

Table des matières

Résumé.....	iii
Abstract	iv
Table des matières.....	v
Liste des tableaux.....	vii
Liste des figures	ix
Liste des abréviations et des sigles.....	xiii
Remerciements	xiv
Introduction.....	1
Chapitre 1 Problématique et objectifs généraux.....	3
1.1 Problématique	3
1.2 Objectifs généraux	7
Chapitre 2 État de la question.....	8
2.1 Le parkinsonisme et la maladie de Parkinson idiopathique.....	8
2.1.1 La maladie de Parkinson idiopathique et la dysarthrie hypokinétique.....	12
2.1.2 Le traitement de la dysarthrie hypokinétique de patients parkinsoniens.....	18
2.1.2.1 Efficacité des traitements chirurgicaux, pharmacologiques et orthophoniques.....	18
2.1.2.2 Un traitement prometteur : le Lee Silverman Voice Treatment (LSVT®)	20
2.2 Analyse acoustique de la parole : la prise en compte de la dynamique spectrale.....	23
2.2.1 Études en anglais	23
2.2.2 Études en français	27
2.3 Synthèse et hypothèses de travail.....	28
Chapitre 3 Méthodologie	31
3.1 Populations à l'étude	31
3.1.1 Groupe expérimental.....	31
3.1.2 Groupe contrôle	32
3.2 Collecte de données.....	32
3.2.1 Tâche et corpus	32
3.2.2 Enregistrements.....	33
3.3 Analyse acoustique	34
3.4 Mesures de dispersion vocalique, du contraste et du mouvement formantique.....	37
3.5 Analyses statistiques.....	40
Chapitre 4 Résultats et analyses	41
4.1 Validation de la ligne de base.....	41
4.2 Portraits acoustiques dynamiques des productions des sujets du groupe expérimental avant et après traitement.....	42
4.2.1 Premier locuteur : PD1.....	43
4.2.1.1 Dispersion vocalique	43
4.2.1.2 Espace vocalique maximal.....	44
4.2.1.3 Mouvement formantique moyen.....	45
4.2.2 Deuxième locuteur : PD3	46
4.2.2.1 Dispersion vocalique	46
4.2.2.2 Espace vocalique maximal.....	48
4.2.2.3 Mouvement formantique moyen.....	48

4.2.3	Troisième locuteur : PD5.....	49
4.2.3.1	Dispersion vocalique	49
4.2.3.2	Espace vocalique maximal.....	51
4.2.3.3	Mouvement formantique moyen.....	51
4.2.4	Quatrième locuteur : PD6.....	52
4.2.4.1	Dispersion vocalique	52
4.2.4.2	Espace vocalique maximal.....	54
4.2.4.3	Mouvement formantique moyen.....	54
4.2.5	Cinquième locuteur : PD10.....	55
4.2.5.1	Dispersion vocalique	55
4.2.5.2	Espace vocalique maximal.....	57
4.2.5.3	Mouvement formantique moyen.....	57
4.2.6	Portrait général des cinq locuteurs parkinsoniens.....	58
4.3	Comparaisons entre les mesures avant traitement et celles après traitement du groupe expérimental.....	60
4.4	Portraits des sujets du groupe contrôle.....	61
4.4.1	Premier locuteur : SPD1.....	62
4.4.1.1	Dispersion vocalique	62
4.4.1.2	Espace vocalique maximal.....	63
4.4.1.3	Mouvement formantique moyen.....	63
4.4.2	Deuxième locuteur : SPD2.....	64
4.4.2.1	Dispersion vocalique	64
4.4.2.2	Espace vocalique maximal.....	65
4.4.2.3	Mouvement formantique moyen.....	65
4.4.3	Troisième locuteur : SPD3.....	67
4.4.3.1	Dispersion vocalique	67
4.4.3.2	Espace vocalique maximal.....	67
4.4.3.3	Mouvement formantique moyen.....	68
4.4.4	Portrait général des trois sujets sains.....	69
4.5	Comparaisons entre les mesures du groupe expérimental (avant traitement) et celles du groupe contrôle.....	70
Chapitre 5	Discussion et conclusion.....	73
5.1	Discussion.....	74
5.1.1	Comparaisons entre les mesures avant traitement et celles après traitement du groupe expérimental.....	74
5.1.2	Comparaisons entre les mesures du groupe expérimental et celles du groupe contrôle.....	77
5.1.3	Limites de l'étude et perspectives de recherche futures.....	82
5.2	Conclusions générales.....	85
Bibliographie.....		86
Annexe 1	Tableaux des caractéristiques des participants.....	97
Annexe 2	Tableaux complémentaires.....	99
Annexe 3	Figures complémentaires.....	100

Liste des tableaux

Tableau 1 : Tableau des valeurs (en Bark) de dispersion vocalique et d'espace vocalique maximal à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur PD1 avant et après traitement	44
Tableau 2 : Tableau des valeurs (en Bark) d'amplitude de mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % de la durée vocalique du locuteur PD1 avant et après traitement	46
Tableau 3 : Tableau des valeurs (en Bark) de dispersion vocalique selon l'espace tridimensionnel $F_1/F_2/F_3$ et de l'espace vocalique maximal à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur PD3 avant et après traitement.....	47
Tableau 4 : Tableau des valeurs (en Bark) d'amplitude de mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % de la durée vocalique du locuteur PD3 avant et après traitement	48
Tableau 5 : Tableau des valeurs (en Bark) de dispersion vocalique selon l'espace tridimensionnel $F_1/F_2/F_3$ et de l'espace vocalique maximal à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur PD5 avant et après traitement.....	50
Tableau 6 : Tableau des valeurs (en Bark) d'amplitude de mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % de la durée vocalique du locuteur PD5 avant et après traitement	51
Tableau 7 : Tableau des valeurs (en Bark) de dispersion vocalique selon l'espace tridimensionnel $F_1/F_2/F_3$ et de l'espace vocalique maximal à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur PD6 avant et après traitement.....	53
Tableau 8 : Tableau des valeurs (en Bark) d'amplitude de mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % de la durée vocalique du locuteur PD6 avant et après traitement	54
Tableau 9 : Tableau des valeurs (en Bark) de dispersion vocalique selon l'espace tridimensionnel $F_1/F_2/F_3$ et de l'espace vocalique maximal à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur PD10 avant et après traitement.....	56
Tableau 10 : Tableau des valeurs (en Bark) d'amplitude de mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % de la durée vocalique du locuteur PD10 avant et après traitement	57
Tableau 11 : Résultats des tests de Wilcoxon appariant les valeurs de dispersion globale, d'espace vocalique maximal et d'amplitude de mouvement formantique moyen avant traitement à celles après traitement (moyennées aux deux temps de mesure).....	60
Tableau 12 : Tableau des valeurs (en Bark) de dispersion vocalique selon l'espace tridimensionnel $F_1/F_2/F_3$ à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur SPD1	62
Tableau 13 : Tableau des valeurs (en Bark) de l'espace vocalique maximal à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur SPD1.....	63
Tableau 14 : Tableau des valeurs (en Bark) d'amplitude de mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % de la durée vocalique du locuteur SPD1.....	64
Tableau 15 : Tableau des valeurs (en Bark) de dispersion vocalique selon l'espace tridimensionnel $F_1/F_2/F_3$ à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur SPD2	65

Tableau 16 : Tableau des valeurs (en Bark) de l'espace vocalique maximal à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur SPD2.....	65
Tableau 17 : Tableau des valeurs (en Bark) d'amplitude de mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % de la durée vocalique du locuteur SPD2.....	66
Tableau 18 : Tableau des valeurs (en Bark) de dispersion vocalique selon l'espace tridimensionnel $F_1/F_2/F_3$ à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur SPD3	67
Tableau 19 : Tableau des valeurs (en Bark) de l'espace vocalique maximal à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur SPD3.....	68
Tableau 20 : Tableau des valeurs (en Bark) d'amplitude de mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % de la durée vocalique du locuteur SPD3.....	68
Tableau 21 : Résultats des tests de Mann-Whitney dans lesquels sont comparées les valeurs de dispersion globale, d'espace vocalique maximal et d'amplitude des changements spectraux moyens de chaque classe vocalique des locuteurs contrôles et celles des locuteurs parkinsoniens avant traitement.....	71
Tableau 22 : Caractéristiques des participants du groupe expérimental au moment des enregistrements	97
Tableau 23 : Caractéristiques des participants du groupe contrôle au moment des enregistrements.....	98
Tableau 24 : Forme graphémique des logatomes présentés aux locuteurs du groupe expérimental	99
Tableau 25 : Forme graphémique des logatomes présentés aux locuteurs du groupe contrôle.....	99
Tableau 26 : Résultats des tests de Wilcoxon appariant les valeurs de dispersion globale et de chaque voyelle de R1 à celles de R2 et les valeurs d'espace vocalique maximal de R1 à celles de R2	99
Tableau 27 : Résultats des tests de Wilcoxon appariant les valeurs de dispersion de chaque classe vocalique avant traitement à celles après traitement	99

