquer des troubles du comportement et du contrôle de l'impulsivité. Dans certains cas, les sujets avec la maladie de Parkinson peuvent bénéficier d'un traitement neurochirurgical avec une stimulation cérébrale profonde qui agit sur les tremblements et les symptômes moteurs. Lorsque la maladie est avancée, les patients alternent entre des périodes « on » où les symptômes sont bien contrôlés et des périodes « off » où les symptômes réapparaissent de façon invalidante.

De plus, la kinésithérapie vise à rendre les patients indépendants dans leurs déplacements et à améliorer leur qualité de vie par des assouplissements, des renforcements musculaires, des mobilisations manuelles, etc. L'orthophonie est quant à elle primordiale pour les troubles de production de la parole. La rééducation porte sur l'intensité de la voix, la modulation de la hauteur, la précision articulatoire, la résonance et le débit. La méthode intensive LSVT® (Lee Silverman Voice Treatment) a prouvé son efficacité de façon prolongée sur l'hypophonie et elle contribue aussi à améliorer l'intelligibilité. La micrographie étant fréquemment retrouvée dans la maladie de Parkinson, elle peut également être l'objet d'une rééducation. Enfin, une vigilance est nécessaire vis-à-vis des troubles de la déglutition. L'orthophoniste a un rôle de prévention des fausses routes, par exemple avec une adaptation des textures. Il propose des postures de protection et des exercices analytiques lorsque cela est nécessaire. L'éducation thérapeutique et l'accompagnement des aidants

font aussi partie intégrante de la prise en soin (Auzou, Rolland-Monnoury, Pinto, & Özsancak, 2007 ; Defebvre & Vérin, 2015).

Les troubles de la parole sont précoces dans la maladie de Parkinson et ils font partie des axes principaux de la rééducation orthophonique. En quoi ces troubles consistent-ils exactement ?

3. Prosodie et maladie de Parkinson

3.1. Production de la prosodie dans la maladie de Parkinson

Quatre-vingts pour cent des sujets avec la maladie de Parkinson présentent une dysarthrie hypokinétique, touchant la respiration, la vibration des cordes vocales et l'articulation (Defebvre & Vérin, 2015). Ce trouble de l'exécution de la parole se caractérise d'abord par une dysphonie, avec un timbre soufflé ou éraillé. Une dysprosodie est également observée, c'est-à-dire que la modulation prosodique est réduite en hauteur et en intensité, rendant la parole monotone, avec peu d'accentuation (Defebvre & Vérin, 2015). L'insuffisance prosodique serait d'ailleurs un élément spécifique des troubles de la parole dans la maladie de Parkinson. En effet, l'équipe de Darley (1975) a remarqué que six des dix caractéristiques de la parole les plus déviantes dans cette pathologie concernent la dysprosodie (monotonie de l'intensité et de la hauteur, pauses inappropriées, etc.). L'affaiblissement de l'intensité est souvent présent. S'ensuivent une diminution des mouvements articulatoires et des troubles du débit, anormalement variable. Le temps de pause est allongé, ce qui perturbe la prosodie linguistique et rompt la cohésion des unités linguistiques. Toutes ces atteintes rendent le patient de moins en moins intelligible et perturbent ainsi sa communication (Defebvre & Vérin, 2015 ; Viallet & Teston, 2007). Les troubles du conduit vocal débuteraient par une atteinte du niveau laryngé, progresseraient vers la constriction linguo-palatine postérieure puis antérieure, et toucheraient finalement la constriction bilabiale. Les anomalies retrouvées au niveau du larynx concernent un défaut d'accolement des cordes vocales, parfois une hypertonie des bandes ventriculaires et un tremblement du plan cordal (Yurceturk, Yilmaz, Egrilmez, & Karaca, 2002). Un déficit du traitement de l'information sensorielle d'origine proprioceptive altérerait la calibration des activités motrices du sujet avec la maladie de Parkinson et toucherait la fonction phonatoire (Kent et al., 2000). Par ailleurs, les troubles de la modulation prosodique s'intègrent dans un tableau plus global de difficultés d'expression. Ainsi, les patients sont fréquemment amimiques et leurs déclarations contiennent moins de lexique émotionnel que les sujets sains (Hillier, Beversdorf, Raymer, Williamson, & Heilman, 2007).

En outre, les difficultés d'expression prosodique ne seraient pas uniquement liées à un déficit moteur altérant les capacités phonatoires en fréquence et en intensité. Une atteinte du traitement de la prosodie émotionnelle associée aux troubles moteurs expliquerait ces perturbations prosodiques (Möbes, Joppich, Stiebritz, Dengler, & Schröder, 2008). En effet, un déficit significatif de reconnaissance des émotions est souvent observé, du fait de la déplétion dopaminergique et de la dégénérescence des noyaux gris centraux, du cortex frontopariétal et de l'amygdale (Gray & Tickle-Degnen, 2010 ; Peron, Dondaine, Le Jeune, Grandjean, & Verin, 2012). On retrouve également chez les patients avec la maladie de Parkinson un déficit de perception de l'intensité sonore de la parole d'autrui, mais aussi de leur propre parole. La difficulté à percevoir que sa voix est insuffisamment

forte pour être correctement entendue par des auditeurs peut contribuer à l'hypophonie qui apparaît très fréquemment chez ces patients (Clark, Adams, Dykstra, Moodie, & Jog, 2014).

Nous allons donc préciser les troubles de la perception prosodique dans la maladie de Parkinson, qui pourraient avoir un impact direct sur la production.

3.2. Perception de la prosodie dans la maladie de Parkinson

La perception de la prosodie émotionnelle a fait l'objet de nombreuses études.

Dans la maladie de Parkinson, le déficit de ce type de prosodie est multimodal, puisqu'il touche la prosodie visuelle (les expressions faciales) comme la prosodie vocale. Il semble toutefois plus prononcé quand il s'agit de la prosodie vocale. Celle-ci pourrait être plus sensible à la mémoire de travail, couramment atteinte dans cette pathologie. Les noyaux gris centraux pourraient également avoir un rôle plus actif dans la perception de la prosodie vocale (Saffarian, Shavaki, Shahidi, & Jafari, 2018). Par ailleurs, les sujets avec la maladie de Parkinson prêtent moins bien attention à l'intonation et se concentrent davantage sur le contenu sémantique si celui-ci est contradictoire avec la prosodie émotionnelle (Breitenstein, Van Lancker, Daum, & Waters, 2001). Une corrélation avec un déficit des fonctions exécutives a été mise en évidence, conséquence de l'atteinte du circuit fronto-striatal. Ce déficit cognitif général s'accompagne d'un déficit sélectif des processus acoustiques de la prosodie. Certains sujets traitent moins bien la durée des sons de la parole et discriminent plus difficilement la hauteur, ce qui a des effets sur la reconnaissance de la prosodie (Breitenstein et al., 2001).

En ce qui concerne la valence des émotions, la reconnaissance d'émotions négatives est généralement plus touchée dans la maladie de Parkinson, dans les deux modalités visuelle et vocale. Cela peut être expliqué par l'activation réduite de l'amygdale, impliquée dans le traitement des émotions et notamment de la peur (Peron et al., 2012).

De plus, les malades dont l'hémisphère droit est plus atteint sont significativement moins aptes à reconnaître la prosodie émotionnelle que ceux dont c'est l'hémisphère gauche. Cela fournit des preuves supplémentaires pour avancer le rôle de l'hémisphère droit dans cette fonction (Ventura et al., 2012).

Nous ne détaillerons pas davantage la perception de la prosodie émotionnelle dans la maladie de Parkinson, car nous nous sommes concentrée sur la perception de la prosodie linguistique dans notre étude.

La littérature s'est peu intéressée à la perception de ce deuxième type de prosodie. Il semblerait que la perception de la prosodie linguistique soit aussi touchée dans la maladie de Parkinson, même si certains résultats sont contradictoires.

Scott, Caird et Williams (1984) ont étudié la capacité de patients avec la maladie de Parkinson à juger le sens d'énoncés avec des contrastes prosodiques non émotionnels. Ils leur ont fait écouter des paires d'énoncés anglais qui se distinguaient par des accentuations et des intonations différentes (ex. « I can run », littéralement, « Je sais courir », et « I can. Run ! », correspondant à une déclaration et un ordre). Les sujets avec la maladie de Parkinson discriminaient correctement les contrastes prosodiques traduisant différents modes (interrogatif, déclaratif ou impératif). Par contre, la capacité à extraire le sens linguistique d'un énoncé à partir de l'intonation était déficitaire chez ces patients.

Une autre étude, américaine, (Blonder, Gur, & Gur, 1989) n'a quant à elle pas retrouvé de déficit chez les sujets avec la maladie de Parkinson lorsqu'ils devaient identifier le mode d'un énoncé d'après les contours intonatifs (question ou affirmation). En revanche, les patients étaient significativement moins performants pour choisir la bonne image correspondant aux sens d'un énoncé, parmi deux propositions qui différaient par la localisation de l'accent (ex. « red coat », que l'on peut traduire par « manteau rouge » vs « redcoat », en français « les tuniques rouges », surnom donné aux soldats anglais).

Pell (1996) a montré un traitement perceptif de la prosodie linguistique perturbé. Les participants canadiens avec la maladie de Parkinson étaient significativement moins compétents que le groupe de témoins pour les tâches d'identification de patterns prosodiques en anglais (affirmation, question, ordre), et d'autant plus lorsque les énoncés étaient formés de non-mots. Ainsi, en situation réelle, ces patients pourraient moins bien identifier les stimuli linguistiques lorsque les indices sémantiques ne sont pas disponibles.

Dans l'étude anglaise de Lloyd (1999), les patients avec la maladie de Parkinson étaient significativement moins performants que les sujets contrôles à la tâche d'identification du mode d'un énoncé entendu (ordre ou question). Par contre, il n'a pas observé de différence significative entre ces deux groupes lors d'une tâche de discrimination d'items pouvant varier selon l'accentuation lexicale. Il n'a pas relevé non plus de déficit significatif dans le groupe avec la maladie de Parkinson lorsque les participants devaient choisir l'image illustrant le bon énoncé d'après l'accentuation lexicale (ex. 'greenhouse, « serre » en français, vs 'green 'house, que l'on peut traduire par « maison verte »). Les sujets de ce groupe présentaient néanmoins des scores généralement moins élevés que les sujets contrôles à ces deux tâches. Une analyse individuelle montrait des profils très variables : certains présentaient des scores très bas tandis que d'autres obtenaient des scores dans la norme attendue.

Cependant, ces différents travaux datent de plusieurs dizaines d'années et ne proposent pas forcément des méthodologies comparables et rigoureuses. Ils aboutissent d'ailleurs à des données contradictoires sur les capacités de discrimination et d'identification des modes syntaxiques et des accentuations lexicales chez les sujets atteints de la maladie de Parkinson.

