HAL
open science

Paramètres acoustiques et phonétiques dans la parole parkinsonienne avant et après traitement LSVT LOUD®

Maëlle Le Cerf, Emmanuel Ferragne

To cite this version:

Maëlle Le Cerf, Emmanuel Ferragne. Paramètres acoustiques et phonétiques dans la parole parkinsonienne avant et après traitement LSVT LOUD®. 6e conférence conjointe Journées d'Études sur la Parole (JEP, 33e édition), Traitement Automatique des Langues Naturelles (TALN, 27e édition), Rencontre des Étudiants Chercheurs en Informatique pour le Traitement Automatique des Langues (RÉCITAL, 22e édition), 2020, Nancy, France. pp.326-334. hal-02798555v2

HAL Id: hal-02798555

https://hal.science/hal-02798555v2

Submitted on 18 Jun 2020 (v2), last revised 23 Jun 2020 (v3)

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Actes de la 6e conférence conjointe Journées d'Études sur la Parole (JEP, 31e édition),
Traitement Automatique des Langues Naturelles (TALN, 27e édition),
Rencontre des Étudiants Chercheurs en Informatique pour le Traitement Automatique des Langues (RÉCITAL, 22e édition)
Nancy, France, 08-19 juin 2020

Paramètres acoustiques et phonétiques dans la parole parkinsonienne avant et après traitement LSVT LOUD®

Maëlle Le Cerf[1], Emmanuel Ferragne[2]
(1) UFR Santé, Université de Franche-Comté, 25000 Besançon
(2) Laboratoire de Phonétique et Phonologie, UMR 7018, CNRS/Univ. Sorbonne Nouvelle
maellelecerf@orange.fr, emmanuel.ferragne@u-paris.fr

Résumé

Objet : Notre recherche examine l'effet du Lee Silverman Voice Treatment (LSVT LOUD®) sur l'aire et la position de l'espace vocalique, la fréquence fondamentale (f0), les paramètres de qualité de voix, le débit de parole, le temps maximum phonatoire (TMP) et le ressenti de handicap vocal chez des patients francophones atteints de la maladie de Parkinson. **Méthode** : Un même protocole a été proposé en prétest et post-test à 12 patients parkinsoniens. **Résultats** : En post-test, nous observons une descente significative de l'espace vocalique, une différence de f0 entre la parole lue et la parole spontanée, une amélioration significative des paramètres de qualité de voix (*jitter*, *shimmer*, *HNR*) et du ressenti de handicap vocal. Le débit de parole des patients est maintenu, le TMP subit un effet de l'exercice.

Abstract

Acoustic and phonetic parameters in parkinsonian speech before and after LSVT LOUD®
Purpose: Our research examines the effect of the Lee Silverman Voice Treatment (LSVT LOUD®) on the area and position of the vowel space, fundamental frequency (f0), voice quality parameters, speech rate, maximum phonation time (MPT) and patient-perceived vocal handicap in French-speaking patients with Parkinson's disease. **Method**: The same protocol was proposed in pre-test and post-test to 12 Parkinsonian patients. **Results**: In post-test, we observed a significant lowering of the vowel space, a difference of f0 between read speech and spontaneous speech, a significant improvement in voice quality parameters (*jitter*, *shimmer*, *HNR*) and perceived vocal handicap. The patients' speech rate is maintained, the MPT shows an effect of exercise.

Mots-clés : Maladie de Parkinson, dysarthrie, LSVT LOUD®, analyse acoustique
Keywords: Parkinson's disease, dysarthria, LSVT LOUD®, acoustic analysis

Volume 1 : Journées d'Études sur la Parole, pages 326–334.
HAL : hal-02798555.
Cette œuvre est mise à disposition sous licence Attribution 4.0 International.

1 Introduction

La maladie de Parkinson (MP) est la deuxième maladie neuroévolutive la plus fréquente en France. Affectant environ 1% de la population de plus de 65 ans, elle est la cause majeure de handicap chez les personnes âgées (Inserm, 2015). L'évolution de cette maladie chronique est lente ; le but pour les personnes atteintes est de conserver leur autonomie le plus longtemps possible. Le parcours de soins du patient parkinsonien est multiple et se déploie autour d'un axe principal : l'éducation thérapeutique. La prise en charge orthophonique recommandée par la Haute Autorité de Santé (HAS) est un entraînement intensif grâce au traitement LSVT LOUD® (HAS, 2016).