Liste des figures

Figure 1 : Coupe coronale du cerveau montrant les ganglions de la base et certaines structures reliées. Figure extraite et adaptée de Duffy (2013 : 48).	10
Figure 2 : Aires cérébrales. Figure extraite et adaptée de Duffy (2013 : 40).	11
Figure 3 : Diagrammes biformantiques F_1/F_2 présentant les trajectoires moyennes de dix classes vocaliques de l'anglais nord-américain dont les voyelles ont été produites isolément par dix locuteurs (à gauche) et par quatre locuteurs (à droite). Sur le graphique de droite, les flèches vides correspondent aux voyelles produites isolément et les flèches pleines à celles produites en contexte /bVb/. Les cercles n'ont pour but que de faciliter la compréhension visuelle en regroupant les mêmes classes vocaliques. L'origine des vecteurs des deux figures représente la mesure moyenne initiale des classes vocaliques et l'extrémité fléchée la mesure moyenne finale. Figures extraites de Nearey et Assmann (1986 : 1300) (à gauche) et d'Andruski et Nearey (1992 : 394) (à droite).	24
Figure 4 : Diagrammes présentant les trajectoires moyennes de 12 (en haut) et huit (en bas) classes vocaliques de l'anglais américain en contexte neutre /hVd/ produites par des hommes (plus gros symboles), des femmes et des enfants (plus petits symboles) (en haut) et en contextes variés produites par six hommes (plus gros symboles) et six femmes (plus petits symboles) (en bas). Le symbole phonétique correspond à la mesure moyenne finale. Figures extraites de Hillenbrand et coll. (1995 : 3105) (en haut) et de Hillenbrand et coll. (2001 : 757) (en bas).	26
Figure 5 : Diagramme biformantique F_1/F_2 (en score-Z) présentant les trajectoires moyennes des classes vocaliques de /i/, /y/ et /u/ lorsque ces voyelles sont tendues (V#), relâchées (VK) et allongées (VR) et qui ont été produites par 30 locuteurs (15 hommes et 15 femmes âgés de 20 à 31 ans provenant à parts égales de Saguenay, Québec et Rouyn-Noranda). L'origine des vecteurs représente la mesure moyenne initiale des classes vocaliques et le bout fléché la mesure moyenne finale. Figure extraite de Sigouin (2013 : 60).....	28
Figure 6 : Diagrammes biformantiques F_1/F_2 (en Hz) présentant les valeurs formantiques de toutes les occurrences analysées à 25 % de la durée vocalique (à gauche) et à 75 % (à droite) pour le locuteur PD1 avant traitement (en haut) et après traitement (en bas) regroupées en fonction des trois classes vocaliques. 43	
Figure 7 : Diagrammes biformantiques F_1/F_2 (en Hz) présentant le mouvement formantique moyen des occurrences des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % (où la flèche pointe) de la durée vocalique pour le locuteur PD1 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite)	45
Figure 8 : Diagrammes biformantiques F_1/F_2 (en Hz) présentant les valeurs formantiques de toutes les occurrences analysées à 25 % de la durée vocalique (à gauche) et à 75 % (à droite) pour le locuteur PD3 avant traitement (en haut) et après traitement (en bas) regroupées en fonction des trois classes vocaliques. 47	
Figure 9 : Diagrammes biformantiques F_1/F_2 (en Hz) présentant le mouvement formantique moyen des occurrences des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % (où la flèche pointe) de la durée vocalique pour le locuteur PD3 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite)	48
Figure 10 : Diagrammes biformantiques F_1/F_2 (en Hz) présentant les valeurs formantiques de toutes les occurrences analysées à 25 % de la durée vocalique (à gauche) et à 75 % (à droite) pour le locuteur PD5 avant traitement (en haut) et après traitement (en bas) regroupées en fonction des trois classes vocaliques. 50	

Figure 11 : Diagrammes biformantiques F_1/F_2 (en Hz) présentant le mouvement formantique moyen des occurrences des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % (où la flèche pointe) de la durée vocalique pour le locuteur PD5 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite)	51
Figure 12 : Diagrammes biformantiques F_1/F_2 (en Hz) présentant les valeurs formantiques de toutes les occurrences analysées à 25 % de la durée vocalique (à gauche) et à 75 % (à droite) pour le locuteur PD6 avant traitement (en haut) et après traitement (en bas) regroupées en fonction des trois classes vocaliques .	53
Figure 13 : Diagrammes biformantiques F_1/F_2 (en Hz) présentant le mouvement formantique moyen des occurrences des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % (où la flèche pointe) de la durée vocalique pour le locuteur PD6 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite)	54
Figure 14 : Diagrammes biformantiques F_1/F_2 (en Hz) présentant les valeurs formantiques de toutes les occurrences analysées à 25 % de la durée vocalique (à gauche) et à 75 % (à droite) pour le locuteur PD10 avant traitement (en haut) et après traitement (en bas) regroupées en fonction des trois classes vocaliques .	56
Figure 15 : Diagrammes biformantiques F_1/F_2 (en Hz) présentant le mouvement formantique moyen des occurrences des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % (où la flèche pointe) de la durée vocalique pour le locuteur PD10 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite)	57
Figure 16 : Diagrammes biformantiques F_1/F_2 (en Hz) présentant les valeurs formantiques de toutes les occurrences analysées à 25 % de la durée vocalique (à gauche) et à 75 % (à droite) pour le locuteur SPD1 regroupées en fonction des quatre classes vocaliques	62
Figure 17 : Diagramme biformantique F_1/F_2 (en Hz) présentant le mouvement formantique moyen des occurrences des classes vocaliques /ɛ/, /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % (où la flèche pointe) de la durée vocalique pour le locuteur SPD1.....	63
Figure 18 : Diagrammes biformantiques F_1/F_2 (en Hz) présentant les valeurs formantiques de toutes les occurrences analysées à 25 % de la durée vocalique (à gauche) et à 75 % (à droite) pour le locuteur SPD2 regroupées en fonction des quatre classes vocaliques	65
Figure 19 : Diagramme biformantique F_1/F_2 (en Hz) présentant le mouvement formantique moyen des occurrences des classes vocaliques /ɛ/, /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % (où la flèche pointe) de la durée vocalique pour le locuteur SPD2.....	66
Figure 20 : Diagrammes biformantiques F_1/F_2 (en Hz) présentant les valeurs formantiques de toutes les occurrences analysées à 25 % de la durée vocalique (à gauche) et à 75 % (à droite) pour le locuteur SPD3 regroupées en fonction des quatre classes vocaliques	67
Figure 21 : Diagramme biformantique F_1/F_2 (en Hz) présentant le mouvement formantique moyen des occurrences des classes vocaliques /ɛ/, /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % (où la flèche pointe) de la durée vocalique pour le locuteur SPD3.....	68
Figure 22 : Diagrammes biformantiques F_2/F_3 (en Hz) présentant les valeurs formantiques de toutes les occurrences analysées à 25 % de la durée vocalique (à gauche) et à 75 % (à droite) pour le locuteur PD1 avant traitement (en haut) et après traitement (en bas) regroupées en fonction des trois classes vocaliques	100
Figure 23 : Diagrammes biformantiques F_1/F_2 (en Hz) présentant les espaces vocaliques maximaux à 25 % (en bleu) et à 75 % (en rose) de la durée vocalique pour le locuteur PD1 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite).....	101