Une étude néerlandaise plus récente a examiné la perception et la compréhension de la prosodie linguistique chez 22 sujets avec la maladie de Parkinson et 22 sujets contrôles, avec une tâche se rapprochant davantage de celle utilisée dans notre étude. Les participants ont écouté six énoncés. Ceux-ci pouvaient être confondus à chaque fois avec un énoncé homophone, dont le son était identique sur le plan phonétique mais dont la signification variait du fait d'un accent lexical différent. A chaque item, ils devaient choisir l'image correspondante parmi trois propositions : l'énoncé réellement entendu, celui homophone, ou un énoncé plus éloigné comportant d'autres mots. Aucune différence significative concernant la perception et la compréhension de la prosodie n'a pu être mise en évidence entre les deux groupes, même si le nombre d'items était très limité (Martens, Van Nuffelen, Wouters, & De Bodt, 2016).

Les recherches sur la perception de la prosodie émotionnelle apportent donc des preuves en faveur d'un déficit dans la maladie de Parkinson, mais ne permettent pas encore de conclure sur la prosodie linguistique. Notre étude pourra apporter des résultats supplémentaires.

4. Buts et hypothèses

L'étude a pour objectif de déterminer si les patients avec la maladie de Parkinson perçoivent moins bien la prosodie linguistique que leurs pairs non malades. En effet, la littérature actuelle est encore trop peu fournie sur ce sujet. Pourtant, cela pourrait avoir un impact sur leur compréhension verbale mais aussi sur leur propre production, et donc sur leurs interactions sociales. Mettre en évidence précocement un tel déficit pourrait permettre d'identifier la pathologie plus rapidement et de fournir aux orthophonistes et aux neurologues des moyens pour ralentir ou compenser ce déclin. Si les sujets avec la maladie de Parkinson obtiennent des résultats significativement moins bons à la tâche de prosodie linguistique administrée par rapport aux sujets témoins appariés, alors cela confirmera l'hypothèse du déficit de perception de la prosodie linguistique dans la maladie de Parkinson. Par ailleurs, il s'agira de valider ou non l'hypothèse d'une corrélation significative entre les résultats de la perception de la prosodie et le seuil auditif moyen. Anglès-Dauriac (2020) et Galliou (2020) vérifieront respectivement l'hypothèse d'une corrélation entre les résultats de la perception de la prosodie et l'état cognitif, et entre ces mêmes résultats et l'évolution de la maladie.

Méthode

1.1. Population de l'étude

La population étudiée était composée de 53 sujets répartis en deux groupes. Les données de dix-huit participants ont été collectées par les mémorantes précédentes. Le premier groupe incluait 23 sujets atteints de la maladie de Parkinson (onze femmes, douze hommes ; *âge moyen* = 67.13 ans ; *niveau d'études moyen* = 13.95 années ; *score cognitif moyen au Montréal Cognitive Assessment (MoCA)* = 26.63/30). Ils ont été sélectionnés dans le service de neurologie A du Centre Hospitalier Régional Universitaire (CHRU) de Lille, ainsi qu'au centre de rééducation Pierre Swynghedaw de Lille. Le second groupe était constitué de 30 sujets contrôles appariés aux sujets avec la maladie de Parkinson (dix-sept femmes, treize hommes ; *âge moyen* = 65.93 ans ; *niveau d'études moyen* = 15.13 années ; *score cognitif moyen au MoCA* = 27.33/30). Ceux-ci ont été recrutés dans l'entourage des investigateurs.

Concernant le test cognitif de screening MoCA, le seuil d'inclusion a été déterminé à 22/30, afin d'exclure les personnes ayant d'importants troubles cognitifs. Un seuil similaire (21/30) avait été choisi dans l'étude de De Keyser et al. (2019). Des personnes avec des troubles cognitifs très légers ont ainsi été intégrées à l'étude (correspondant donc à des scores entre 22 et 25). En effet, un trouble cognitif léger est évoqué lorsque le score est compris entre 18 et 25 inclus (Nasreddine et al., 2005).

Par ailleurs, les participants ont été inclus si un seuil moyen à 40 dB maximum pour les fréquences 500, 1000 et 2000 Hz a pu être objectivé pour au moins une oreille, en audiométrie tonale. Etant donné l'âge avancé de certains participants et la dégénérescence normale de l'audition sur les fréquences aiguës (presbycousie), la fréquence de 4000 Hz n'a pas été retenue pour le calcul du seuil moyen de chaque oreille.

Tous les patients avec la maladie de Parkinson étaient traités et en phase ON DRUG au moment de la passation, comme dans l'étude de Martens et al. (2016). Nous n'avons pas demandé aux patients d'arrêter leur traitement pour participer à l'étude.

Pour vérifier que les participants pouvaient être inclus dans l'étude, un questionnaire a été administré à chacun en début de passation. Les critères d'exclusion à l'étude étaient les suivants :

- Langue maternelle autre que française ;
- Troubles visuels non corrigés ;
- Troubles cognitifs (score inférieur à 22/30 au test MoCA) ;
- Troubles auditifs (seuil tonal supérieur à 40 dB pour les deux oreilles) ;
- Stimulation cérébrale profonde ;
- Antécédent de traumatismes crâniens ou de maladies cérébro-vasculaires dans les cinq dernières années ;
- Troubles de langage ou de parole ;
- Pathologie neurologique autre que la maladie de Parkinson pour les sujets du groupe MP.

Le tableau 1 présente la comparaison entre le groupe contrôle et le groupe de sujets avec la maladie de Parkinson pour les différentes variables étudiées.

Tableau 1. Caractéristiques du groupe de sujets avec la maladie de Parkinson (MP) et du groupe contrôle (C).

Groupe	Sexe	Age			Niveau d'études depuis le CP (années)			Score MoCA			Seuils auditifs Moyenne des deux oreilles sans 4000 Hz (dB)		
		<i>M</i>	<i>ET</i>	<i>Min Max</i>	<i>M</i>	<i>ET</i>	<i>Min Max</i>	<i>M</i>	<i>ET</i>	<i>Min Max</i>	<i>M</i>	<i>ET</i>	<i>Min Max</i>
MP <i>N</i> = 23	11 F 12 H	67.13	8.99	46 81	13.95	3.61	9 22	26.63	2.77	22 30	19.96	10.29	2.5 38.33
C <i>N</i> = 30	17 F 13 H	65.93	7.97	46 81	15.13	3.22	9 20	27.33	2.04	22 30	18.39	8.47	- .83 34.16

Note. *F* = femme, *H* = homme, *M* = moyenne, *ET* = écart-type, *Min-Max* = minimum-maximum.

Six sujets ont été exclus de l'étude. L'un d'entre eux ne semblait pas comprendre la consigne, deux sujets n'avaient pas le français pour langue maternelle et deux autres présentaient des troubles

auditifs importants (seuils > 40 dB). L'un des sujets du groupe MP n'avait pas de diagnostic posé de maladie de Parkinson.

Le Comité d'éthique a donné un accord favorable au projet d'étude, suite au dossier transmis.

1.2. Matériel

Le matériel de passation était composé d'un questionnaire de 25 questions à remplir sur papier, d'un ordinateur, d'un casque audio, d'un dictaphone, et d'un audiomètre.

Deux échelles ont été administrées afin de permettre l'inclusion des participants à l'étude :

- Le MoCA, qui évalue les fonctions cognitives (Nasreddine et al., 2005). Les sujets devaient avoir un score supérieur ou égal à 22/30 pour être inclus. Ce test a été administré par les neurologues des services hospitaliers ou par les investigateurs.
- L'échelle de latéralité manuelle d'Edinburgh Handedness Inventor (Oldfield, 1971), qui évalue la latéralité préférentielle.

L'épreuve de segmentation sur ordinateur était constituée de seize paires d'homophones (ex. "l'apesanteur"/"la pesanteur"). Les stimuli pouvaient être de deux types :

- Les stimuli de la condition H1, dont la première voyelle était accentuée pour indiquer que le mot de contenu débutait par une voyelle (ex. « C'est l'**a**pesanteur ») : ils étaient formés de l'article défini élidé « l' » et d'un nom débutant par la voyelle « a ».
- Les stimuli de la condition H2, dont la consonne était accentuée pour indiquer que le mot de contenu commençait par une consonne (ex. « C'est la **p**esanteur ») : ils étaient constitués de l'article défini « la » et d'un nom débutant par une consonne.

L'épreuve de production de la parole était composée de douze images abstraites pour le set A et de douze autres images du même type pour le set B.

1.3. Procédure

L'expérience avait une durée totale d'une heure. Le participant pouvait demander des pauses entre les épreuves et entre les différents essais des épreuves. Celles-ci duraient chacune quinze minutes environ.

À l'entrée du participant dans la salle, après nous être présentée, nous lui expliquions rapidement le but et le déroulé de l'expérience. Il était précisé que toutes les données le concernant seraient anonymes et qu'il était libre d'interrompre l'expérience à tout moment. Puis, nous lui présentions les lettres d'informations et l'invitions à signer les formulaires de consentement. Le questionnaire et le test de latéralité étaient ensuite proposés au participant. A ce stade, pour

anonymiser les données, un code lui était attribué. Le test MoCA était administré aux sujets contrôles et aux sujets avec la maladie de Parkinson.

Après cette phase de pré-test, l'épreuve de segmentation était réalisée. Le participant entendait les 96 stimuli des conditions H1 et H2 via un casque audio, suite à un entraînement de 6 items. L'ordre de passation des stimuli était randomisé. Chaque item était présenté trois fois. Après chaque stimulus entendu, deux propositions s'affichaient sur un fond noir d'écran d'ordinateur. Le participant devait cliquer sur le bouton correspondant à la proposition entendue parmi les deux séquences homophones proposées. Par exemple, le participant choisissait s'il avait entendu « l'apesanteur » ou bien « la pesanteur » selon l'accentuation perçue et la segmentation ainsi réalisée.

Pour rappel, ce type de tâche a déjà été utilisé dans la littérature (Spinelli et al., 2010) et permet bien d'étudier la perception de la prosodie linguistique en français. C'est pourquoi nous l'avons également utilisée dans notre étude.

La deuxième épreuve concernait la production de la parole et nécessitait donc un enregistrement. Douze images étaient disposées devant le participant, réparties aléatoirement sur la table. L'expérimentateur possédait quant à lui une feuille où ces images étaient rangées dans un ordre précis. Il avait pour objectif de décrire les images de telle sorte que le participant puisse progressivement ordonner les images à l'identique. Un cache séparait les deux individus. L'épreuve était composée de six essais consécutifs. Elle était interrompue si le temps de passation dépassait quinze minutes. Le participant pouvait échanger librement avec l'expérimentateur pendant cette épreuve. La situation devait être la plus naturelle possible. Cette épreuve a été administrée aux dix-neuf premiers sujets avec la maladie de Parkinson et aux dix-huit premiers sujets contrôles. Les données ont été collectées mais elles n'ont pas fait l'objet d'une analyse dans ce mémoire.