La dysarthrie est un trouble de l'exécution motrice de la parole, dont l'origine est une lésion du système nerveux central ou périphérique. Dans la MP, elle est qualifiée d'hypokinétique et couvre un tableau clinique large où la respiration, la phonation, l'articulation, les résonances et la prosodie peuvent être touchées. Le schéma hyporespiratoire a pour conséquences une réduction du temps maximum phonatoire (TMP), et une diminution significative du nombre de syllabes produites par expiration. Le débit de parole des patients parkinsoniens a tendance à être plus rapide, en lien avec un contrôle articulatoire dégradé en fin d'énoncés (Liu *et al*., 2019). Plusieurs paramètres de la voix sont modifiés. La hauteur est impactée, due à une rigidité du muscle crico-thyroïdien, et à une réduction de la pression sous-glottique (Robert & Spezza, 2005). L'empan de la fréquence fondamentale est diminué, ce qui conduit à qualifier subjectivement la voix de « monotone » (Liu *et al*., 2019). Les études ne trouvent pas de consensus quant aux changements de la hauteur de la voix dans la MP (Ghio *et al*., 2014). L'hypophonie parkinsonienne est due à une mauvaise coordination du vibrateur laryngé, et une diminution des volumes d'air expirés. Les mesures de l'instabilité de la hauteur (*jitter*) et de l'intensité (*shimmer*) augmentent dans la parole parkinsonienne (Jiménez-Jiménez *et al*., 1997). La détérioration de la fonction laryngée donne lieu à un timbre dit « éraillé » ou « soufflé », typiquement caractérisé par l'ajout de bruit dans le signal acoustique, qu'il est possible de quantifier en examinant la diminution du *harmonic-to-noise ratio – HNR* (Yücetürk *et al*., 2002). L'altération des voyelles dans la MP est caractérisée par un déplacement de l'espace vocalique vers le haut, le formant F1 étant réduit du fait de l'aperture diminuée des voyelles (Audibert & Fougeron, 2012). L'ensemble de ces troubles engendre une perte d'intelligibilité, exacerbant l'impact psychosocial de la dysarthrie (Atkinson-Clement *et al*., 2019). L'évaluation du handicap vocal grâce au Voice Handicap Index (VHI) permet de connaître l'impact des troubles sur la qualité de vie des patients, et de juger de l'efficacité des pratiques thérapeutiques.

La dopathérapie et la stimulation cérébrale profonde apportent des effets bénéfiques sur les troubles moteurs, mais les effets sont parfois insatisfaisants sur la parole (Brabenec *et al*., 2017). La rééducation orthophonique LSVT LOUD® apparaît être une alternative à ces traitements. Elle cible le calibrage de l'intensité vocale adaptée aux situations de parole (Ramig *et al*., 2001). Bien que les échantillons de patients des études menées soient trop faibles pour soutenir ou réfuter un type de rééducation orthophonique par rapport à un autre (Herd *et al.*, 2012), la HAS considère ce protocole « *comme la méthode de référence* » (HAS, 2016, p. 54). L'essai clinique randomisé de Ramig *et al.* (2018) constitue à ce jour la meilleure preuve d'efficacité du traitement. Seize séances d'une heure,

en 4 semaines, permettent aux patients d'utiliser une parole forte (90dB) en entraînement, pour parler à intensité normale (60dB) en spontané. L'apprentissage et la répétition des exercices ont des effets neuroplastiques prouvés (Liotti *et al*., 2003 ; Narayana *et al*., 2010).

Plusieurs études ont été réalisées pour évaluer l'efficacité de cette pratique. D'une part, l'intensité est améliorée de façon significative à long terme (+24 mois) sur des voyelles prolongées (Wight & Miller, 2015). Cette amélioration n'est pas significative pour les tâches de lecture et de monologue. Les paramètres acoustiques se rapprochent de la parole non pathologique, à travers un élargissement du triangle vocalique (Sapir *et al*., 2007). L'évolution de ces paramètres permet une amélioration de l'intelligibilité de phrases (Cannito *et al*., 2012). D'autre part, des effets annexes sont relevés : réduction des troubles de la déglutition et réduction de l'hypomimie (El Sharkawi *et al*., 2002 ; Spielman *et al*., 2003). Enfin, le ressenti de handicap vocal est amélioré, jusqu'à 12 mois post-traitement (Wight & Miller, 2015). L'étude de la parole dite « pathologique » est à ce jour un sujet de recherche commun entre phonéticiens et cliniciens. La dysarthrie hypokinétique fait l'objet de nombreux travaux pour établir de façon objective l'impact des troubles respiratoires, vocaux, prosodiques et articulatoires engendrés par la MP, sur la qualité de la voix et la parole des patients. L'effet du traitement LSVT LOUD® sur certaines variables manque toutefois d'études. Nous proposons donc d'étudier des variables acoustiques et phonétiques, et d'analyser l'effet que ce traitement a sur des patients francophones atteints de la MP. Ainsi, d'après les résultats issus des précédentes recherches, et à condition d'un suivi assidu du protocole par les patients, une prise en charge LSVT LOUD® devrait avoir un effet bénéfique sur les altérations vocales et articulatoires.