Figure 24 : Diagrammes biformantiques F_2/F_3 (en Hz) présentant le mouvement formantique moyen des occurrences des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % (où la flèche pointe) de la durée vocalique pour le locuteur PD1 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite)	101
Figure 25 : Diagrammes biformantiques F_2/F_3 (en Hz) présentant les valeurs formantiques de toutes les occurrences analysées à 25 % de la durée vocalique (à gauche) et à 75 % (à droite) pour le locuteur PD3 avant traitement (en haut) et après traitement (en bas) regroupées en fonction des trois classes vocaliques	102
Figure 26 : Diagrammes biformantiques F_1/F_2 (en Hz) présentant les espaces vocaliques maximaux à 25 % (en bleu) et à 75 % (en rose) de la durée vocalique pour le locuteur PD3 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite).....	103
Figure 27 : Diagrammes biformantiques F_2/F_3 (en Hz) présentant le mouvement formantique moyen des occurrences des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % (où la flèche pointe) de la durée vocalique pour le locuteur PD3 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite)	103
Figure 28 : Diagrammes biformantiques F_2/F_3 (en Hz) présentant les valeurs formantiques de toutes les occurrences analysées à 25 % de la durée vocalique (à gauche) et à 75 % (à droite) pour le locuteur PD5 avant traitement (en haut) et après traitement (en bas) regroupées en fonction des trois classes vocaliques	104
Figure 29 : Diagrammes biformantiques F_1/F_2 (en Hz) présentant les espaces vocaliques maximaux à 25 % (en bleu) et à 75 % (en rose) de la durée vocalique pour le locuteur PD5 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite).....	105
Figure 30 : Diagrammes biformantiques F_2/F_3 (en Hz) présentant le mouvement formantique moyen des occurrences des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % (où la flèche pointe) de la durée vocalique pour le locuteur PD5 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite)	105
Figure 31 : Diagrammes biformantiques F_2/F_3 (en Hz) présentant les valeurs formantiques de toutes les occurrences analysées à 25 % de la durée vocalique (à gauche) et à 75 % (à droite) pour le locuteur PD6 avant traitement (en haut) et après traitement (en bas) regroupées en fonction des trois classes vocaliques	106
Figure 32 : Diagrammes biformantiques F_1/F_2 (en Hz) présentant les espaces vocaliques maximaux à 25 % (en bleu) et à 75 % (en rose) de la durée vocalique pour le locuteur PD6 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite).....	107
Figure 33 : Diagrammes biformantiques F_2/F_3 (en Hz) présentant le mouvement formantique moyen des occurrences des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % (où la flèche pointe) de la durée vocalique pour le locuteur PD6 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite)	107
Figure 34 : Diagrammes biformantiques F_2/F_3 (en Hz) présentant les valeurs formantiques de toutes les occurrences analysées à 25 % de la durée vocalique (à gauche) et à 75 % (à droite) pour le locuteur PD10 avant traitement (en haut) et après traitement (en bas) regroupées en fonction des trois classes vocaliques	108
Figure 35 : Diagrammes biformantiques F_1/F_2 (en Hz) présentant les espaces vocaliques maximaux à 25 % (en bleu) et à 75 % (en rose) de la durée vocalique pour le locuteur PD10 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite).....	109
Figure 36 : Diagrammes biformantiques F_2/F_3 (en Hz) présentant le mouvement formantique moyen des occurrences des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % (où la flèche pointe) de la durée vocalique pour le locuteur PD10 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite)	109

Figure 37 : Diagrammes biformantiques F_2/F_3 (en Hz) présentant les valeurs formantiques de toutes les occurrences analysées à 25 % de la durée vocalique (à gauche) et à 75 % (à droite) pour les locuteurs SPD1 (en haut), SPD2 (au centre) et SPD3 (en bas) regroupées en fonction des quatre classes vocaliques 110

Figure 38 : Diagrammes biformantiques F_1/F_2 (en Hz) présentant les espaces vocaliques maximaux à 25 % (en bleu) et à 75 % (en rose) de la durée vocalique pour les locuteurs SPD1 (coin supérieur gauche), SPD2 (coin supérieur droite) et SPD3 (en bas)..... 111

Figure 39 : Diagrammes biformantiques F_2/F_3 (en Hz) présentant le mouvement formantique moyen des occurrences des classes vocaliques /ɛ/, /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % (où la flèche pointe) de la durée vocalique pour les locuteurs SPD1 (coin supérieur gauche), SPD2 (coin supérieur droite) et SPD3 (en bas) 112

Liste des abréviations et des sigles

L'alphabet phonétique international a permis la notation des transcriptions de ce mémoire. Les transcriptions phonétiques ont été placées entre crochets et celles phonémiques entre barres obliques.

#	Frontière de mot
AMS	Aire motrice supplémentaire
BDI	<i>Beck depression inventory</i>
C	Consonne
DAF	<i>Delayed auditory feedback</i>
dB	Décibels
F₀	Fréquence fondamentale
F₁	Premier formant
F₂	Deuxième formant
F₃	Troisième formant
FCR	<i>Formant centralization ratio</i> ou ratio de centralisation de formants
GPe	<i>Globus pallidus externe</i>
GPi	<i>Globus pallidus interne</i>
Hz	Hertz
kHz	Kilohertz
L-Dopa	Levodopa
LPC	<i>Linear predictive coding</i> ou codage linéaire prédictif
LSVT®	<i>Lee Silverman Voice Treatment</i>
MoCA	<i>Montreal cognitive assessment</i>
PD	<i>Parkinson's disease</i> ou maladie de Parkinson
RET	<i>Respiratory therapy</i>
UPDRS	<i>Unified Parkinson's disease rating scale</i>
V	Voyelle
VAI	<i>Vowel articulation index</i>
VISC	<i>Vowel-inherent spectral change</i> ou dynamique spectrale intrinsèque des voyelles

Remerciements

Tout d'abord, je remercie chaleureusement ma directrice de recherche, Johanna-Pascale Roy, et mon co-directeur de recherche, Vincent Arnaud. Au début de la maîtrise, vous m'avez dit, M. Arnaud, qu'un mémoire ne s'écrit pas à deux mains, mais à quatre mains, voire à six mains. Je suis infiniment reconnaissante d'avoir pu bénéficier de l'expérience au bout de ses deux paires de mains supplémentaires pendant la rédaction de ce mémoire. Merci profondément à vous deux pour votre rigueur, votre patience, votre encadrement, vos conseils et pour le temps que vous avez investi dans ce mémoire. Votre passion envers la phonétique est inspirante et je suis choyée de faire partie de ceux et de celles à qui vous avez transmis cette passion.

Un grand merci à M. Joël Macoir d'avoir accepté d'évaluer ce mémoire. Votre regard clinique a été grandement apprécié.

J'adresse également mes plus sincères remerciements à Vincent Martel-Sauvageau, qui a accepté de partager ses enregistrements avec moi. Sans toi, ce projet de recherche n'aurait pas vu le jour et c'est sans doute en grande partie grâce à ce projet que j'ai pu réaliser mon rêve de devenir orthophoniste.

Je remercie tous ceux et celles qui m'ont aidée à recruter des participants de même que les candidats qui ont prêté leur voix.

J'exprime aussi ma gratitude envers le Conseil de Recherches en Sciences Humaines du Canada (CRSH) et envers la Faculté des lettres et des sciences humaines de l'Université Laval pour l'appui financier qu'ils m'ont octroyé et qui a grandement favorisé la réalisation de ce projet.

À tous mes collègues et amis de travail, entre autres Caroline, Josiane R.-C., Félix et Josiane G.-J., merci d'avoir partagé ces années de recherche avec moi. Votre présence pendant ce processus et votre intérêt pour mon projet ont été appréciés. Un merci tout spécial à Caroline, qui m'a prêté son oreille de phonéticienne et d'amie à bien des reprises.

Je ne remercierai jamais assez ma famille, qui m'a soutenue du début à la fin de mes études. Vous avez cru en moi et en ma capacité à mener à terme ce projet, parfois bien plus que moi-même. Merci pour votre intérêt et vos encouragements pendant toutes ces années et, surtout, merci pour les petits moments de répit en famille.

Je tiens aussi à remercier mes amies, Mireille, Isabelle, Marie-Christine, Laura, Carol-Ann, Marie-Pier, Myriam et j'en passe. Votre écoute a été précieuse et vous avez toujours été une source de motivation. Isabelle, c'est une chance d'avoir pu partager avec toi les hauts et les bas d'une maîtrise de recherche, du moins les deux

premières années. Je te lève mon chapeau bien haut pour avoir complété ta maîtrise bien des années avant moi!