Enfin, une audiométrie tonale au casque permettait d'obtenir les seuils auditifs à 500, 1000 et 2000 Hz pour chaque oreille. Nous pouvions ainsi calculer le seuil tonal moyen des participants. La population de l'étude étant relativement âgée et donc susceptible de présenter une presbyacousie, la fréquence de 4000 Hz n'a pas été retenue.

Un temps était prévu pour échanger sur la passation, répondre aux éventuelles questions, et remercier le participant.

1.4. Analyse de données

Les statistiques descriptives et les tests statistiques de l'étude ont été effectués à l'aide de Libre Office Calc.

Il manque les données du MoCA pour quatre patients. De même, les informations concernant le niveau d'éducation n'ont pas pu être récupérées pour deux patients.

Pour analyser les résultats de la tâche de segmentation, nous nous sommes intéressée à la réponse donnée par le participant en condition H1 et H2. Dans un premier temps, nous avons calculé les taux de réponses lorsque le participant choisissait le stimulus écrit avec la consonne accentuée (ex. « la pesanteur »), soit :

- **le taux de réponses H2 dans la condition H2** : lorsque le participant a sélectionné le stimulus avec la consonne accentuée (ex. réponse : « la pesanteur »), et c'est celui qu'il a entendu (H2). Cela correspond à une segmentation correcte.

- **le taux de réponses H2 dans la condition H1** : lorsque le participant a sélectionné le stimulus avec la consonne accentuée (ex. réponse : “la **p**esanteur”), alors qu’il a entendu le stimulus homophone (ex. « l’**a**pesanteur ») avec la première voyelle accentuée (H1). Cela correspond à une segmentation erronée.

Un test de Student a ensuite été utilisé pour comparer les scores des groupes MP et C. Il est convenu que les résultats sont significatifs si $p < .05$.

Dans un deuxième temps, nous avons cherché à savoir s’il existait des corrélations entre le taux global de réponses correctes (réponses H1 pour la condition H1 et H2 pour la condition H2) à la tâche de segmentation et les différentes variables (durée du diagnostic pour le groupe MP, niveau cognitif, audition). Pour cela, nous nous sommes aidée du test de corrélation de Pearson. La corrélation est négative si $r < 0$, nulle si $r = 0$, positive si $r > 0$. Elle est ensuite interprétée comme étant faible (corrélation de $- .5$ à 0 ou de 0 à $.5$) ou forte (corrélation de -1 à $- .5$ ou de $.5$ à 1). La significativité de la corrélation est également avérée si $p < .05$.

Dans ce mémoire figure l’analyse de la corrélation entre le taux global de réponses correctes à la tâche de segmentation et l’audition des participants. Les mémoires d’Anglès-Dauriac (2020) et de Galliou (2020) s’intéressent respectivement à l’étude du niveau cognitif et de l’avancement de la maladie.

Pour étudier plus spécifiquement les seuils auditifs tonaux des participants, la moyenne des seuils de l’oreille gauche et de l’oreille droite de chaque sujet a été réalisée. Puis, les seuils tonaux moyens des participants de chaque groupe ont été calculés et comparés.

Résultats

1.1. Statistiques descriptives

L’appariement des deux groupes a été vérifié par un test de Student pour l’âge, le niveau d’études, le score cognitif au MoCA et l’audition. Aucune différence significative n’a été observée entre les deux groupes concernant ces caractéristiques ($p > .05$) :

- Age : $p = .62$
- Niveau d’études : $p = .24$
- Niveau cognitif (MoCA) : $p = .35$
- Audition : $p = .55$

Les deux groupes étaient donc parfaitement appariés.

1.2. Effet de la maladie de Parkinson sur la perception prosodique

Le tableau suivant présente les paramètres des résultats obtenus à la tâche de segmentation dans les deux groupes, ainsi que les tests paramétriques de Student permettant la comparaison des performances.

Tableau 2. Comparaison des paramètres du groupe MP et du groupe C.

	<i>Moyenne H1</i>	<i>Ecart-type H1</i>	<i>Test de Student H1</i>	<i>Moyenne H2</i>	<i>Ecart-type H2</i>	<i>Test de Student H2</i>
Groupe MP N = 23	33.39	16.11	<i>p1 = .86</i>	66.11	17.96	<i>p2 = .54</i>
Groupe C N = 30	32.64	13.96		69.03	15.30	

Les tests de Student *p1* et *p2* ne montrent pas de différence significative entre le groupe MP et le groupe C ($p > .05$) que ce soit pour la condition H1 ou H2, lorsque les participants choisissaient le stimulus écrit avec la consonne accentuée (ex. « la **p**esanteur »).

Nous observons un effet de la condition dans les deux groupes. L'accentuation sur la voyelle a favorisé majoritairement à une segmentation de type « C'est + article élide + mot commençant par une voyelle » (66.61 % dans le groupe MP et 67.36 % dans le groupe C). De même, l'accentuation de la consonne a entraîné plus de segmentations de type « C'est + article + mot commençant par une consonne » (66.11 % dans le groupe MP et 69.03 % dans le groupe C).

La figure ci-dessous illustre les résultats des deux groupes à la tâche de segmentation.

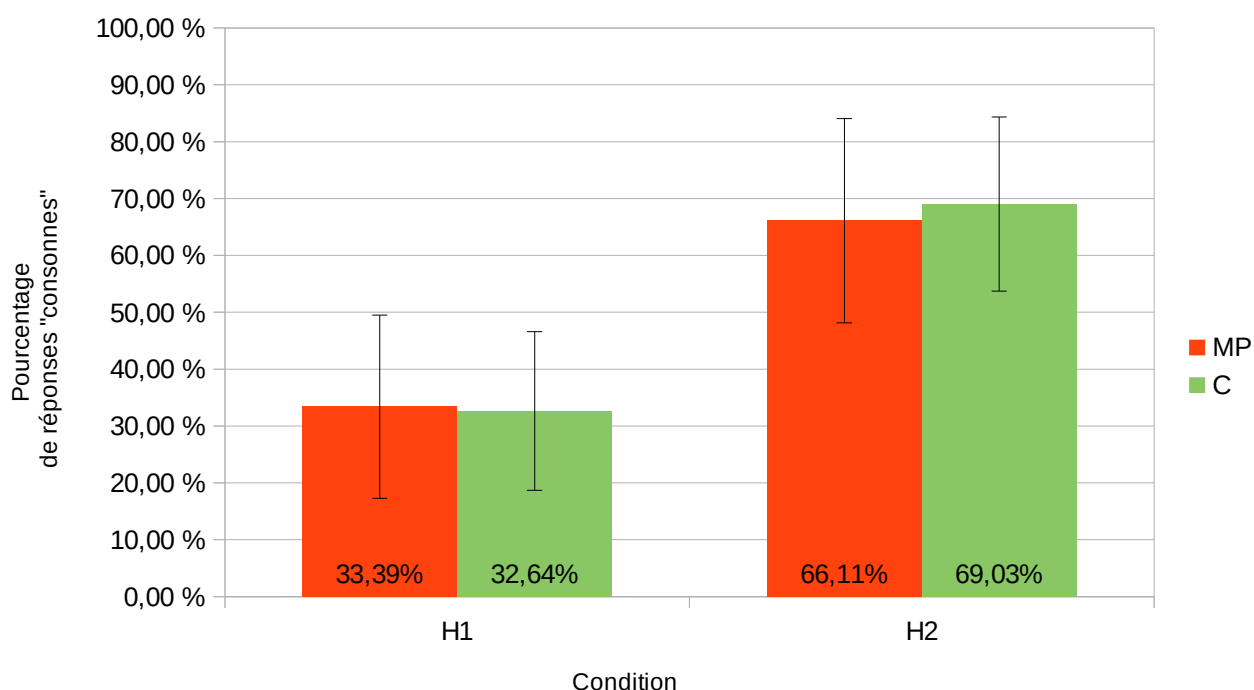
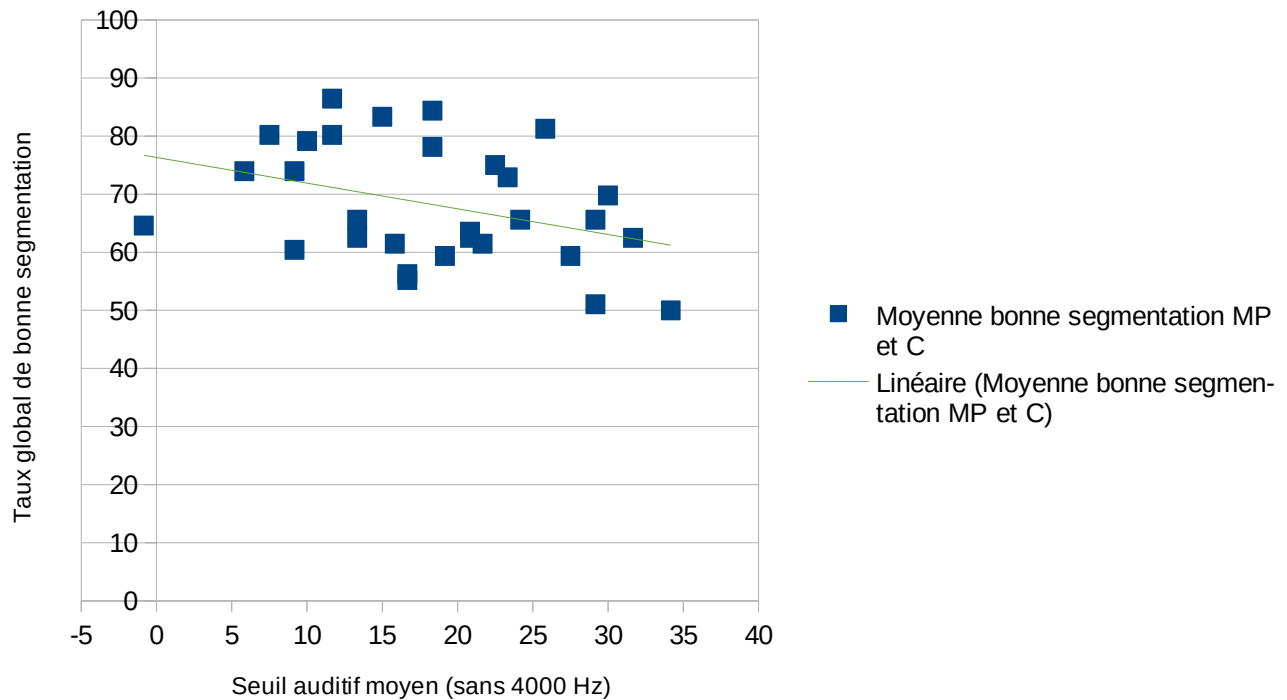


Figure 1. Pourcentage de réponses « consonnes » en fonction de la condition (H1 vs H2) et du groupe (MP vs C).

1.3. Etude des liens entre perception de la prosodie linguistique et audition

Les figures ci-dessous présentent l'étude des liens entre le taux global de bonne segmentation (réponses H1 pour la condition H1 et H2 pour la condition H2) et l'audition moyenne des sujets.