2 Expérience

12 patients atteints de la MP ont participé à notre étude : 3 femmes et 9 hommes, âgés de 49 à 80 ans. Les patients étaient admis au Centre de Rééducation Fonctionnelle de Quingey (Franche-Comté, France) pour suivre un programme de rééducation LSVT LOUD® dispensé par les deux orthophonistes de l'établissement. Tous les patients ont été enregistrés à 2 reprises avec le même protocole : quelques heures/jours avant le début de leur rééducation, puis 5 semaines plus tard, le jour de leur sortie du centre. Les enregistrements se sont déroulés de janvier à décembre 2019.

Les patients ont été invités à converser pendant 2 minutes, à lire un extrait de 39 mots issu du *Petit Prince* (Saint-Exupéry), contenant les dix voyelles orales du français, et à produire 3 /a/ tenus (le patient n°2 n'a pas accompli cette tâche). Enfin, les scores au questionnaire VHI ont été recueillis. Les données ont été enregistrées à des heures identiques entre le prétest et le post-test, en début de journée, dans un même bureau. Le signal audio a été acquis au moyen d'un microphone USB Audio-Technica AT2020 placé à environ 30 centimètres de la bouche des patients, relié à un ordinateur portable fonctionnant sur batterie. Les signaux étaient enregistrés via le logiciel ROCme! (Ferragne *et al*., 2012). Les patients étaient assis sur une chaise, face à l'écran de l'ordinateur posé sur une table.

Pour l'échantillon conversationnel, les tours de parole du patient ont été segmentés manuellement sur le logiciel Praat. Cet enregistrement nous a permis d'analyser le débit de parole moyen en nombre de syllabes par seconde, et les valeurs moyennes de la f0 en demi-tons par rapport à 1 Hz, et son écart-type. Nous avons mesuré ces mêmes valeurs de fréquences grâce à l'extrait de lecture de texte. De plus, nous avons segmenté et étiqueté manuellement les 52 voyelles du texte avec Praat, en se basant sur la présence des bandes formantiques dans le spectrogramme. L'estimation des valeurs du milieu temporel des formants a été mesurée de façon semi-automatique, après ajustement manuel des valeurs de fréquence estimées aux pics d'énergie visibles sur le spectrogramme[1]. Ainsi, nous avons représenté les enveloppes convexes des triangles vocaliques et estimé l'aire du triangle vocalique. Chaque tenue vocalique a été segmentée manuellement. La valeur moyenne du TMP a été mesurée, ainsi que les valeurs de *jitter*, *shimmer* et *HNR* à l'aide d'un script.

3 Résultats

Nous anticipions un déplacement de l'espace vocalique vers les fréquences élevées dans sa représentation conventionnelle avec axes de F1 et F2 inversés, du fait de l'augmentation du formant F1, grâce au traitement LSVT LOUD®. La FIGURE *1* illustre cette augmentation de F1. L'analyse des valeurs du F1 moyen montre un effet bénéfique significatif (t = -7,61 ; df = 11 ; p < 0,01) du traitement, entraînant la descente de l'espace vocalique.