À toi, Ken, merci de m'avoir accompagnée du début à la fin interminable de mes études universitaires. La distance qui nous a séparés lors de ta mission ou lors de tes séjours à l'extérieur de Québec ne m'a pas empêchée de sentir ta présence et ton amour quotidiennement. Je te suis reconnaissante d'avoir accepté ce qu'impliquait la rédaction au quotidien et d'avoir ajouté à la recette un ingrédient essentiel, l'équilibre. Merci pour tout le bonheur que tu me fais vivre jour après jour et pour tout ce que tu m'aides à accomplir simplement en étant là pour moi.

Et enfin, je remercie tous ceux et celles qui m'ont demandé à un moment ou à un autre « pis, ton mémoire? ». Cette question anodine était parfois la petite tape dans le dos nécessaire pour continuer.

Introduction

La production de la parole implique l'interaction d'activités cognitives, linguistiques et motrices (Yorkston et coll., 2010 : 2). Un acte de parole nécessite d'abord une intention de communiquer une idée ou un message. Ce message est ensuite converti en un code, plus précisément en une représentation phonologique, au moyen de divers processus linguistiques. Découle alors une combinaison d'activités neuromotrices de planification, de programmation et de contrôle : des plans généraux, puis détaillés visant à définir les buts moteurs sont formulés, c'est-à-dire que les programmes sensorimoteurs sont sélectionnés, agencés et ajustés. Enfin, il y a exécution de ces programmes sensorimoteurs : les muscles des systèmes respiratoires, phonatoires et articulatoires sont stimulés et activés donnant naissance aux sons de la parole. Un trouble moteur de la parole implique que la planification motrice, la programmation motrice, le contrôle moteur et/ou l'exécution motrice de la parole d'un individu soi(en)t affecté(s) par une atteinte neurologique (Duffy, 2013 : 4). Les troubles moteurs de la parole regroupent entre autres les divers types de dysarthrie, qui se définissent par une altération de la force, de la vitesse, de l'ampleur, de la constance, du tonus et/ou de la précision des mouvements engagés dans la réalisation motrice de la parole (Duffy, 2013 : 4).

Dans le cadre de ce mémoire, nous nous intéressons à l'atteinte articulo-vocalique caractéristique de la dysarthrie hypokinétique.¹ Nommé ainsi par Darley et coll. (1969a), ce trouble moteur de la parole est associé au parkinsonisme. L'articulation de voyelles et de consonnes d'individus parkinsoniens présentant une dysarthrie hypokinétique est effectivement l'une des cinq composantes de la production de la parole les plus altérées chez ces derniers (Duffy, 2013 : 171). Puisque l'articulation de voyelles de ces locuteurs a fait l'objet d'une littérature abondante, c'est sur celle-ci que notre intérêt s'est porté. Les troubles articulatoires vocaliques peuvent être étudiés sous diverses perspectives (perceptives, acoustiques, articulatoires, physiologiques, etc.). Dans la présente contribution, nous avons opté pour un examen acoustique. En effet, plusieurs caractéristiques acoustiques et articulatoires des voyelles sont pour l'essentiel corrélées (Delattre, 1948 : 482-483; Joos, 1948 : 57). De plus, tel que rapporté par Duffy (2013 : 8) ou encore Kent et Kim (2003 : 427), de nombreuses études ont montré que les méthodes acoustiques fournissent des informations complémentaires sur les troubles moteurs de la parole, enrichissent leur description et améliorent leur compréhension. Une analyse acoustique nous a donc paru judicieuse afin d'enrichir les connaissances concernant l'atteinte articulo-vocalique d'individus parkinsoniens présentant une dysarthrie hypokinétique.

Le Chapitre 1 du présent mémoire expose la problématique et nos objectifs généraux de recherche. Le Chapitre 2, quant à lui, offre en premier lieu une description du parkinsonisme et de la maladie de Parkinson idiopathique. Les sous-sections subséquentes font le point sur l'état des connaissances concernant la

¹ *Hypokinétique* fait référence à une réduction des paramètres de mouvement (force, vitesse, ampleur, etc.).

dysarthrie hypokinétique des patients parkinsoniens et présentent les interventions envisagées pour le traitement de ce trouble de la parole ainsi que leur efficacité, en insistant sur le *Lee Silverman Voice Treatment* (LSVT®), traitement orthophonique prometteur. La deuxième section du Chapitre 2 est consacrée aux résultats d'études acoustiques portant sur des paroles normales anglophone et francophone ayant exploité un paradigme expérimental prenant en compte l'évolution temporelle des indices acoustiques caractérisant les segments vocaliques. Enfin, dans la dernière section de ce même chapitre, nos hypothèses de travail sont précisées. Dans le Chapitre 3, la méthodologie adoptée dans cette recherche est détaillée; nous y décrivons les caractéristiques des groupes expérimental et contrôle, les corpus retenus, la procédure de collecte de données utilisée, notre méthode d'analyse acoustique, les mesures acoustiques soumises à des analyses comparatives et les tests statistiques exploités. Le Chapitre 4, divisé en cinq sections, rend compte des résultats obtenus. Finalement, le Chapitre 5 synthétise les résultats de cette contribution en les liant à ceux des études antérieures, énumère les limites de la présente étude de même que les perspectives de recherche que celle-ci appelle.

Chapitre 1 Problématique et objectifs généraux

1.1 Problématique

La maladie de Parkinson idiopathique, maladie neurologique dégénérative, progressive et chronique, est principalement caractérisée par des symptômes d'ordre moteur. Les quatre symptômes moteurs typiques de cette maladie sont des tremblements (principalement au repos), une rigidité musculaire², des problèmes d'équilibre (ou une instabilité posturale)³ et une bradykinésie⁴. Des symptômes moteurs secondaires peuvent également se manifester, parmi lesquels un trouble de la parole nommé *dysarthrie hypokinétique* (Adams et Jog, 2009; Archibald et coll., 2013; Blitzer et coll., 2011; Jankovic, 2008; Marsden, 1994). Selon les quelques études disponibles s'étant concentrées sur des aspects démographiques de la maladie de Parkinson (Hartelius et Svensson, 1994; Ho et coll., 1998; Logemann et coll., 1978; Müller et coll., 2001), de 70 % à 90 % des patients parkinsoniens présentent une dysarthrie hypokinétique. Celle-ci peut affecter les cinq aspects de la production de la parole, mais a davantage de conséquences sur la phonation, l'articulation et la prosodie que sur la respiration et la résonance (Duffy, 2013 : 171). Néanmoins, tel que le rapportent notamment Skodda et coll. (2012), avec le temps, l'articulation deviendrait l'une des composantes les plus affectées par la dysarthrie hypokinétique (la section 2.1.1 propose une description plus complète de cette dysarthrie), c'est pourquoi, dans l'optique de développer un traitement efficace qui amoindrirait entre autres les effets de cette altération sur l'intelligibilité de la parole, l'examen des conséquences articulatoires de ce trouble de la parole est essentiel. Plusieurs chercheurs se sont appliqués à distinguer acoustiquement l'articulation de locuteurs parkinsoniens dysarthriques de celle de locuteurs sains et ont souligné que l'atteinte articulatoire concerne les consonnes (Ackermann et Ziegler, 1991; Ackermann et coll., 1995), mais également les voyelles (Connor et coll., 1989; Flint et coll., 1992; Forrest et coll., 1989; McRae et coll., 2002; Rusz et coll., 2013; Skodda et coll., 2011, 2012; Tjaden et Wilding, 2004; Weismer et coll., 2001; Zwirner et Barnes, 1992).

² La rigidité musculaire est définie par une sensation de contraction et de raideur musculaires, le patient manifestant alors une résistance involontaire aux mouvements, peu importe leur direction ou leur ampleur (Adams et Jog, 2009 : 365; Duffy, 2013 : 166).

³ La capacité réduite d'un patient parkinsonien à retrouver rapidement son équilibre lorsqu'il y a perte de ce dernier et l'apparition de flexions involontaires de la tête, du tronc et des bras témoignent des problèmes d'équilibre des patients parkinsoniens (Adams et Jog, 2009 : 365; Duffy, 2013 : 166).