**Figure 2. Taux de bonne segmentation en fonction du seuil auditif moyen
(participants MP et C confondus).**

- Test de corrélation de Pearson : $r = -.36$
- $p = .008$

Il y a une corrélation négative faible entre l'audition et les résultats à la tâche de segmentation chez l'ensemble des participants. Cette corrélation est significative. Plus les seuils auditifs moyens des participants sont élevés, plus le taux de bonne segmentation a tendance à être faible.

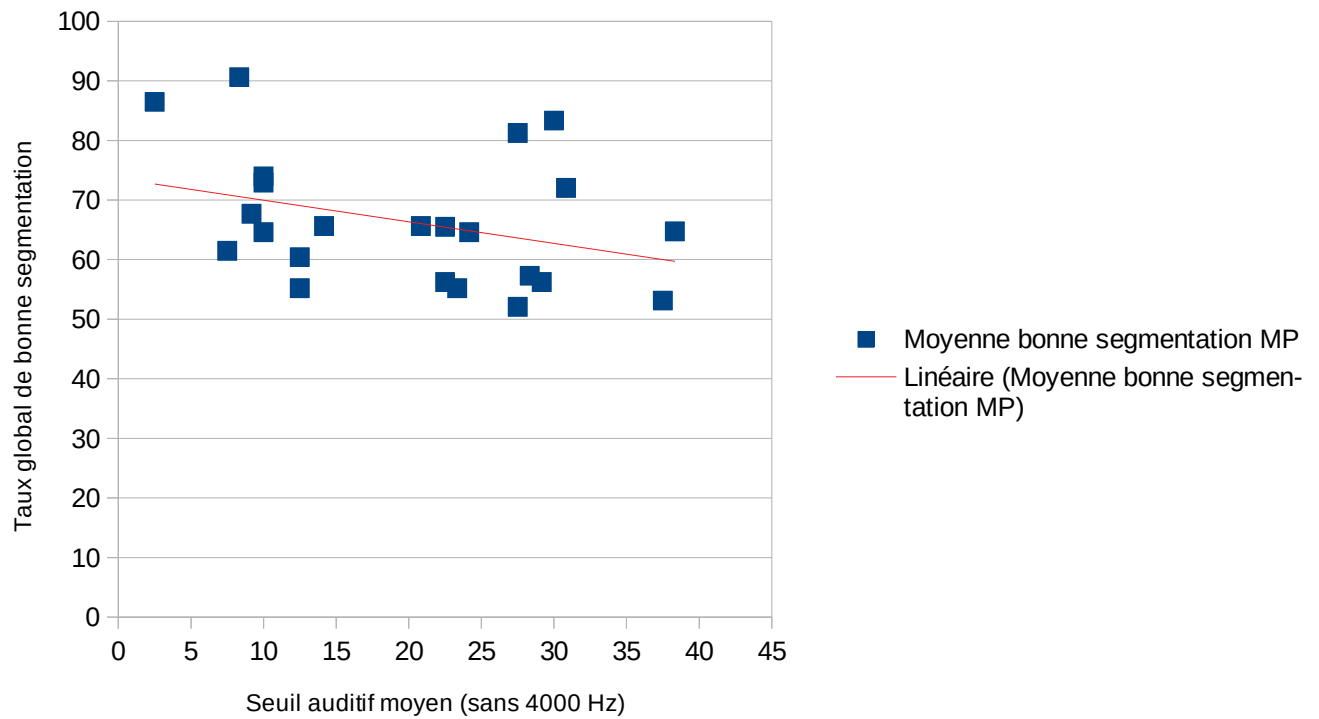


Figure 3. Taux de bonne segmentation en fonction du seuil auditif moyen (groupe MP).

- Test de corrélation de Pearson : $r = -.34$
- $p = .11$

Aucune corrélation n'est mise en évidence entre l'audition et les résultats à la tâche de segmentation ($p > .05$) dans le groupe MP seul. Cependant, nous observons une tendance : plus les seuils auditifs moyens sont élevés, plus le taux de bonne segmentation tend à être faible dans ce groupe.

Discussion

Nous avons étudié la perception de la prosodie linguistique dans la maladie de Parkinson en comparant des sujets avec la maladie de Parkinson à des sujets contrôles.

Pour cela, nous avons formé deux groupes avec au total 53 sujets (pour rappel, 23 participants avec la maladie de Parkinson et 30 participants contrôles). C'est un nombre satisfaisant en regard des échantillons de population généralement retrouvés dans les études similaires. L'étude de Lloyd (1999) comptait par exemple 11 personnes avec la maladie de Parkinson et celle de Martens et al. (2016) en incluait 22. Un nombre plus élevé d'individus aurait bien sûr permis d'obtenir une puissance statistique encore plus importante.

Les résultats de notre étude ne montrent pas de différence significative entre le groupe de sujets avec la maladie de Parkinson et le groupe contrôle. L'absence de résultats significatifs peut provenir du fait qu'il n'y a effectivement pas de déficit notable de la prosodie linguistique en réception dans cette pathologie. La perception de la prosodie linguistique serait ainsi relativement préservée en comparaison à la prosodie émotionnelle. Ces données vont dans le même sens que celles de Martens et al. (2016). Ces derniers avaient émis toutefois l'hypothèse que l'absence de différence significative pouvait résulter de critères d'inclusion assez stricts, que nous allons discuter par la suite.

Leurs participants devaient avoir un score cognitif minimum au Mini Mental State (MMSE) (Folstein, Folstein, & McHugh, 1975) de 27 sur 30. Un résultat se situant entre 26 et 30 est considéré comme normal au MMSE. Leurs sujets ne présentaient donc pas d'atteinte cognitive, même légère, d'après ce test de screening. Nous avons utilisé le test MoCA (Nasreddine et al., 2005) qui est aujourd'hui reconnu comme étant une évaluation cognitive plus sensible aux atteintes plus légères. Notre seuil d'inclusion était toutefois moins strict (24/30) car il autorisait des individus avec une atteinte cognitive très légère à participer. Une revue de la littérature a montré que le déficit de perception de la prosodie émotionnelle dans la maladie de Parkinson pouvait être causé par une atteinte cognitive, en particulier de la mémoire de travail (Kwan & Whitehill, 2011). Il est vrai que notre tâche de perception de la prosodie linguistique faisait intervenir le contrôle exécutif et les compétences de mémoire de travail. Les participants devaient notamment mobiliser leur attention soutenue car le nombre d'items présentés était assez élevé. Ils devaient également faire preuve d'inhibition et de flexibilité pour choisir la proposition adéquate parmi la paire d'homophones. En effet, chaque item était présenté trois fois, mais avec une prosodie variable. De bonnes capacités de mémoire auditivo-verbale, même à très court terme, étaient aussi nécessaires pour choisir la proposition écrite correspondant à l'énoncé entendu un peu plus tôt. Un score cognitif relativement préservé peut donc expliquer l'absence de différence observée. L'influence de l'état cognitif sur les performances des participants a été étudiée en détail par Anglès-Dauriac (2020). Il en ressort une corrélation significative, positive et modérée pour le groupe MP seul ($r = .48$; $p = .04$). Cela signifie que plus l'état cognitif (en lien avec le score MoCA) était bon, plus le taux global de bonne segmentation était élevé, ce qui est cohérent avec les données de la littérature. Un seuil d'inclusion plus bas au test MoCA aurait donc sans doute favorisé des performances moins bonnes chez les sujets avec la maladie de Parkinson. Cependant, ni le MMSE ni le MoCA ne peuvent refléter exactement l'état du système exécutif et de la mémoire de travail, car ils restent des tests rapides de screening qui n'exploitent pas forcément tous les processus cognitifs.

En outre, l'âge peut avoir un impact sur la perception de la prosodie, comme nous l'avons évoqué précédemment. Une recherche écossaise (Orbelo, Grim, Talbott, & Ross, 2005) a montré que les sujets âgés en bonne santé avaient des résultats significativement moins bons que les sujets

jeunes à plusieurs tâches de compréhension de la prosodie affective. La variabilité au sein du groupe des personnes âgées n'était pas prédite par une perte auditive périphérique à modérée ni par des difficultés cognitives identifiées. La diminution de la compréhension de la prosodie affective chez les personnes âgées serait reliée à un effet de l'âge spécifique qui touche les fonctions de l'hémisphère droit. Une autre étude allemande (Raithel & Hielscher-Fastabend, 2004) a comparé un groupe de douze sujets jeunes (*moyenne d'âge* = 25.8 ans) et un groupe de douze sujets plus âgés (*moyenne d'âge* = 54.6 ans), sans problème neurologique. Les participants devaient dire si le mode syntaxique (déclaration, affirmation ou ordre) d'un énoncé entendu était congruent avec l'intonation perçue. Puis, ils ont entendu les mêmes énoncés modifiés par un filtre low-pass. Celui-ci a conservé l'intonation mais il a rendu les mots et le contenu phonétique totalement inintelligibles. Une différence significative a été observée entre les plus jeunes et les plus âgés pour ces deux tâches, avec des meilleurs résultats dans le groupe des plus jeunes. Martens et al. (2016) ont également montré une corrélation négative et modérée entre l'âge de leurs participants et les scores de leur test de perception de la prosodie linguistique, dans le groupe contrôle comme dans le groupe de sujets avec la maladie de Parkinson. Les capacités d'identification des contours intonatifs linguistiques semblent donc décliner avec l'âge, même si elles demeurent fonctionnelles en communication réelle. En ce qui nous concerne, nous n'avons pas exclu de participants en raison d'un âge avancé, la maladie de Parkinson étant une pathologie qui s'exprime chez le sujet relativement âgé. Pour rappel, l'âge de nos participants s'étendait de 46 à 81 ans pour les deux groupes. La moyenne d'âge était de 65.93 ans pour les sujets contrôles et de 67.13 ans pour les sujets avec la maladie de Parkinson. Il n'y avait pas de différence significative entre les deux groupes, ce qui nous a permis de les apparier. Nous avons calculé les corrélations entre l'âge et le taux global de bonne segmentation dans notre tâche. La seule corrélation significative concernait le groupe MP ($r = -.63$, $p = .001$). Cette forte corrélation négative signifie que plus les sujets avec la maladie de Parkinson étaient âgés, plus ils avaient tendance à réaliser un nombre important de mauvaises segmentations.

On peut se demander si cette tendance n'est pas à mettre davantage en lien avec l'évolution de la maladie. En effet, les participants avec la maladie de Parkinson les plus âgés sont généralement ceux qui ont une durée d'évolution de la maladie plus importante. Or, on retrouve dans la littérature certaines particularités du fonctionnement cognitif lorsque la maladie est plus avancée. Elles concernent essentiellement la mémoire, l'attention et les fonctions exécutives. Une démence apparaît dans 40 % des cas, environ dix à quinze ans après le diagnostic (Defebvre, 2007). Ces données sont bien sûr à relativiser dans notre étude, car même si les sujets avec la maladie de Parkinson âgés ont obtenu un score de mauvaise segmentation plus élevé, ils ne présentaient pas pour autant de démence. La durée d'évolution moyenne de la maladie était de 7.91 ans depuis l'annonce du diagnostic (*écart-type* = 6.12 ans, *minimum* = 0 an, *maximum* = 23 années). On ne retrouve d'ailleurs pas de corrélation robuste entre l'avancée de la maladie et la segmentation ($r = -.13$ et $p = .55$). Le détail de l'étude du lien entre l'évolution de la maladie et les résultats de la segmentation figure dans le mémoire de Galliou (2020).