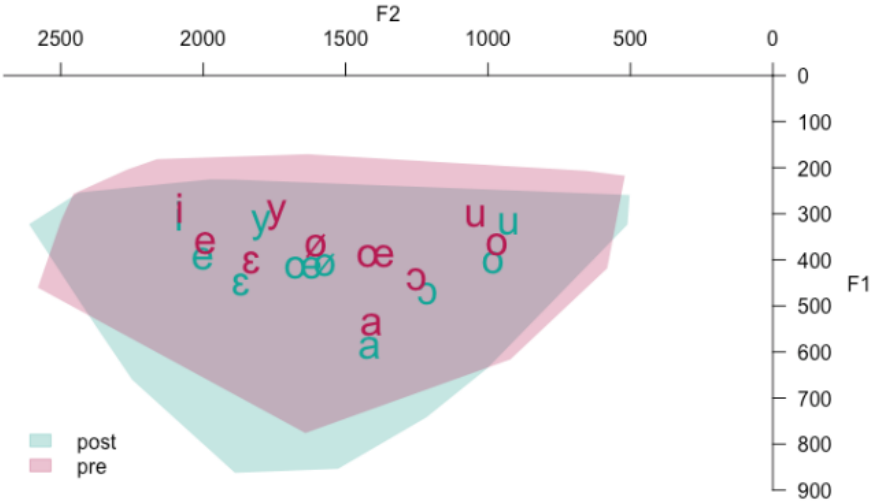

FIGURE 1 : Superposition des enveloppes convexes (Hz), selon chaque test

Nous anticipions un agrandissement de l'espace vocalique par augmentation de l'aire des enveloppes convexes. La comparaison des valeurs des aires entre pré- et post-test ne renvoie pas de résultats significatifs (t = -0,50 ; df = 11 ; p > 0,05).

1 Scripts disponibles à cette adresse : https://github.com/emmanuelferragne/CminR-Praatik .

Nous anticipions une augmentation du f0 moyen dans les deux modalités de parole (lecture et parole spontanée), suite au traitement LSVT LOUD®. Les résultats de notre étude calculés par un modèle linéaire mixte ayant comme facteurs fixes la modalité (lecture *vs* spontané) et le test (pré *vs* post), et le participant comme facteur aléatoire, montrent une augmentation significative ($p < 0{,}01$) de f0 en tâche de lecture, mais pas de différence significative f0 moyen en tâche de parole spontanée après le traitement. L'écart-type à la moyenne de f0 subit un effet de la parole : l'écart-type est significativement plus élevé pour la tâche de lecture ($p < 0{,}05$).

Concernant la qualité de voix, nous anticipions une diminution du *jitter* et du *shimmer*, et une augmentation du *HNR* suite au traitement LSVT LOUD®. Les résultats relevés par t-test appariés montrent un effet significatif bénéfique du traitement pour chacun des paramètres : *jitter* ($t = -3{,}44$; $df = 10$; $p < 0{,}01$), *shimmer* ($t = -5{,}81$; $df = 10$; $p < 0{,}01$), *HNR* ($t = 4{,}54$; $df = 10$; $p < 0{,}01$). La FIGURE *2* illustre les valeurs normalisées de ces paramètres de la qualité de voix.