⁴ La bradykinésie fait spécifiquement référence à une lenteur dans l'exécution de mouvements, mais aussi à une difficulté à initier et à arrêter des mouvements (Berardelli et coll., 2001 : 2131; Duffy, 2013 : 166; Marsden, 1994 : 672). Selon les auteurs, d'autres termes que *bradykinésie*, soit *akinésie* et *hypokinésie*, sont utilisés lorsque les symptômes moteurs de la maladie de Parkinson sont énumérés. Ces trois termes sont souvent employés de façon synonymique, mais bien que tous en relation, ils caractérisent distinctement les mouvements des patients parkinsoniens (Berardelli et coll., 2001 : 2131; Duffy, 2013 : 167). L'*akinésie* fait référence à une perte ou à une absence de mouvements alors que l'*hypokinésie* fait référence à une réduction de l'ampleur des mouvements (Berardelli et coll., 2001 : 2131; Duffy, 2013 : 167; Marsden, 1994 : 672). *Bradykinésie* serait cependant le terme privilégié (Berardelli et coll., 2001 : 2132).

Sur le plan acoustique, chaque voyelle présente une signature spectrale constituée de formants, c'est-à-dire de groupes d'harmoniques amplifiés visibles sur un spectrogramme à bande large et dont les fréquences centrales sont proches des fréquences de résonance du conduit vocal pour une configuration articuloire donnée. Parmi la masse de données disponibles lors de l'analyse acoustique d'un segment vocalique, l'approche traditionnelle préconise le relevé d'une seule estimation de la fréquence centrale des deux (ou trois) premiers formants (F_1 , F_2 et F_3) lorsque ces derniers sont stabilisés. F_1 et F_2 sont considérés respectivement comme les corrélats acoustiques des traits articuloires de degré d'aperture de la cavité buccale (Delattre, 1948 : 482; Joos, 1948 : 57) et de degré d'antériorité de la masse linguale (Delattre, 1948 : 483; Joos, 1948 : 57) et F_3 a entre autres été associé au degré d'arrondissement des lèvres, notamment dans les langues comme le français présentant des voyelles antérieures de même degré d'aperture, mais se distinguant par le trait d'arrondissement, comme /i/ et /y/ (Lindblom et Sundberg, 1971 : 1176; Schwartz et coll., 1993 : 422). Puisque les fréquences formantiques des voyelles ne sont relevées qu'à un seul instant durant leur déroulement temporel, les voyelles sont alors interprétées comme des cibles acoustiques statiques. Toutefois, selon certains chercheurs, dont Hillenbrand et coll. (1995 : 3099), extraire les mesures formantiques des voyelles en un seul instant de leur durée et ne fournir aucune information sur les changements spectraux observables en cours d'émission a pour conséquence une représentation acoustique incomplète.

Les paradigmes expérimentaux reposant sur le relevé de fréquences formantiques de voyelles à un seul instant pendant leur déroulement temporel prédominaient dans les études phonétiques durant les décennies qui ont suivi la démocratisation du spectrographe au milieu du XX^e siècle. À cette époque, il était généralement admis que la prise en compte de F_1 et de F_2 au sein de l'état stable était suffisante pour caractériser acoustiquement les voyelles (Delattre, 1948 : 478; Joos, 1948 : 50). Cependant, Potter et Steinberg (1950 : 815) de même que Peterson et Barney (1952 : 182) observaient un chevauchement considérable entre les classes vocaliques d'occurrences produites par différents locuteurs lorsque seulement F_1 et F_2 étaient mesurés à l'état stable. D'ailleurs, dans l'étude de Peterson et Barney (1952), si seules les occurrences ayant été identifiées correctement lors d'un test de perception étaient représentées graphiquement dans un plan F_1/F_2 , du chevauchement, bien que réduit, était tout de même apparent entre certaines classes vocaliques (Peterson et Barney, 1952 : 183). Joos (1948 : 52, 101) avait déjà formulé des remarques sur le mouvement transitionnel dans les syllabes ou, plus précisément, sur l'évolution des formants dans les voyelles produites en contexte. Peterson et Barney (1952 : 184) complétaient ces remarques en notant que « the complex acoustical patterns represented by the words are not adequately represented by a single section, [and] require a more complex portrayal. The initial and final influences often shown in the bar movements of the spectrograms are of importance here ». Tiffany (1953 : 290) indiquait à son tour que « [i]n connected speech, vowels (1) vary continuously in fundamental frequency; (2) are surrounded, and

presumably influenced by, adjacent sounds; and (3) have measurable and varying durations. A single-time segment of vowel tells nothing of these elements which may conceivably carry information useable by the ear in phonemic identification ». Quant à Potter et Steinberg (1950 : 816), ils supposaient déjà que lors de l'identification perceptive de segments vocaliques, « [...] the two-dimensional representation by F_1 and F_2 may be sufficient for some vowels but not for others » et que par conséquent, des indices acoustiques supplémentaires, tels que F_3 ou la dynamique temporelle des formants, étaient susceptibles d'intervenir. Ainsi, dès les années 1950, différents chercheurs estimaient que, dans une optique de caractérisation acoustique et d'identification perceptive des voyelles, la seule prise en compte de F_1 et de F_2 au cœur de l'état stable n'était sans doute pas suffisante pour circonscrire l'identité des voyelles.

À partir des années 1980, plusieurs études à visée exclusivement perceptive ont montré que la majorité des auditeurs identifiaient correctement des stimuli de syllabes dont la portion centrale des voyelles avait été remplacée par un silence (Jenkins et coll., 1983; Jenkins et Strange, 1999; Nearey et Assmann, 1986; Strange et coll., 1983; Strange, 1989, etc.). Autrement dit, l'information contenue dans la section centrale des voyelles (soit durant l'état stable) ne serait donc pas l'unique source d'identification de voyelles; elle serait même moins efficace à elle seule pour percevoir l'identité de voyelles que les sections initiale et finale (Jenkins et coll., 1983). Les informations présentes dans ces portions, lorsque considérées ensemble et non séparément, aideraient à identifier correctement des voyelles (Jenkins et coll., 1983; Jenkins et Strange, 1999; Strange, 1989). Jenkins et Strange (1999) ont par ailleurs montré que les sections initiales des syllabes contiendraient plus d'informations quant à l'identité des voyelles que les sections finales.

En conséquence, un nouveau courant de recherche a vu le jour. L'idée centrale de ce courant de recherche est que la dynamique spectrale, c'est-à-dire l'évolution temporelle de divers indices acoustiques (les fréquences formantiques et la fréquence fondamentale) de l'amorce à la queue des voyelles, aurait un rôle important à jouer dans la perception du timbre des voyelles. Trois théories ont alors émergé : la *undershoot compensation theory* (Lindblom et Studdert-Kennedy, 1967), la *dynamic cospecification theory* (issus des travaux de Strange et ses collègues) et l'hypothèse du *Vowel-Inherent Spectral Change* (VISC) (Nearey et Assmann, 1986). Ces dernières considèrent différemment la dynamique spectrale. Dans les deux premières théories, ce qui permet aux auditeurs d'identifier un segment vocalique dépend du contexte consonantique alors que dans la troisième hypothèse, des changements spectraux sont propres à la voyelle et permettent aux auditeurs son identification.⁵ Introduit par Nearey et Assmann (1986 : 1297), le terme *VISC* correspond aux changements relativement lents des fréquences formantiques en cours de production de voyelle. Ces changements spectraux inhérents aux voyelles ne dépendraient pas du contexte de production, mais bel et

⁵ Le lecteur peut se référer à l'article d'Andruski et Nearey (1992 : 391-392) s'il désire en apprendre davantage sur la *undershoot compensation theory* et la *dynamic cospecification theory*, ces auteurs ayant détaillé ces deux théories.

bien de l'identité même de la voyelle. Ainsi, même en l'absence d'un environnement consonantique, une voyelle actualiserait du mouvement formantique et la trajectoire de chacune d'elles serait unique. Cette hypothèse soutient donc que les voyelles auraient avantage à être décrites comme des trajectoires plutôt que comme des cibles acoustiques statiques.