Pour ce qui est du contrôle de l'audition, nous avons fixé le seuil auditif moyen maximal à 40 dB (au moins un seuil d'une des deux oreilles inférieur à 40 dB). Cela correspond à la borne supérieure d'une surdité légère dans la classification du Bureau International d'Audiophonologie (B.I.A.P). Nous avons appliqué le même protocole d'évaluation à tous les participants, avec le casque et le décibelmètre, contrairement à l'étude de Martens et al. (2016). Dans celle-ci, 20 des 22 sujets avec la maladie de Parkinson ont bénéficié d'un test auditif formel. Ils devaient obtenir au moins un seuil tonal moyen en dessous de 25 dB pour une oreille. Tous les autres participants (2 MP et 22 C) ont reçu une simple évaluation clinique. Leurs deux groupes n'étaient donc pas entièrement

comparables pour l'audition. Une légère perte auditive pourrait passer inaperçue au cours d'une évaluation clinique. Nos sujets dont l'audition était légèrement atteinte présentaient pour la plupart une presbyacousie. C'est une surdité de perception se caractérisant par une élévation des seuils sur les fréquences aiguës. Chez les sujets qui présentent ce type de surdité, les caractéristiques suprasegmentales sont mieux perçues que les caractéristiques segmentales (Boothroyd, 1984). Certains paramètres acoustiques liés aux indices prosodiques sont en effet assez résistants aux distorsions dues à la perte d'audition, alors que les indices permettant la reconnaissance des phonèmes sont plus réduits. Les consonnes sont par exemple moins bien perçues que les voyelles (Boothroyd, 1984). De façon générale, on observe une corrélation négative entre le degré de perte auditive et la perception des contrastes segmentaux (reconnaissance de phonèmes) et suprasegmentaux (intonation, hauteur de la voyelle, etc.) chez des individus atteints d'une surdité de perception moyenne à profonde (Boothroyd, 1984). Une façon de savoir dans quelle mesure la perception de la prosodie peut être influencée par une perte auditive est d'identifier la répartition spectrale de la prosodie chez des sujets normo-entendants. Cela permet de connaître quelles fréquences sont déterminantes pour la perception des indices prosodiques. L'information prosodique est distribuée sur l'ensemble du spectre mais des plages de fréquences sont plus spécifiques à certains types d'indices prosodiques. Les patterns d'intonation et les délimitations des énoncés sont mieux identifiés avec les fréquences basses. À l'inverse, les accents et le nombre de syllabes sont transmis essentiellement par des fréquences élevées. L'identification des paramètres prosodiques est cependant variable selon les sujets. Ceci explique pourquoi des personnes avec une surdité comparable peuvent avoir une perception de la parole un peu différente (Grant & Walden, 1996). Avec une presbyacousie importante et donc une atteinte des fréquences aiguës plus particulièrement, on pouvait s'attendre à ce que la perception de l'accent sur nos items (sur la voyelle /a/ ou sur la consonne initiale du mot) soit moins bonne que chez un sujet avec une audition normale, et conduise à plus d'erreurs de segmentation. Nous n'avons inclus que des participants avec une bonne audition ou une surdité légère. Nous avons calculé les corrélations entre le seuil auditif moyen et les capacités de segmentation prosodique dans les deux groupes. Nous avons observé une corrélation négative faible et significative entre le seuil auditif moyen et le taux global de bonne segmentation chez l'ensemble des sujets ($r = -.36, p = .008$). Ainsi, une élévation des seuils auditifs, jusqu'à la surdité légère dans notre étude, entraîne une baisse du taux de bonne segmentation. On ne retrouve pas de valeur significative lorsqu'on analyse seulement les données des sujets avec la maladie de Parkinson. Cependant, une tendance se dessine également : plus les seuils auditifs sont élevés, plus le taux de bonne segmentation tend à être faible dans le groupe MP ($r = -.34, p = .11$). Des corrélations plus franches auraient peut-être pu être retrouvées avec des sujets présentant une presbyacousie importante. Toutefois, avec une audition trop dégradée, nous n'aurions pas pu savoir si des résultats faibles à la tâche de segmentation auraient plutôt été attribuables au déficit auditif ou à une perception prosodique altérée.

Martens et al. (2016) évoquent enfin une influence possible de la dépression sur les performances des personnes avec la maladie de Parkinson. Comme nous l'avons vu, ce trouble de l'humeur est très fréquent dans cette pathologie, en réaction à celle-ci mais aussi en conséquence du manque de dopamine. Des études retrouvent un déficit de perception de la prosodie affective chez les personnes présentant une dépression dans des tâches de reconnaissance d'émotions d'après l'intonation (Luck & Dowrick, 2004 ; Uekermann, Abdel-Hamid, Lehmkämpfer, Vollmoeller, & Daum, 2008). L'extraction des informations acoustiques suprasegmentales étant une étape commune de l'analyse de la prosodie émotionnelle et linguistique, nous pouvons nous interroger sur les capacités de perception de la prosodie linguistique chez les sujets dépressifs. Cependant, aucune

étude à notre connaissance n'a été réalisée pour mesurer l'impact de la dépression sur la perception de la prosodie linguistique en particulier. Par le biais de notre questionnaire, nous avons obtenu des informations sur la prise éventuelle d'antidépresseurs et sur un suivi psychologique. Un nombre important de nos patients avec la maladie de Parkinson prenait un traitement antidépresseur. Des recherches sont encore nécessaires pour étudier si cette variable a un impact ou non sur la perception de la prosodie linguistique.

Les caractéristiques du test de perception prosodique dont nous nous sommes servi dans l'étude peut également influencer les résultats obtenus. Nous avons opté pour une tâche de segmentation prosodique, utilisée dans la littérature pour étudier la perception de la prosodie française (Spinelli et al., 2010). La durée et la f_0 de la première voyelle /a/ jouaient un rôle dans l'accentuation des items présentés. Nous avons vu que ces paramètres permettent la segmentation d'un énoncé en français, en particulier quand il est ambigu. Les items de cette tâche ont été repris dans plusieurs études françaises. C'est par exemple le cas de Ogane, Schwart et Ito (2020) qui observent les relations entre articulation et perception de la parole. Ils ont montré chez des sujets sains l'influence d'indices somatosensoriels sur le visage sur la segmentation de ces items ambigus et donc sur les décisions lexicales. A ce jour, notre étude est la première qui a utilisé la tâche de segmentation de Spinelli et al. (2010) pour comparer la perception de la prosodie linguistique de personnes atteintes de la maladie de Parkinson avec celle de leurs pairs non malades. Dans les précédentes études, les participants devaient déterminer le mode de plusieurs phrases homophones d'après l'intonation perçue (Blonder et al., 1989 ; Pell, 1996 ; Scott et al., 1984). Peu d'études se sont intéressées à la segmentation d'énoncés homophones grâce aux accentuations lexicales (Lloyd, 1999 ; Martens et al., 2016). Dans ces dernières, les sujets devaient choisir l'image (parmi trois) qui correspondait à un énoncé entendu contenant un homophone. Ce type de présentation réduit le choix des items et donc leur nombre, puisqu'ils doivent pouvoir être illustrés et être plutôt fréquents pour être reconnus. Notre tâche ne nécessitait pas la présentation d'images. La fréquence de certains de nos items était relativement rare (ex. « C'est l'avarice/l'areine/l'aversion). Cela n'a pas posé problème étant donné que nous n'évaluons pas la compréhension à proprement parler de ce qui était entendu, mais uniquement la perception de la segmentation. De plus, les énoncés des précédentes études étaient en anglais, en néerlandais ou encore en d'autres langues. Les accents lexicaux et la prosodie de façon générale sont propres à chaque langue. Par exemple, dans certaines langues, la prosodie intervient au niveau lexical. C'est le cas des langues à tons, comme le norvégien, dans lesquelles les variations de hauteur sont réalisées au niveau du mot pour opposer des paires minimales. Dans les langues à accent morphologique, comme l'anglais, l'accent intervient également au niveau lexical, mais la distribution accentuelle est contrainte par la catégorie syntaxique des mots. Dans d'autres langues, la prosodie joue un rôle « post-lexical », c'est-à-dire dans l'organisation générale du discours (Lacheret, 2011). Nous apportons donc des données françaises qui n'existaient pas jusqu'à présent. En outre, la plupart des études qui ont examiné la prosodie en réception dans la maladie de Parkinson datent de plusieurs décennies. Nos résultats permettent d'apporter des informations plus récentes, à mettre en perspective avec les avancées actuelles de la recherche sur cette pathologie. Un autre atout de notre étude est le nombre d'items présentés aux participants. Notre tâche de segmentation est constituée de 96 items, ce qui permet de favoriser une certaine fiabilité des résultats. L'étude de Martens et al. ne comportait par exemple que six énoncés homophones, ce qui est insuffisant pour généraliser les résultats de leurs sujets avec la maladie de Parkinson à la population atteinte de cette maladie. Notre tâche était également informatisée, ce qui a limité les biais liés à une évaluation subjective des réponses. Il n'y

avait que deux boutons possibles sur lesquels appuyer pour enregistrer la réponse. Nos participants n'étant pas tous familiarisés avec les outils informatiques, ce mode de réponse était adapté et ne leur a pas posé de difficultés. Une dernière caractéristique du test qu'il est important de souligner est la voix enregistrée pour présenter les énoncés. Un seul modèle de voix (homme) a été utilisé. On sait que les contours intonatifs et surtout la f_0 sont dépendants du locuteur. Il aurait donc été préférable de fournir plusieurs modèles, féminins et masculins. Toutefois, la voix d'un homme est généralement caractérisée par une f_0 plus grave. Comme les fréquences aiguës sont moins bien perçues dans la presbyacousie, une voix masculine favorise une meilleure perception auditive dans une population qui a majoritairement plus de cinquante ans.