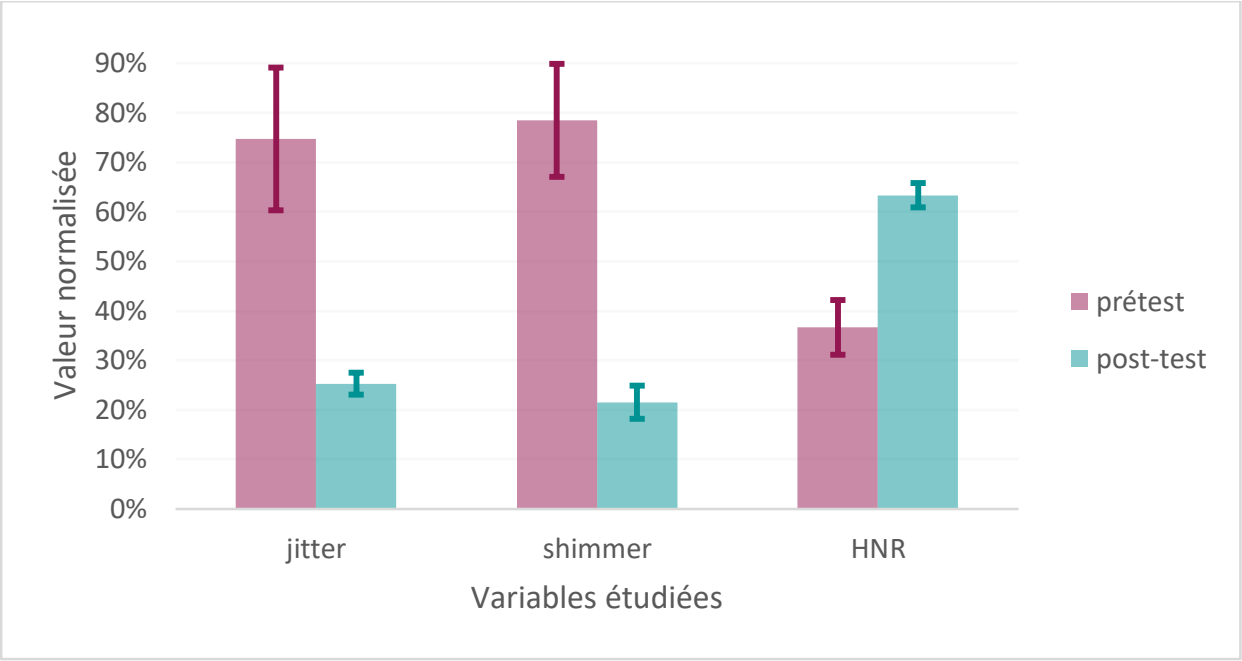

FIGURE 2 : Valeurs normalisées des paramètres de qualité de voix, selon le test

Pour étudier l'effet du traitement sur le ressenti de handicap vocal des patients, nous anticipions que le score obtenu au VHI diminuerait en post-test. Les résultats obtenus par t-test apparié évoquent un effet positif significatif du traitement LSVT LOUD® du score global ($t = -3{,}08$; $df = 11$; $p < 0{,}05$) et de chacun des sous-domaines étudiés : émotionnel ($t = -2{,}63$; $df = 11$; $p < 0{,}05$), physique ($t = -2{,}65$; $df = 11$; $p < 0{,}05$) et fonctionnel ($t = -3{,}71$; $df = 11$; $p < 0{,}01$). Ce ressenti étant propre à chaque individu, nous proposons une étude individuelle par comparaison des scores globaux : d'après Jacobson *et al*. (1997), une baisse de 18 points au score global signe une diminution bénéfique significative du ressenti de handicap, représentée en FIGURE *3*. Chaque barre fléchée indique la diminution, ou l'augmentation (n°7 et 11), du score global au VHI pour chaque patient.

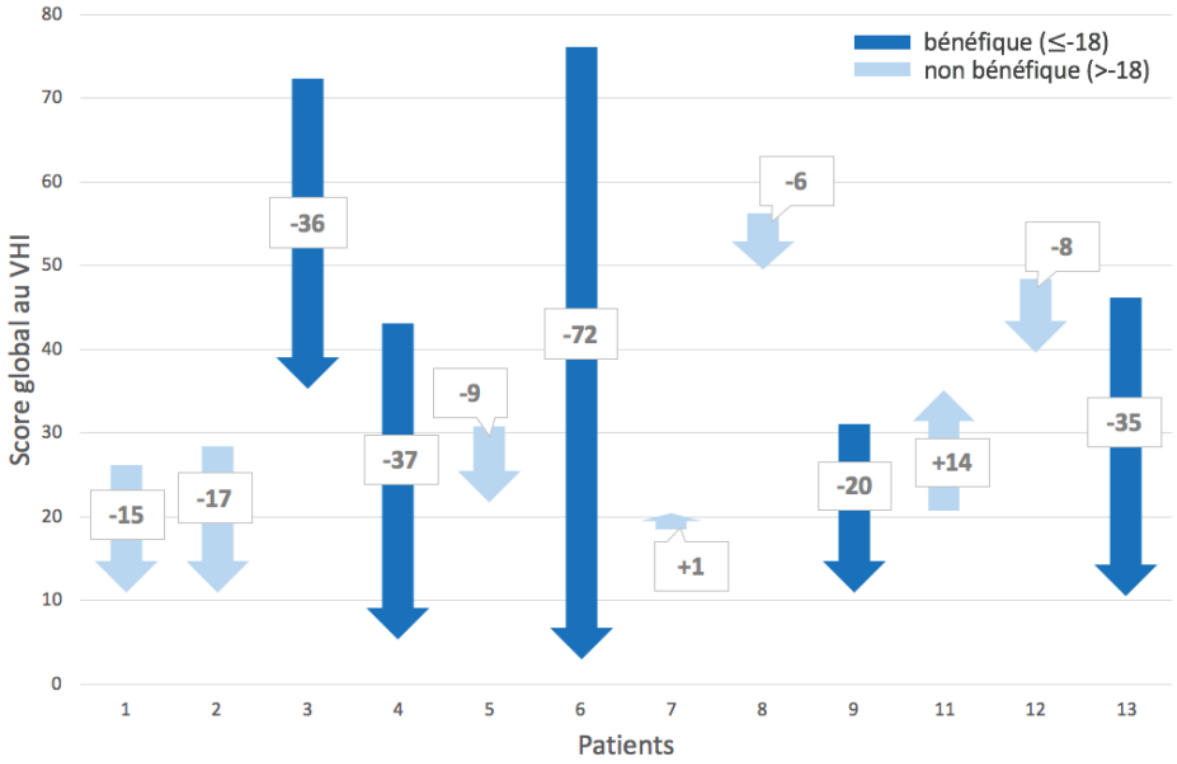

FIGURE 3 : Évolution du score global entre le post-test et le prétest, pour chaque patient