Aujourd'hui, l'hypothèse du VISC reçoit l'attention d'un nombre grandissant de chercheurs de différents domaines de la phonétique (Assmann et Morrison, 2013 : 2). En effet, il a été démontré que des changements spectraux inhérents caractérisent les diphtongues et les monophthongues, qu'elles soient produites isolément (précédées ou suivies d'aucun contexte consonantique), en contexte /hVd/ (dit contexte neutre) ou dans divers autres contextes consonantiques CVC (Andruski et Nearey, 1992; Hillenbrand et coll., 1995, 2001; Nearey et Assmann, 1986), et ce, en anglais australien et dans plusieurs variétés régionales de l'anglais nord-américain (Fox et Jacewicz, 2009; Jacewicz et Fox, 2013; Jacewicz et coll., 2011a, 2011b; Watson et Harrington, 1999). L'efficacité de la prise en compte de la dynamique spectrale en anglais a non seulement été établie dans des études à visée perceptive, dont celles s'appuyant sur des stimuli modifiés citées précédemment (Andruski et Nearey, 1992; Jenkins et coll., 1983; Jenkins et Strange, 1999; Nearey et Assmann, 1986; Strange et coll., 1983; Strange, 1989, etc.) et d'autres s'appuyant sur des stimuli synthétiques (Hillenbrand et Gayvert, 1993; Hillenbrand et Nearey, 1999), mais elle a aussi été établie dans une optique de classification de voyelles (Hillenbrand et coll., 1995, 2001; Jacewicz et Fox, 2012; Nearey et Assmann, 1986; Zahorian et Jagharghi, 1993). Un paradigme d'analyse tenant compte de l'évolution temporelle de divers indices acoustiques de segments vocaliques a aussi été adopté en français québécois dans quelques travaux récents à visée sociophonétique (Arnaud et coll., 2011; Riverin-Coutlée et Arnaud, 2014; Sigouin, 2013; Sigouin et Arnaud, 2014, 2015). Ces études indiquent que les voyelles françaises actualisent des mouvements formantiques parfois marqués et parfois différents selon l'origine géographique des locuteurs.

À notre connaissance, les études ayant utilisé un paradigme expérimental prenant en compte la dynamique temporelle de différents indices acoustiques ont toutes été consacrées à une parole dite normale. Par ailleurs, bien que certains chercheurs aient montré que la prise en compte de la dynamique spectrale de même que l'intégration d'indices acoustiques supplémentaires, tels les troisième (F_3) et quatrième formants (F_4), la fréquence fondamentale (F_0) et la durée, permettent d'enrichir les paradigmes expérimentaux traditionnels, l'exploitation d'un paradigme d'analyse classique est toujours d'actualité dans les études acoustiques en phonétique clinique, du moins dans celles consultées, qui soit décrivent acoustiquement l'atteinte articuloire (vocalique et/ou consonantique) de locuteurs présentant une dysarthrie ou étudient les effets d'un traitement orthophonique sur leur articulation de voyelles. Plus précisément, dans les études de Weismer et coll. (2001 : 4), de McRae et coll. (2002 : 39), de Tjaden et Wilding (2004 : 770), de Sapir et coll. (2007 : 904, 2010 : 119), de Wenke et coll. (2010 : 2008), de Skodda et coll. (2011 : 468, 2012 : 3), de Rusz et coll.

(2013 : 2174) et de Martel Sauvageau et coll. (2015 : 430), la fréquence centrale des deux premiers formants de chaque occurrence a été estimée et moyennée à partir d'une section de 25 à 30 ms, centrée à environ 50 % de la durée vocalique.⁶ Nous nous sommes alors demandé si la caractérisation acoustique de voyelles produites par des locuteurs parkinsoniens dysarthriques et la compréhension de leur atteinte articulatoire vocalique ne pourraient se voir bonifiées par l'exploitation d'un paradigme d'analyse acoustique qui tient compte des trajectoires formantiques de voyelles. Que quelques chercheurs cliniciens s'interrogent eux aussi sur l'utilisation d'un paradigme classique pour décrire acoustiquement des voyelles produites par des locuteurs parkinsoniens dysarthriques et étudier l'altération articulatoire vocalique de ces derniers rend d'autant plus pertinente cette question de recherche. En effet, Zwirner et Barnes (1992 : 767) expliquent que les patients parkinsoniens « [h]ave difficulty initiating and coordinating movements across and within subsystems », et que par conséquent, « [t]he use of a static vocal tract configuration may not permit this inclusion of movement anomalies ». McRae et coll. (2002 : 68) ajoutent également que « the relationship between rate modification, dynamic aspects of speech production rather than static or "slice in time" measures of speech, and perceptual impressions of perceived severity or intelligibility [...] requires further study ».

1.2 Objectifs généraux

À la lumière de ces quelques repères théoriques, l'objectif principal de cette étude est de caractériser la structure acoustique de voyelles produites par des locuteurs âgés parkinsoniens présentant une dysarthrie hypokinétique et par des locuteurs âgés sains, en exploitant un paradigme expérimental prenant en compte la dynamique acoustique de segments analysés. La dysarthrie hypokinétique pouvant être prise en charge, tel que détaillé dans les sections 2.1.2.1 et 2.1.2.2 du chapitre suivant, nous cherchons également à déterminer si des changements acoustiques s'opèrent chez des individus parkinsoniens dysarthriques après qu'ils aient bénéficié d'une thérapie en comparant leurs caractéristiques acoustiques vocaliques avant le traitement et celles immédiatement après. Une seconde comparaison entre les structures acoustiques vocaliques des sujets parkinsoniens dysarthriques et celles des sujets normaux nous permettra de répondre à notre dernier objectif qui vise à déterminer si les caractéristiques acoustiques dynamiques de voyelles de locuteurs parkinsoniens se différencient de celles de locuteurs sains.



⁶ Notez toutefois que dans les études de Rusz et coll. (2013) et de Martel Sauvageau et coll. (2015), la section de 25 à 30 ms était centrée au point milieu de l'état stable des voyelles, soit à l'endroit où les deux premiers formants sont considérés comme stabilisés, c'est-à-dire qu'ils n'actualisent pas de changements marqués et restent constants.

Chapitre 2 État de la question

Tel que mentionné au Chapitre 1, nous cherchons en premier lieu à décrire à l'aide d'un paradigme d'analyse qui tient compte de la dynamique spectrale la structure acoustique de voyelles produites par des patients atteints de la maladie de Parkinson idiopathique et présentant une dysarthrie hypokinétique (avant qu'ils suivent une thérapie et immédiatement après) de même que celles produites par des sujets sains. Nous souhaitons également déterminer si les caractéristiques acoustiques vocaliques de locuteurs parkinsoniens sont différentes immédiatement après qu'ils bénéficient d'un traitement et si les caractéristiques acoustiques dynamiques de sujets parkinsoniens se distinguent de celles de sujets normaux.

En regard de ces objectifs, nous présenterons d'abord dans ce chapitre une description du parkinsonisme et de la maladie de Parkinson idiopathique. Puis, nous ferons le point sur l'état des connaissances concernant la dysarthrie hypokinétique des patients parkinsoniens : nous tenterons de préciser les composantes de la production de la parole pouvant être affectées par ce trouble moteur de la parole, ses traits perceptifs spécifiques, son moment d'apparition selon l'évolution de la maladie de Parkinson, la façon dont évoluent les aspects de la parole les plus atteints et les conséquences physiologiques et acoustiques de cette dysarthrie sur l'articulation des sons de la parole, plus particulièrement sur l'articulation des voyelles. Nous évoquerons ensuite les diverses options, soit chirurgicales, pharmacologiques ou orthophoniques, envisagées pour le traitement de la dysarthrie hypokinétique de patients parkinsoniens ainsi que leur efficacité, en insistant sur le *Lee Silverman Voice Treatment (LSVT®)*, traitement orthophonique intensif prometteur. La deuxième section de ce chapitre sera consacrée aux résultats d'études acoustiques portant sur les paroles normales anglophone et francophone et ayant pris en compte la dynamique spectrale dans l'analyse acoustique de segments vocaliques. Enfin, dans la dernière section, nos hypothèses de travail seront formulées.

2.1 Le parkinsonisme et la maladie de Parkinson idiopathique

Quatre symptômes moteurs typiques caractérisent le profil des personnes atteintes de parkinsonisme : des tremblements (principalement au repos), une rigidité musculaire, des problèmes d'équilibre (ou une instabilité posturale) et une bradykinésie (Adams et Jog, 2009; Archibald et coll., 2013; Blitzler et coll., 2011; Jankovic, 2008; Marsden, 1994). Un diagnostic de parkinsonisme implique la présence d'au moins deux de ces quatre symptômes, l'un étant obligatoirement les tremblements ou la bradykinésie (Blitzler et coll., 2011; Hughes et coll., 1992). Jankovic (2008) relève quatre types de parkinsonisme, classés en fonction de leur origine (ou cause) :

- le parkinsonisme primaire (ou maladie de Parkinson idiopathique);
- le parkinsonisme secondaire (acquis ou symptomatique);

- le Parkinson plus (ou dégénérescence de systèmes multiples);
- et le parkinsonisme héréditaire (ou familial).