Nous avons passé en revue et discuté différentes variables susceptibles d'influencer les résultats de notre étude (critères d'inclusion et caractéristiques du test). Comme nous l'avons exposé, nous n'avons pas montré de différence significative entre les deux groupes. Pourtant, avant la réalisation de l'étude, nous faisons l'hypothèse d'une perception de la prosodie linguistique moins performante chez les personnes avec la maladie de Parkinson. En effet, différentes recherches montrent des déficits perceptifs de façon générale. Les patients avec la maladie de Parkinson ont par exemple des difficultés à évaluer leurs propres sentiments d'après leurs sensations physiques et physiologiques (Hillier et al., 2007). Ils présentent aussi des niveaux d'empathie plus faibles que des sujets sains, ainsi que des performances inférieures aux tâches de théorie de l'esprit dans lesquelles il faut inférer des états cognitifs et affectifs d'autres personnes (Narme et al., 2013). En ce qui concerne plus spécifiquement les éléments prosodiques, le traitement de la prosodie émotionnelle serait altéré même lors d'une écoute passive de stimuli auditifs, avec une analyse auditive inconsciente. La perception de la prosodie émotionnelle serait donc touchée dès les premières étapes du traitement (Schröder, Nikolova, & Dengler, 2009). Ce déficit participerait d'ailleurs à l'apparition de perturbations prosodiques que l'on retrouve en production chez les patients avec la maladie de Parkinson, notamment la monotonie. Par ailleurs, la reconnaissance d'émotions négatives est généralement plus perturbée, que ce soit dans la modalité visuelle ou vocale (Peron et al., 2012). Il est important de noter que l'altération de la reconnaissance prosodique des émotions ne semble pas être liée au niveau de handicap moteur ni à la prise de médicaments (Gray & Tickle-Degnen, 2010). C'est un trouble qui semble ainsi être la conséquence directe de la maladie. Il était donc légitime de penser que le déficit du traitement des émotions au niveau cognitif, visuel ou encore vocal aurait pu s'accompagner d'un trouble du traitement de la prosodie linguistique dans la maladie de Parkinson.

D'autres pistes de réflexion peuvent encore être développées pour de futures recherches. Tout d'abord, le traitement dopaminergique des patients avec la maladie de Parkinson pourrait avoir un impact bénéfique sur leurs performances de perception de la prosodie, même minime. En effet, différentes études suggèrent un traitement auditif différent dans la maladie de Parkinson, du fait de l'atteinte de certains neurotransmetteurs et en particulier la dopamine. En ce qui concerne les aspects expressifs dans la maladie de Parkinson, une thérapie dopaminergique pourrait en principe atténuer les symptômes moteurs de la dysarthrie. Les médicaments dopaminergiques auraient tendance à améliorer l'articulation et à ralentir le débit, ce qui peut favoriser une meilleure intelligibilité. Cependant, la littérature convient que la prosodie et la fonction phonatoire sont des éléments peu sensibles à la dopamine (Spencer, Morgan, & Blond, 2009). Au niveau perceptif, la dopamine pourrait jouer un rôle non négligeable. Elle est notamment impliquée dans le système olivo-cochléaire latéral efférent. Celui-ci réalise un rétrocontrôle des messages provenant de la cochlée, ce qui permet l'intégration de l'intensité des signaux sonores. La dopamine inhibe

l'activité du nerf auditif et protège par conséquent la cochlée d'une exposition importante au bruit. Or, ce neurotransmetteur faisant défaut dans la maladie de Parkinson, les résultats audiologiques objectifs et subjectifs des patients pourraient être modifiés. Des chercheurs ont utilisé la base de données de l'Assurance Maladie taïwanaise pour réaliser une étude rétrospective. Leur cohorte était composée d'un groupe de 4976 personnes avec une perte auditive récemment diagnostiquée et d'un groupe de 19 904 personnes sans perte auditive. Les deux groupes ont été suivis pendant plusieurs années. Une perte auditive est associée à un risque augmenté de maladie de Parkinson avec un risque relatif de 1.77 (incidence de 3.11 vs 1.76 pour 1000 personnes) (Lai, Liao, Lin, Lin, & Sung, 2014). Les personnes atteintes de la maladie de Parkinson sont plus touchées par la surdité de perception liée à l'âge, sur les hautes fréquences, que ce qui est attendu dans le reste de la population. Il est possible que le vieillissement naturel associé aux processus neurodégénératifs intrinsèques à la maladie de Parkinson aboutisse à une presbycousie anticipée (Vitale et al., 2012). De Keyser et al. (2019) ont étudié les résultats audiologiques objectifs de patients avec la maladie de Parkinson sous état médicamenteux ou non. Ils ont mesuré les réponses aux oto-émissions acoustiques provoquées des cellules ciliées externes de la cochlée. Il s'est avéré qu'elles étaient significativement plus élevées chez les sujets avec la maladie de Parkinson testés sans médication par rapport aux contrôles, mais qu'il n'y avait pas de différence entre les résultats des sujets avec la maladie de Parkinson sous médication et les contrôles. La réponse plus importante des oto-émissions acoustiques lors d'un état non médicamenteux proviendrait d'une diminution de l'inhibition auditive, traduisant un dysfonctionnement du système. Le système olivo-cochléaire serait en effet touché par les protéines alpha-synucléines et par la destruction des neurones dopaminergiques qui inhibent l'activité du nerf auditif et protègent la cochlée, comme nous l'avons vu précédemment. D'autres éléments de la littérature abondent dans le sens d'une altération sélective de la perception de caractéristiques acoustiques telles que la fréquence et l'amplitude dans la maladie de Parkinson (Troche et al., 2012). De plus, les travaux de Mollaei et al. (2019) mettent en évidence des différences de traitement acoustique également pendant le contrôle moteur de la parole. Les sujets avec la maladie de Parkinson ont été testés en état de non médication (douze heures). Ils ont montré une sensibilité perceptuelle significativement accrue aux variations de la hauteur (fréquence fondamentale f_0), lorsqu'ils jugeaient leur propre production manipulée en temps réel. Par contre, ils réagissaient significativement moins que les participants contrôles aux changements de formants. Or, le traitement de la hauteur est réalisé au niveau du tronc cérébral. Le filtrage de l'information sensorielle pertinente semble ainsi affecté. Celui-ci est traité par les noyaux gris centraux, que nous savons touchés dans cette pathologie. La réponse accrue à la modification de la hauteur tonale peut donc refléter une nouvelle fois une libération de l'inhibition, causée par l'insuffisance de dopamine dans le tronc cérébral. Une étude similaire (Chen et al., 2013) suggérait aussi que la déficience des noyaux gris centraux était à l'origine d'un dysfonctionnement de la rétroaction somatosensorielle, et provoquait par conséquent une intégration sensorimotrice anormale du contrôle de la voix (f_0) chez les sujets avec la maladie de Parkinson.

Dans notre étude, les participants avec la maladie de Parkinson étaient sous traitement dopaminergique. Cela pourrait donc contrebalancer les effets du manque de dopamine sur le filtrage auditif. L'étude de Martens et al. (2016) ne montrait pas non plus de différence significative de la perception de la prosodie linguistique chez les sujets avec la maladie de Parkinson. Ils étaient eux aussi sous médication dopaminergique, en phase ON au moment de l'expérience. Rien n'indique toutefois qu'un traitement auditif particulier a une réelle influence sur la perception prosodique et sur la compréhension de la parole. Une meilleure acuité auditive des paramètres acoustiques chez les adultes en bonne santé n'est pas corrélée à une augmentation des performances dans les tâches

de traitement de la parole (Troche et al., 2012). Notre expérience pourrait être réalisée avec des patients avec la maladie de Parkinson qui ne sont pas sous traitement dopaminergique pour vérifier si cela s'applique à une population avec des troubles de la parole. Cela pose néanmoins un problème d'ordre éthique. Un arrêt de traitement n'est pas sans conséquences pour ces patients. De plus, des études apportent des preuves d'un déficit de perception de la prosodie émotionnelle, même lorsque les participants continuent à prendre leur traitement dopaminergique. S'il y avait un déficit notable de la perception de la prosodie linguistique dans la maladie de Parkinson, nous aurions pu nous attendre à voir un effet sur la segmentation prosodique malgré le traitement.

Par ailleurs, nous avons vu que la production et la perception de la parole sont étroitement liées. En effet, le contrôle de la motricité de l'appareil vocal est en partie réglé selon le feedback auditif de la hauteur et des propriétés articulatoires (Mollaei, Shiller, Baum, & Gracco, 2016). Les sujets avec la maladie de Parkinson présentent pour la plupart une dysarthrie hypokinétique après quelques années, caractérisée par une hypophonie, une dysphonie, une hypoprosodie et des mouvements articulatoires réduits. La littérature montre qu'au niveau cérébral, il existe des anomalies fonctionnelles en lien avec des mécanismes pathologiques de la perception de la parole dans la maladie de Parkinson. Arnold, Gehrig, Gispert, Seifried et Kell (2014) ont demandé à des sujets allemands présentant la maladie de Parkinson depuis peu et à des sujets contrôles de lire des phrases avec différentes intonations. Ils ont comparé les valeurs des différents paramètres acoustiques de la voix et l'activité cérébrale des participants. Les sujets avec la maladie de Parkinson ne présentaient pas encore de difficultés vocales audibles puisqu'ils étaient à un stade débutant de la maladie. En revanche, les auteurs ont retrouvé une hypoconnectivité striato-préfrontale associée à des processus d'auto-surveillance dysfonctionnels de la voix chez ces sujets. Ainsi, l'hypophonie que l'on observe après quelques années dans cette population pourrait résulter en partie de ces déficits. En effet, si les patients avaient une auto-surveillance fonctionnelle de leur parole, ils détecteraient spontanément l'hypophonie et pourraient la corriger, ce qui n'est généralement pas le cas. Les auteurs de l'étude émettent l'hypothèse qu'un feedback auditif réduit affecterait par ailleurs la netteté des représentations motrices de la parole, car elles seraient par conséquent moins fréquemment activées. Ces altérations pourraient de ce fait participer à l'apparition de difficultés articulatoires et donc d'une dysarthrie, au même titre que le déficit purement moteur. Dans une autre étude chinoise (Huang et al., 2016), similaire à celle de Mollaei et al. (2019), des sujets avec la maladie de Parkinson et des sujets contrôles ont dû maintenir plusieurs fois la voyelle /u/ pendant environ cinq secondes. Les participants entendaient en direct leur voix au moyen d'écouteurs, mais le feedback auditif de la fréquence était modifié par un logiciel. Un électroencéphalogramme était réalisé en même temps pour mesurer et comparer les signaux électrophysiologiques des deux groupes. Les patients du groupe MP ont présenté des compensations vocales significativement plus importantes au feedback erroné de leur voix par rapport à leurs pairs. Des réponses électrophysiologiques plus importantes ont également été observées en comparaison aux sujets contrôles, en lien avec une activation plus élevée des gyri frontal inférieur et temporal supérieur gauches et du cortex prémoteur gauche. Cette étude fournit d'autres preuves d'anomalies cérébrales chez les sujets avec la maladie de Parkinson, reflétant des particularités de perception et d'intégration auditive lors du contrôle de leur propre voix. Il serait donc intéressant de présenter notre tâche à des patients avec la maladie de Parkinson présentant une dysarthrie à des degrés variables. Une dysarthrie importante serait peut-être corrélée avec une perception de la prosodie dégradée.