Enfin, notre étude ne met pas en évidence des effets significatifs pour l'analyse du débit (d'après un t-test, $t = 0{,}91$; $df = 454{,}34$; $p > 0{,}05$) et du TMP (d'après un t-test apparié, $t = -1{,}00$, $df = 10$, $p > 0{,}05$) suite au traitement LSVT LOUD® chez les patients étudiés. Le débit propre à chaque locuteur est globalement maintenu. Le TMP subit un effet de l'exercice : les tenues vocaliques demandées par la LSVT LOUD® imposent trois paramètres indissociables : intensité, durée et qualité. Le travail de la variation de hauteur se pratique sur des /a/ tenus, aigus et graves mais de durées limitées : 5 à 10 secondes. Lors de l'évaluation réalisée en post-test, la majorité des patients a demandé une reformulation de consigne pour le TMP : par exemple « aigu ou grave ? », ou encore « je le fais fort ? ». Ainsi, ce stimulus étant utilisé pour deux consignes différentes en rééducation, il est probable que certains patients ont hésité à faire durer leurs /a/. Cet effet de l'exercice n'est cependant pas retrouvé dans la littérature, qui fait état d'une augmentation du TMP grâce au traitement LSVT LOUD® (Ramig *et al.*, 1995).

4 Discussion

L'évaluation du handicap vocal ressenti par le patient permet, en clinique, d'adapter au mieux la prise en charge. Notre étude rapporte un effet significatif du traitement LSVT LOUD® sur le score global obtenu au VHI. Toutefois, lorsque nous comparons chaque patient à lui-même, seuls 5 patients sur les 12 ont un ressenti significativement amélioré par rapport au prétest. Ainsi, ces

résultats nous amènent à nous questionner sur la plainte vocale non systématique des patients parkinsoniens. D'une part, une évaluation de la plainte liée à la parole peut sembler plus adaptée pour certains patients. La version française du Speech Handicap Index (SHI) existe et peut être un outil fiable et sensible pour compléter l'évaluation de la plainte des patients (Degroote *et al*., 2012). D'autre part, la plainte vocale (ou de parole) peut émerger au cours de la rééducation, et contribuer à la prise de conscience des troubles.

Les paramètres objectifs de qualité de voix (*jitter*, *shimmer*, *HNR*) sont altérés dans la parole parkinsonienne (Jiménez-Jiménez *et al*., 1997 ; Yücetürk *et al*., 2002). Les résultats de notre étude montrent que ces mêmes paramètres sont significativement améliorés grâce au traitement LSVT LOUD®. Ce constat nous amène à conclure qu'une meilleure stabilité de la fréquence et de l'amplitude de vibration des cordes vocales participe à retrouver le caractère naturel de la voix, objectif premier de la prise en charge orthophonique des dysarthries.

Le groupe de patients parkinsoniens d'Audibert & Fougeron (2012) se distingue des autres sujets dysarthriques de l'étude par une réduction de F1, les voyelles étant produites de façon plus fermée. Les résultats de notre étude montrent que le traitement LSVT LOUD® permet une augmentation de F1 rapprochant ainsi la production des voyelles de celle de la parole normale. Ce constat nous amène à penser que l'entraînement permet une augmentation de la mobilité des articulateurs : l'aperture buccale s'en trouve modifiée et les voyelles sont produites de façon plus ouverte. Sapir *et al*. (2007) objectivent une augmentation de l'aire de l'espace vocalique grâce au traitement LSVT LOUD®. Les résultats de notre étude ne rapportent pas d'augmentation significative de l'aire de l'espace vocalique. Celle-ci est notable pour certains patients, mais n'est pas généralisable à l'ensemble de la population étudiée, ce qui nous amène à conclure sur le caractère nécessairement individuel de cette mesure. Il est à noter que les mesures effectuées diffèrent entre les 2 études : Sapir *et al*. (2007) utilisent seulement les voyelles /a/, /i/ et /u/ ; notre étude prend en compte l'ensemble des voyelles du système vocalique français au sein d'un texte lu, subissant alors l'effet de coarticulation évident.