La cause de tout parkinsonisme, à l'exception du parkinsonisme primaire, est généralement connue. Le parkinsonisme induit par la prise de médicaments ayant des effets secondaires importants (neuroleptiques) ou le parkinsonisme causé par une maladie vasculaire, un traumatisme craniocérébral ou une tumeur cérébrale sont des exemples de parkinsonisme secondaire tandis que l'atrophie multisystématisée, la paralysie supranucléaire progressive ou certains syndromes de démence sont des exemples de Parkinson plus (Blitzer et coll., 2011). Les complications, les pronostics et les réponses aux thérapies différant, la distinction de la maladie de Parkinson idiopathique des autres types de parkinsonisme est nécessaire (Müller et coll., 2000).

La maladie de Parkinson idiopathique, objet de cette étude, est le type de parkinsonisme le plus commun (Blitzer et coll., 2011; Jankovic, 2008). Les premiers symptômes apparaissent généralement après 50 ans⁷, hommes et femmes pouvant développer cette maladie (Marsden, 1994). Bien que progressive, la maladie de Parkinson idiopathique peut présenter une évolution variable d'un patient à l'autre (Archibald et coll., 2013; Lewis et Barker, 2009), c'est donc pourquoi nous ne tenterons pas d'établir un quelconque profil clinique de l'évolution de la maladie des stades précoces aux stades avancés. Notons toutefois qu'au cours des premiers stades, certains symptômes (comme les tremblements) peuvent être unilatéraux, mais deviennent éventuellement bilatéraux et s'étendent à mesure que la maladie évolue (Adams et Jog, 2009; Goberman et Coelho, 2002).

On observe chez les patients atteints de la maladie de Parkinson idiopathique un déclin graduel de la fonction neuronale. On associe généralement cette maladie neurologique à des anomalies dans le système neurochimique, plus particulièrement dans les ganglions de la base (ou noyaux de la base ou noyaux basaux) (Duffy, 2013 : 26). Un neurotransmetteur est un médiateur chimique qui transmet un message d'un neurone à un autre. Ses effets sur le neurone qui reçoit le message peuvent être inhibiteurs, excitateurs ou modulateurs (Duffy, 2013 : 25). La dopamine est un neurotransmetteur crucial dans le contrôle des mouvements, la motivation, la cognition, l'apprentissage, l'attention, l'humeur et le sommeil (Duffy, 2013 : 25). Ses actions dans les ganglions de la base permettent principalement l'initiation et le contrôle des mouvements (Duffy, 2013 : 25). D'ailleurs, Duffy (2013 : 48) indique que les noyaux de la base sont impliqués dans l'activation de mouvements volontaires et l'inhibition de mouvements involontaires. De façon spécifique, ils participeraient à la régulation de la tonicité musculaire, au contrôle de la posture, à la gradation de la force, de l'amplitude et de la durée des mouvements, à l'ajustement des mouvements en fonction de l'environnement, à la sélection, à la préparation et à l'initiation des mouvements de même qu'à l'apprentissage de ces derniers (Duffy, 2013 : 48-

⁷ Chez certains patients, les symptômes de la maladie apparaissent toutefois bien avant la cinquantaine.

49, 166). Les ganglions de la base sont situés profondément dans la substance blanche de chaque hémisphère cérébral. Le *striatum*, composé du noyau caudé et du *putamen*, et les *globus pallidus* externe (GPe) et interne (GPi) sont les structures centrales qui constituent les ganglions de la base. La substance noire compacte (ou *pars compacta*), la substance noire réticulée (ou *pars reticulata*) et le noyau sous-thalamique sont d'autres composantes importantes des noyaux basaux (voir Figure 1). Diverses voies, inhibitrices et excitatrices, connectent ces structures à d'autres structures ou aires du cerveau, notamment aux aires motrice et frontale (Duffy, 2013 : 47-48).

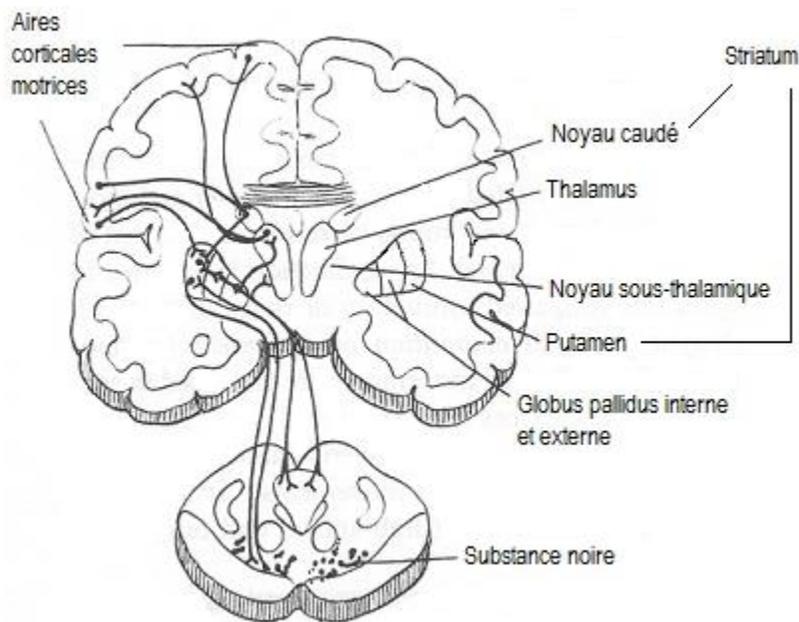


Figure 1 : Coupe coronale du cerveau montrant les ganglions de la base et certaines structures reliées. Figure extraite et adaptée de Duffy (2013 : 48).

L'examen neurologique *post mortem* effectué par Ehringer et Hornykiewicz (1960) sur des patients atteints de la maladie de Parkinson idiopathique a montré d'importants déficits dopaminergiques dans le *striatum*. Ainsi, selon ces chercheurs, « a particularly great importance would have to be attributed to dopamine's role in the pathophysiology and symptomatology of idiopathic Parkinson's disease » (Ehringer et Hornykiewicz, 1960, cités dans Hornykiewicz, 2006 : 11). Hornykiewicz (1963) a par la suite constaté que la concentration en dopamine était réduite de façon marquée dans la substance noire de dix patients parkinsoniens, ce qui, selon cet auteur, expliquerait l'insuffisance dopaminergique dans le *striatum*. L'étude de Bernheimer et coll. (1973) a confirmé ces découvertes pionnières en montrant également que la dopamine est réduite (d'au moins 80 %) dans le *striatum* de patients parkinsoniens et qu'il existe une corrélation entre le degré de diminution de concentration dopaminergique dans le noyau caudé et le *putamen* (*striatum*) et le degré de perte neuronale dans la substance noire *pars compacta*. Bernheimer et coll. (1973) ont également corrélié trois symptômes

moteurs principaux de la maladie de Parkinson (akinésie, rigidité et tremblements) aux degrés de réduction dopaminergique dans les diverses structures des ganglions de la base. En effet, selon cette étude, les manifestations cliniques d'akinésie, de tremblements et de rigidité commenceraient à être apparentes lorsque la déficience en dopamine surpasserait des taux de 70 à 80 %. Toutefois, tel que l'expliquent Agid et coll. (1989) dans leur revue de la littérature publiée plus d'une décennie plus tard, des concentrations réduites en dopamine sont également observables dans les systèmes hypothalamique, mésolimbique et mésocortical des individus parkinsoniens. Ces mêmes auteurs rapportent par ailleurs que les concentrations d'autres neurotransmetteurs, tels la noradrénaline ou la sérotonine, dans les ganglions de la base et dans le cortex cérébral sont plus faibles chez les patients atteints de la maladie de Parkinson.