En pratique clinique, la rééducation orthophonique de la dysarthrie s'appuie fortement sur le feedback sensoriel pour entraîner des changements dans le comportement moteur. Les patients avec

la maladie de Parkinson ne sont pas forcément en mesure de graduer correctement leur débit et l'intensité de leur voix en l'absence de signal externe. Ils sont néanmoins capables de normaliser leur parole si le thérapeute leur fournit un modèle externe ou les accompagne dans l'augmentation de l'intensité vocale (Fox, Morrison, Ramig, & Sapis, 2002). C'est un des principes sur lequel repose la thérapie LSVT® LOUD (Lee Silverman voice treatment). Le protocole intensif consiste en seize sessions d'une heure réparties sur un mois (quatre par semaine). Le patient réalise des drills, en maintenant une voyelle aiguë, grave, et de fréquence confortable le plus longtemps possible et avec une intensité sonore élevée. D'autres exercices de généralisation sont proposés, basés sur des phrases fonctionnelles, de la lecture et des conversations. Le patient est invité à s'entraîner chez lui en dehors des séances de rééducation et à poursuivre quotidiennement les exercices toute sa vie, s'il veut maintenir les effets. La thérapie LSVT® vise ainsi à automatiser l'augmentation de l'intensité sonore en augmentant l'effort vocal, grâce à l'accompagnement du thérapeute et au modèle qu'il propose. Elle permet de recalibrer la sensation proprioceptive de l'effort demandé et de corriger les anomalies corticales fonctionnelles des patients. Cette thérapie a montré son efficacité à court terme, après douze mois, par une amélioration significative des mesures de l'intensité vocale. Les effets se maintiennent à long terme, d'après les contrôles effectués deux ans après. De plus, une amélioration a été démontrée sur d'autres variables telles que le débit, l'aspect monotone de la voix, ou encore l'intelligibilité de la parole (Mahler, Ramig, & Fox, 2015). L'intensité n'est qu'une des dimensions acoustiques de la prosodie. Un autre programme, SPEAK OUT!®, s'est intéressé à l'intensité vocale mais également aux autres variables que sont la hauteur et la durée, pour améliorer des compétences communicationnelles fonctionnelles. Des indices comme « Parlez avec autorité », « Dites-le avec enthousiasme » sont utilisés pendant les séances pour encourager la prise de parole intentionnelle. L'intention permet d'augmenter l'intensité vocale tout en variant l'intonation, pour se rapprocher d'une prosodie plus naturelle. Le protocole se déroule sur douze sessions d'environ 45 minutes réparties sur quatre semaines. Six types d'activités sont proposés, dont des échauffements vocaux, des prolongations de voyelles, des exercices d'intonation et des tâches cognitives impliquant la parole. Des exercices sont effectués au domicile pendant 25 jours. Cette thérapie montre aussi des résultats prometteurs, avec une amélioration significative de l'intensité de la parole et de la gamme de tonalités utilisées. Un tel programme semble donc être bénéfique pour des patients avec la maladie de Parkinson qui veulent améliorer tous les paramètres prosodiques (Boutsen, Park, Dvorak, & Cid, 2018).

Si la rééducation orthophonique de la dysarthrie s'appuie sur un entraînement moteur dépendant de la perception proprioceptive, aucune évaluation préalable n'existe toutefois pour contrôler la perception de la prosodie qu'a le patient. L'évaluation orthophonique est réalisée à partir de batteries spécifiques, telles que la Batterie d'Evaluation Clinique de la Dysarthrie (Auzou & Rolland-Monnoury, 2006). Elles permettent au clinicien de juger la dysarthrie d'un point de vue perceptivo-moteur. Elle ne prend pas en compte ce que le patient avec la maladie de Parkinson perçoit des différents paramètres de sa propre voix, en comparaison avec des sujets du même âge. L'évaluation orthophonique classique peut néanmoins être complétée par un questionnaire d'auto-évaluation du type Voice Handicap Index 30 (Johnson, Jacobson, Grywalski, & Silbergleit, 1997). Cette échelle explore les caractéristiques physiques, fonctionnelles et émotionnelles de la dysphonie du point de vue du patient, mais n'évalue pas spécifiquement la prosodie. La création d'un test qui mesure la conscience des troubles prosodiques dans le cadre de la dysarthrie pourrait être utile.

Conclusion

Nous avons étudié la perception de la prosodie linguistique chez des patients avec la maladie de Parkinson pour observer s'il y avait des différences avec des sujets appariés en bonne santé. Nous avons pour cela utilisé une tâche de segmentation prosodique du français. La littérature montrait en effet des déficits de perception de la prosodie émotionnelle, mais les données scientifiques étaient peu abondantes en ce qui concerne la perception de la prosodie linguistique chez ces patients. Nous avons également administré différents tests pour contrôler l'inclusion des participants et étudier les corrélations entre les capacités de segmentation et diverses variables (âge, MoCA, audition, etc.). Après avoir comparé nos participants avec la maladie de Parkinson à notre population de référence, nous avons analysé les différents résultats.

Nous n'avons pas montré de différence significative entre les deux groupes à la tâche de segmentation. Ceci va dans le sens d'une absence d'un déficit de perception de la prosodie linguistique dans la maladie de Parkinson. Ces résultats sont d'ailleurs cohérents avec d'autres recherches actuelles. Un plus grand nombre de sujets pourrait permettre d'appuyer nos conclusions.

Il reste cependant certains points à éclaircir, notamment au niveau de l'impact possible du traitement dopaminergique, qui pourrait atténuer une différence de perception prosodique. Nous avons vu que la dopamine semble jouer un rôle dans le traitement auditif et que celui-ci est perturbé chez les patients sans traitement dopaminergique. Dans notre étude, une corrélation pouvait être observée entre une perte d'audition et les résultats de segmentation. Elle n'était pas plus marquée chez les sujets avec la maladie de Parkinson que chez les sujets contrôles. Nos patients avec la maladie de Parkinson prenaient néanmoins un traitement dopaminergique. Il serait intéressant de vérifier si le traitement auditif particulier résultant d'une déplétion dopaminergique influence réellement la perception de la prosodie.

D'autres études sont également nécessaires pour approfondir les liens entre perception de la prosodie et dysarthrie hypokinétique. Cela pourrait aboutir à un test qui prenne en compte cet aspect, et permettre à la rééducation orthophonique d'être plus ciblée.

Bibliographie

- Anglès-Dauriac, C. (2020). *Etude de la perception de la prosodie dans la maladie de Parkinson et niveau cognitif* (Mémoire d'orthophonie). Université de Lille, Lille.
- Arnold, C., Gehrig, J., Gispert, S., Seifried, C., & Kell, C. A. (2014). Pathomechanisms and compensatory efforts related to Parkinsonian speech. *Neuroimage*, 4, 82-97.
- Auzou, P., & Rolland-Monnoury, V. (2006). *Batterie d'Evaluation Clinique de la Dysarthrie*. Isbergues : Ortho-edition.
- Auzou, P., Rolland-Monnoury, V., Pinto, S., & Özsancak, C. (2007). *Les dysarthries*. Belgique : De Boeck supérieur.
- Bänziger, T., Grandjean, D., Bernard, P. J., Klasmeyer, G., & Scherer, K. R. (2001). Prosodie de l'émotion : étude de l'encodage et du décodage. *Cahiers de Linguistique Française* 23, 11-37.
- Boothroyd, A. (1984). Auditory perception of speech contrasts by subjects with sensorineural hearing loss. *Journal of Speech and Hearing Research*, 27, 134-144.
- Boutsen, F., Park, E., Dvorak, J., & Cid, C. (2018). Prosodic Improvement in Persons with Parkinson Disease Receiving SPEAK OUT!® Voice Therapy. *Folia Phoniatrica Logopaedica*, 70, 51-58.
- Breitenstein, C., Van Lancker, D., Daum, I., & Waters, C. H. (2001). Impaired perception of vocal emotions in Parkinson's disease : influence of speech time processing and executive functioning. *Brain and Cognition*, 45(2), 277-314.
- Blonder, L.X., Gur, R.E., & Gur, R.C. (1989). The effect of right and left hemiparkinsonism prosody. *Brain Language*, 36, 193-207.
- Chen, X., Zhu, X., Wang, E. Q., Chen, L., Li, W., Chen, Z., & Liu, H. (2013). Sensorimotor control of vocal pitch production in Parkinson's disease. *Brain research*, 1527, 99-107.
- Clark, J. P., Adams, S. G., Dykstra, A. D., Moodie, S., & Jog, M. (2014). Loudness perception and speech intensity control in Parkinson's disease. *Journal of communication disorders*, 51(1), 1-12.
- Coquet, F. (2006). Prise en compte du versant compréhension dans l'évaluation et la prise en charge du langage oral chez l'enfant. *Rééducation orthophonique*, 227, 7-20.
- Dahan, D. (2015). Prosody and language comprehension. *Cognitive science*, 6(5), 441-452.
- Darley, F.L., Aronson, A.E., & Brown, J.R. (1975). Hypokinetic dysarthria : disorders of extrapyramidal system. Dans : *Motor speech disorders* (p.171-197). Etats-Unis : WB Saunders.
- Defebvre, L. (2007). La maladie de Parkinson et les syndromes parkinsoniens apparentés. *Médecine nucléaire*, 31, 304-313.
- Defebvre, L., & Vérin, M. (2015). *La maladie de Parkinson*. France : Elsevier Masson.
- De Keyser, K., Santens, P., Bockstael, A., Botteldooren, D., Talsma, D., De Vos, S., & al. (2016). The Relationship Between Speech Production and Speech Perception Deficits in Parkinson's Disease. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 59(5), 915-931.

- De Keyser, K., De Letter, M., De Groote, E., Santens, P., Talsma, D., Botteldooren, D., & Bockstael, A. (2019). Systematic Audiological Assessment of Auditory Functioning in Patients With Parkinson's Disease. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 62, 1-14.
- Di Cristo, A. (2016). *Les Musiques du Français Parlé : Essais sur l'accentuation, la métrique, le rythme, le phrasé prosodique et l'intonation du français*. France : De Gruyter.
- Diehl, R.L., Lotto, A.J., & Holt, L.L. (2004) Speech Perception. *Annual Review of Psychology*, 55(1), 149-179.
- Dressen, C., Brandel, J.P., Schneider, A., Magar, Y., Renon, D., & Ziégler, M. (2007). Impact de la maladie de Parkinson sur la qualité de vie des conjoints de patients. Une étude qualitative. *Revue neurologique*, 163(8-9), 801-807.
- Dupuis, K., & Pichora-Fuller, M.K. (2010). Use of affective prosody by young and older adults. *Psychology and Aging*, 25(1), 16-29.
- Folstein, M.F., Folstein, S., & McHugh, P.R. (1975). Mini-Mental State : a practical method of grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12, 189-198.
- Fox, C. M., Morrison, C. E., Ramig, L. O., & Sapir, S. (2002). Current Perspectives on the Lee Silverman Voice Treatment (LSVT) for Individuals With Idiopathic Parkinson Disease. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 11(2), 111-123.
- Friederici, A.D. (2012). The cortical language circuit : from auditory perception to sentence comprehension. *Trends in cognitive sciences*, 16(5), 262-268.
- Galliou, J. (2020) *Etude de la perception de la prosodie dans la maladie de Parkinson en lien avec l'avancée de la pathologie* (Mémoire d'orthophonie). Université de Lille, Lille.
- Grant, K. W., & Walden, B. E. (1996). Spectral distribution of prosodic information. *Journal of Speech and Hearing Research*, 39, 228-238.
- Gray, H.M., & Tickle-Degnen, L. (2010). A meta-analysis of performance on emotion recognition tasks in Parkinson's disease. *Neuropsychology*, 24(2), 176-191.
- Harnad, S. (2003). Categorical Perception. Dans L. Nadel, *Encyclopedia of Cognitive Science* (1ère éd., vol. 4, p.67-74). Londres : Nature Publishing Group.
- Hillier, A., Beversdorf, D.Q., Raymer, A.M., Williamson, D.J., & Heilman, K.M. (2007). Abnormal emotional word ratings in Parkinson's disease. *Neurocase*, 13, 81-85.
- Hoekert, M., Vingerhoets, G., & Aleman, A. (2010). Results of a pilot study on the involvement of bilateral inferior frontal gyri in emotional prosody perception : an rTMS study. *Neuroscience*, 11, 93-101.