D'après Ramig *et al*. (1995), le f0 moyen n'augmente pas de façon significative grâce au traitement LSVT LOUD®. Les résultats de notre étude n'apportent pas de résultats significatifs de l'évolution de f0 moyen en parole spontanée entre les tests. Sapir *et al*. (2007) évoquent une différence des résultats pour une même variable, selon la tâche proposée : le f0 moyen augmente pour la tâche de lecture, mais pas pour la tâche de parole spontanée. Notre étude retrouve cette dissociation significative entre les tâches de parole. En effet, la lecture est une tâche différente de la parole spontanée qui amène, chez tous les types de locuteurs, un comportement de performance vocale qui fait augmenter f0 (Ghio *et al*., 2014). De plus, il existe un décalage entre la perception interne qu'a le patient parkinsonien de son mouvement, et la réelle production motrice. Ainsi, l'ajustement explicite de la hauteur à la situation de lecture est plus aisé qu'un ajustement automatique dégradé par la maladie. L'étude de Ramig *et al*. (1995) évoque une augmentation significative de l'écart-type de f0 dans la tâche de monologue. Nous retrouvons cette augmentation de l'écart-type de f0, seulement sur la tâche de lecture. Ce constat peut être le résultat de la demande implicite de « mettre le ton » lors d'une lecture à voix-haute, et du passage au style direct proposé dans notre stimulus.

5 Conclusion

Les résultats présentés dans cette étude contribuent à élargir les connaissances dans le domaine de l'étude phonétique de la parole pathologique et notamment, de l'effet qu'a la LSVT LOUD® sur la parole de patients parkinsoniens francophones. Même si les différences interindividuelles sont patentes (effets de l'âge et du sexe), la position du triangle vocalique et les paramètres de qualité de voix tendent à se rapprocher de la parole normale. L'éducation thérapeutique des patients les amène à mieux se connaître, à avoir confiance en leur voix et en leur parole pour diminuer le retrait social dont souffrent les malades de Parkinson. Pour les études futures, il sera intéressant de dissocier les types de discours en tâche de lecture, d'objectiver les effets du traitement à plus long terme (+1 an, + 2 ans), et de comparer ces données à celles d'un groupe contrôle de sujets sains appariés. La plus-value de notre recherche réside donc, d'une part, dans l'étude de l'effet de la LSVT LOUD® spécifiquement sur le français et, d'autre part, dans la proposition d'un stimulus conversationnel, permettant alors une analyse plus écologique de l'utilisation de la parole par les patients.

Références

ATKINSON-CLEMENT, C., LETANNEUX, A., BAILLE, G., CUARTERO, M.-C., VERON-DELOR, L., ROBIEUX, C., BERTHELOT, M., ROBERT, D., AZULAY, J.-P., DEFEBVRE, L., FERREIRA, J., EUSEBIO, A., MOREAU, C., & PINTO, S. (2019). Psychosocial Impact of Dysarthria: The Patient-Reported Outcome as Part of the Clinical Management. *Neurodegenerative Diseases*, 1-10.

AUDIBERT, N., & FOUGERON, C. (2012). Distorsions de l'espace vocalique : Quelles mesures ? Application à la dysarthrie. *XXIXème Journées d'Études de la Parole,* Grenoble.

BRABENEC, L., MEKYSKA, J., GALAZ, Z., & REKTOROVA, I. (2017). Speech disorders in Parkinson's disease: Early diagnostics and effects of medication and brain stimulation. *Journal of Neural Transmission*, *124*(3), 303-334.

CANNITO, M. P., SUITER, D. M., BEVERLY, D., CHORNA, L., WOLF, T., & PFEIFFER, R. M. (2012). Sentence Intelligibility Before and After Voice Treatment in Speakers with Idiopathic Parkinson's Disease. *Journal of Voice*, *26(2)*, 214-219.

DEGROOTE, G., SIMON, J., BOREL, S., & CREVIER-BUCHMAN, L. (2012). The French version of Speech Handicap Index: Validation and comparison with the Voice Handicap Index. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 20-25.

EL SHARKAWI, AE., RAMIG, LO., LOGEMANN, JA., PAULOSKI, BR., RADEMAKER, A., SMITH, C., PAWLAS, A., BAUM, S., & WERNER, C. (2002). Swallowing and voice effects of Lee Silverman Voice Treatment (LSVT®): A pilot study. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, *72*(1), 31-36.

FERRAGNE, E., FLAVIER, S., & FRESSARD, C. (2012). ROCme! : Logiciel pour l'enregistrement et la gestion de corpus oraux. *XXIXème Journées d'Études de la Parole*, Grenoble, 19-20.

GHIO, A., ROBERT, D., GRIGOLI, C., MAS, M., DE LOOZE, C., MERCIER, C., & VIALLET, F. (2014). Les anomalies de la fréquence fondamentale chez le locuteur parkinsonien : Contraste entre les effets respectifs de l'hypodopaminergie due à la maladie de Parkinson et de l'apport thérapeutique par L-Dopa. *Revue de Laryngologie Otologie Rhinologie*, *135*(2), 63-70.

HAS. (2016). *Guide parcours de soins pour la maladie de Parkinson*. https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2012-04/guide_parcours_de_soins_parkinson.pdf
HERD, C. P., TOMLINSON, C. L., DEANE, K. H., BRADY, M. C., SMITH, C. H., SACKLEY, C. M., & CLARKE, C. E. (2012). Comparison of speech and language therapy techniques for speech problems in Parkinson's disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, *Issue 8*.
HOLMES, RJ., OATES, JM., PHYLAND, DJ., & HUGHES, AJ. (2000). Voice characteristics in the progression of Parkinson's disease. *International Journal of Language & Communication Disorders*, *35*(3), 407-418.
Inserm. (2015). *La maladie de Parkinson*. Inserm - La science pour la santé. https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/parkinson-maladie
JIMENEZ-JIMENEZ, F. J., GAMBOA, J., NIETO, A., GUERRERO, J., ORTI-PAREJA, M., MOLINA, J. A., GARCIA-ALBEA, E., & COBETA, I. (1997). Acoustic voice analysis in untreated patients with Parkinson's disease. *Parkinsonism & Related Disorders*, *3*(2), 111-116.
LIOTTI, M., RAMIG, L. O., VOGEL, D., NEW, P., COOK, C. I., INGHAM, R. J., INGHAM, J. C., & FOX, P. T. (2003). Hypophonia in Parkinson's disease: Neural correlates of voice treatment revealed by PET. *Neurology*, *60*(3), 432-440.
LIU, L., JIAN, M., & GU, W. (2019). Prosodic Characteristics of Mandarin Declarative and Interrogative Utterances in Parkinson's Disease. *Interspeech 2019*, 3870-3874.
NARAYANA, S., FOX, P. T., ZHANG, W., FRANKLIN, C., ROBIN, D. A., VOGEL, D., & RAMIG, L. O. (2010). Neural correlates of efficacy of voice therapy in Parkinson's disease identified by performance–correlation analysis. *Human Brain Mapping*, *31*(2), 222-236.
RAMIG, LO., COUNTRYMAN, S., THOMPSON, L., & HORII, Y. (1995). Comparison of two forms of intensive speech treatment for Parkinson Disease. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *38*(6), 1232-1251.
RAMIG, LO., SAPIR, S., FOX, C., & COUNTRYMAN, S. (2001). Changes in vocal loudness following intensive voice treatment (LSVT®) in individuals with Parkinson's disease: A comparison with untreated patients and normal age-matched controls. *Movement Disorders*, *16*(1), 79-83.
RAMIG, LO., HALPERN, A., SPIELMAN, J., FOX, C., & FREEMAN, K. (2018). Speech treatment in Parkinson's disease: Randomized controlled trial (RCT). *Movement Disorders*, *33*(11), 1777-1791.
ROBERT, D., & SPEZZA, M. (2005). La dysphonie parkinsonienne. In C. Özsancak & P. Auzou (Éd.), *Les troubles de la parole et de la déglutition dans la maladie de Parkinson* (p. 131-143). Solal.
SAPIR, S., SPIELMAN, JL., RAMIG, LO., STORY, BH., & FOX, C. (2007). Effects of Intensive Voice Treatment (the Lee Silverman Voice Treatment [LSVT]) on Vowel Articulation in Dysarthric Individuals with Idiopathic Parkinson Disease: Acoustic and Perceptual Findings. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *50*(4), 899-912.
SPIELMAN, J. L., BOROD, J. C., & RAMIG, L. O. (2003). The Effects of Intensive Voice Treatment on Facial Expressiveness in Parkinson Disease. *Cognitive and Behavioral Neurology*, *16*(3), 177-188.
WIGHT, S., & MILLER, N. (2015). Lee Silverman Voice Treatment for people with Parkinson's: Audit of outcomes in a routine clinic. *International Journal of Language & Communication Disorders*, *50*(2), 215-225.
YÜCETÜRK, A., YILMAZ, H., EĞRILMEZ, M., & KARACA, S. (2002). Voice analysis and videolaryngostroboscopy in patients with Parkinson's disease. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, *259*(6), 290-293.