- Huang, X., Chen, X., Yan, N., Jones, J. A., Wang, E. Q., Chen, L., ..., & Liu, H. (2016). The impact of Parkinson's disease on the cortical mechanisms that support auditory-motor integration for voice control. *Human Brain Mapping*, 37, 4248–4261.
- Johnson, A. F., Jacobson, B., Grywalski, C., & Silbergleit, A. (1997). The Voice Handicap Index (VHI) : development and validation. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 6(3), 66-70.
- Kent R.D., Kent J.F., Weismer G., & Duffy J. (2000). What dysarthrias can tell us about the neural control of speech ? *Phonetics*, 28, 273-302.
- Kwan, L. C., & Whitehill, T. L. (2011). Perception of speech by individuals with Parkinson's disease : a review. *Parkinson's Disease*, 2011 : 389767.
- Lacheret, A. (2011). La prosodie au cœur du verbal. *Rééducation orthophonique*, 246, 87-104.
- Lai, S.-W., Liao, K.-F., Lin, C.-L., Lin, C.-C., & Sung, F.-C. (2014). Hearing loss may be a non-motor feature of Parkinson's disease in older people in Taiwan. *European Journal of Neurology*, 21, 752-757.
- Lloyd, A. J. (1999). Comprehension of prosody in Parkinson's disease. *Cortex*, 35, 389-402.
- Luck, P., & Dowrick, C. F. (2004). 'Don't look at me in that tone of voice!' Disturbances in the perception of emotion in facial expression and vocal intonation by depressed patients. *Primary Care Mental Health*, 2(2), 99-106.
- Mahler, L. A., Ramig, L. O., & Fox, C. (2015). Evidence-based treatment of voice and speech disorders in Parkinson disease. *Current opinion in otolaryngology & head and neck surgery*, 23(3), 209-215.
- Martens, H., Van Nuffelen, G., Wouters, K., & De Bodt, M. (2016). Reception of Communicative Functions of Prosody in Hypokinetic Dysarthria due to Parkinson's Disease. *Journal of Parkinson's Disease*, 6(1), 219-229.
- Mitchell, R., Kingston, R., & Barbosa Bouças, S. (2011). The specificity of age-related decline in interpretation of emotion cues from prosody. *Psychologie and Aging*, 26(2), 406-414.
- Mendonça da Fonseca, A., Momensohn dos Santos, T., & Prates de Souza, A. (2015) Hearing, cognition and speech perception in aging : literature evidence. *Distúrbios da Comunicação*, 27(1), 161-172.
- Möbes, J., Joppich, G., Stiebritz, F., Dengler, R., & Schröder, C. (2008). Emotional speech in Parkinson's disease. *Movement Disorders*, 23(6), 824-829.
- Mollaei, F., Shiller, D. M., Baum, S. R., & Gracco, V. L. (2016). Sensorimotor control of vocal pitch and formant frequencies in Parkinson's disease. *Brain research*, 1646, 269–277.
- Mollaei, F., Shiller, D. M., Baum, S. R., & Gracco, V. L. (2019). The relationship between speech perceptual discrimination and speech production in Parkinson's disease. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 62 (12), 4256-4268.
- Myers, E.B., Schuh, J.M., & Eigsti, I. (2016). Neural substrates of processing anger in language : contributions of prosody and semantics. *Journal of Psycholinguistic Research*, 45(6), 1359-1367.

- Narme, P., Mouras, H., Roussel, M., Duru, C., Krystkowiak, P., & Godefroy, O. (2013). Emotional and cognitive social processes are impaired in Parkinson's disease and are related to behavioral disorders. *Neuropsychology*, 27(2), 182-192.
- Nasreddine, Z. S., Phillips, N. A., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., ..., & 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.)
- Ogane, R., Schwartz, J.-L., Takayuki, I. (2020). Orofacial somatosensory inputs modulate word segmentation in lexical decision. *Cognition*, 197, 104163.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness : the Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113.
- Orbelo, D. M., Grim, M. A., Talbott, R. E., & Ross, E. D. (2005) Impaired comprehension of affective prosody in elderly subjects is not predicted by age-related hearing loss or age-related cognitive decline. *Journal of geriatric psychiatry and neurology*, 18(1), 25-32.
- Pell, M.D. (1996). On the receptive prosodic loss in Parkinson's disease. *Cortex*, 32, 693-704.
- Peron, J., Dondaine, T., Le Jeune, F., Grandjean, D., & Verin, M. (2012). Emotional processing in Parkinson's disease : a systematic review. *Movement Disorders*, 27(2), 186-199.
- Pichora-Fuller, M.K. (2003). Processing speed and timing in aging adults : psychoacoustics, speech perception, and comprehension. *International Journal of Audiology*, 42, 59-67.
- Pichora-Fuller, M.K., & Souza, P. (2003). Effects of aging on auditory processing of speech. *International journal of audiology*, 42, 11-16.
- Postuma, R., Berg, D., Stern, M., Poewe, W., Olanow, C., Oertel, W., & al. (2015). MDS clinical diagnostic criteria for Parkinson's disease. *Movement Disorders*, 30(12), 1591-1601.
- Raithel, V., & Hielscher-Fastabend, M. (2004). Emotional and linguistic perception of prosody. *Folia Phoniatica Logopaedica*, 56, 7-13.
- Saffarian, A., Shavaki, Y.A., Shahidi, G.A., & Jafari, Z. (2018). Effect of Parkinson disease on emotion perception using the Persian affective voices test. *Journal of Voice*. doi :10.1016/j.voice.2018.01.013
- Sammler, D., Grosbras, M.H., Anwender, A., Bestelmeyer, P.E., & Belin, P. (2005). Dorsal and ventral pathways for prosody. *Current Biology*, 25(23), 3079-85.
- Schröder, C., Nikolova, Z.T., & Dengler, R. (2009). Change of emotional prosody in Parkinson's disease. *Journal of the Neurological Sciences*, 289, 32-35.
- Schwartz, J.L., Basirat, A., Ménard, L., & Sato, M. (2012). The Perception for Action Control Theory (PACT) : a perceptuo-motor theory of speech perception. *Journal of Neurolinguistics*, 25(5), p.336-354.
- Scott, S., Caird, F.I., & Williams, B.O. (1984). Evidence for an apparent sensory speech disorders in Parkinson's disease. *Journal of neurosurgery and psychiatry*, 47, 840-843.
- Skipper, J.I., Van Wassenhove, V., Nusbaum, H.C., & Small, S.L. (2007). Hearing lips and seeing voices : how cortical areas supporting speech production mediate audiovisual speech perception. *Cerebral Cortex*, 17, 2387-2399.

- Spencer, K.A., Morgan, K.W., & Blond, E. (2009). Dopaminergic medication effects on the speech of individuals with Parkinson's disease. *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, 17(3), 125.
- Spinelli, E., Grimault, N., Meunier, F., & Welby, P. (2010). An intonational cue to word segmentation in phonemically identical sequences. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 72(3), 775-787.
- Sveinbjornsdottir, S. (2016). The clinical symptoms of Parkinson's disease. *Journal of Neurochemistry*, 139(1), 318-324.
- Taler, V., Baum, S., & Saumier, D. (2006). Perception of linguistic and affective prosody in younger and older adults. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 28(28), 2216-2221.
- Teston, B., & Vallet, F. (2005). La dysprosodie parkinsonnienne. Dans C. Ozsancak & P. Auzon, *Les troubles de la parole et de la déglutition dans la maladie de Parkinson* (p.161-194). France : Solal.
- Titone, D.A., Koh, C.K., Kjelgaard, M.M., Bruce, S., Speer, S.R., & Wingfield, A. (2006). Age-related impairments in there vision of syntactic misanalyses : Effects of prosody. *Lang Speech*, 49, 75-99.
- 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, 258-263.
- Tysnes, O.B., & Sortsein, A. (2017). Epidemiology of Parkinson's disease. *Journal of Neural Transmission*, 124, 901-905.
- Uekermann, J., Abdel-Hamid, M., Lehmkämpfer, C., Vollmoeller, W., & Daum, I. (2008). Perception of affective prosody in major depression: A link to executive functions ? *Journal of the International Neuropsychological Society*, 14, 552-561.
- Vaissière, J. (2010). Le français, langue à frontières par excellence. Dans N. Andrieu-Reix . *Frontières, du linguistique au sémiotique*. France : Lambert-Lucas.
- Ventura, M.I., Baynes, K., Sigvardt, K., Unruh, A., Acklin, S., Kirsch, H., & al. (2012). Hemispheric asymetries and prosodic emotion recognition deficits in Parkinson's disease. *Neuropsychologia*, 50(8), 1936-45.
- Viallet, F., & Teston, B. (2007). La dysarthrie dans la maladie de Parkinson. Dans P. Auzou. *Les Dysarthries* (p.169-174). France : Solal.
- Vitale, C., Marcelli, V., Allocca, R., Santangelo, G., Riccardi, P., Erro, R., ..., & Barone, P. (2012). Hearing Impairment in Parkinson's Disease : Expanding the Nonmotor Phenotype. *Movement Disorders*, 27(12), 1530-1535.
- Waldron-Perrine, B., & Axelrod, B. N. (2012). Determining an appropriate cutting score for indication of impairment on the montreal cognitive assessment. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 27(11), 1189-1194.

- Welby, P. (2007). The role of early fundamental frequency rises and elbows in French word segmentation. *Speech Communication*, 49, 28-48.
- Yurceturk, A.V., Yilmaz, H., Egrilmez, M., & Karaca, S. (2002). Voice analysis and videolaryngostroboscopy in patients with Parkinson's disease. *European archives of otorhinolaryngology*, 259, 290-293.