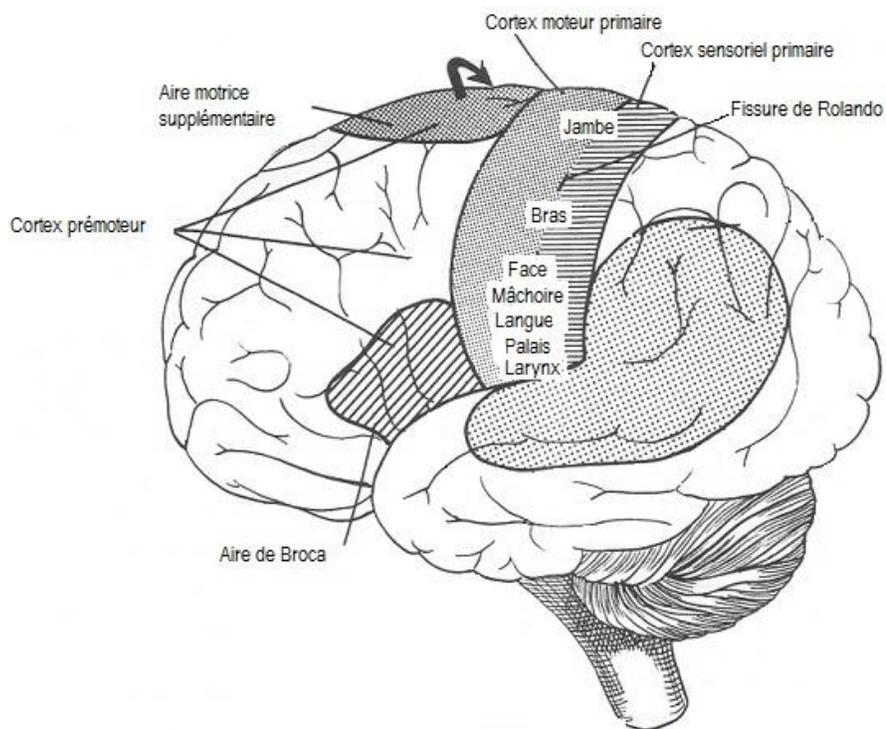


Figure 2 : Aires cérébrales. Figure extraite et adaptée de Duffy (2013 : 40).

Actuellement, les chercheurs, notamment Lewis et Barker (2009), Obeso et coll. (2008) et Duffy (2013 : 49), s'entendent pour synthétiser le lien entre les déficits neurologiques et les symptômes moteurs comme suit : la réduction de la stimulation dopaminergique dans le *striatum* résulterait d'une suractivation de l'*output* du noyau sous-thalamique, du *globus pallidus* et de la substance noire réticulée, ce qui provoquerait une inhibition de la conduction d'informations vers les aires motrices, notamment vers l'aire motrice supplémentaire (ou AMS, voir la Figure 2 pour connaître la localisation de cette aire). Par conséquent, d'un point de vue physiopathologique,

cela entraînerait une réduction de l'activité motrice; les traits moteurs de bradykinésie et de rigidité des patients parkinsoniens apparaissant alors.⁸

Outre les quatre symptômes moteurs typiques mentionnés ci-haut (page 8), de nombreux autres signes cliniques peuvent se manifester avec l'évolution de la maladie, dont des symptômes non moteurs.⁹ Ces derniers incluent des troubles cognitifs (démence, troubles de l'attention, de la mémoire, etc.), psychiatriques (troubles de l'humeur, anxiété, dépression, psychose, etc.), sensitifs (anosmie, paresthésie, troubles de perception de la douleur, etc.) et langagiers, un dysfonctionnement du système nerveux autonome (incontinence urinaire, constipation, troubles d'ordre sexuel, etc.), des pathologies du sommeil ainsi que de la fatigue (Adams et Jog, 2009; Archibald et coll., 2013; Gazewood et coll., 2013; Jankovic, 2008; Lewis et Barker, 2009; Marsden, 1994; Poewe, 2009). Des symptômes moteurs secondaires, tels une micrographie, une dysphagie et/ou une dysarthrie, peuvent s'ajouter au portrait symptomatologique de la maladie de Parkinson (Jankovic, 2008).

2.1.1 La maladie de Parkinson idiopathique et la dysarthrie hypokinétique

De 70 à 90 % des individus souffrant de la maladie de Parkinson idiopathique développent une dysarthrie hypokinétique (Hartelius et Svensson, 1994; Ho et coll., 1998; Logemann et coll., 1978; Müller et coll., 2001). Toutes les composantes de la production de la parole, soit la respiration, la phonation, la résonance, l'articulation et la prosodie, peuvent être atteintes par ce trouble de la parole, mais à des degrés variables. La phonation, la prosodie et l'articulation sont toutefois les composantes les plus affectées par la dysarthrie hypokinétique (Duffy, 2013 : 171). Ces diverses altérations entraînent souvent une diminution de l'intelligibilité (Duffy, 2013 : 171).

Les travaux de Darley et coll. (1969a, 1969b) ont structuré l'évaluation perceptive des dysarthries. Dans la première étude, les auteurs ont dressé une liste de 38 paramètres perceptifs (dimensions), regroupés en sept catégories (la hauteur, la force et la qualité de la voix, la respiration, la prosodie, l'articulation et l'impression générale de la parole). Sept groupes comptant le même nombre de locuteurs ont été constitués. L'atteinte neurologique des 30 sujets d'un même groupe était identique, mais celle-ci différait entre les sept groupes. La tâche des individus était de lire à voix haute un court texte. Les trois juges experts accordaient ensuite une note représentant le degré de sévérité de la perturbation pour chaque paramètre perceptif. C'est ainsi que Darley et coll. (1969a) ont identifié six catégories de dysarthrie, soit les dysarthries flasque, spastique,

⁸ Lewis et Barker (2009) mentionnent que le symptôme moteur de tremblements est moins bien corrélé aux déficits chimiques dans les ganglions de la base.

⁹ Chez certains patients, ces symptômes non moteurs sont présents dès les premiers stades de la maladie. Agid et coll. (1989) notent cependant que les déficits dopaminergiques des patients parkinsoniens n'expliqueraient pas à eux seuls ces symptômes non moteurs.

ataxique, hypokinétique, hyperkinétique et mixte.¹⁰ Dans la deuxième étude, ils ont analysé les matrices de corrélation des caractéristiques perceptives de chaque groupe afin de vérifier quels paramètres pouvaient être associés dans chacun des groupes. Huit faisceaux, comprenant au moins trois paramètres perceptifs corrélés, ont ainsi été identifiés. Les auteurs ont par la suite émis des hypothèses quant aux substrats neuromusculaires liés à chaque faisceau.

L'un des groupes de locuteurs issus de ces deux études était constitué de 32 sujets parkinsoniens. Darley et coll. (1969a : 258) ont nommé *dysarthrie hypokinétique* le trouble de la parole affectant ces sujets, celui-ci étant caractérisé par les paramètres perceptifs suivants :

- une monotonie de l'intensité de la voix (manque de variation dans l'intensité de la voix);
- une monotonie de la hauteur de la voix (manque de variation dans la hauteur de la voix);
- une réduction de l'accentuation;
- une imprécision de l'articulation des consonnes;
- la présence de silences (ou de pauses) inappropriés et d'accélération brèves;
- un débit de parole variable;
- une voix rauque;
- une voix soufflée;
- et une hauteur de voix basse.¹¹

Dans leur deuxième contribution, Darley et coll. (1969b) ajoutent toutefois deux paramètres perceptifs absents de leur précédente contribution, soit l'intensité vocale réduite et la répétition de sons. Dans ce même article, les auteurs ont déterminé que la parole des locuteurs parkinsoniens est caractérisée par quatre paramètres non corrélés (présence de pauses inappropriées, voix rauque, voix soufflée, hauteur de voix basse) et par le faisceau *insuffisance prosodique*. À ce faisceau, composé des paramètres de monotonie de la hauteur de la voix, de monotonie de l'intensité de la voix et de réduction de l'accentuation, se joignent trois extensions propres uniquement au groupe de patients parkinsoniens, soit le débit de parole variable, l'imprécision de l'articulation des consonnes et la présence d'accélération brèves. Ils concluent en supposant que la réduction de l'ampleur des mouvements et les mouvements répétitifs très rapides d'ampleur réduite de ces patients expliqueraient l'insuffisance prosodique. La présence de pauses inappropriées, elle, serait due à la difficulté

¹⁰ Duffy (2013 : 11) estime toutefois qu'au moins deux nouvelles catégories devraient être ajoutées aux six initiales établies par Darley et coll. (1969a), soit la dysarthrie par atteinte unilatérale du motoneurone supérieur et les dysarthries d'étiologie indéterminée.

¹¹ Mentionnons que peu de ces caractéristiques étaient spécifiques uniquement au groupe de sujets parkinsoniens. En effet, il n'y avait que le débit variable (et rapide) et la présence d'accélération brèves lors de la production de la parole qui étaient propres à ces locuteurs et les distinguaient des autres groupes.

d'initiation des mouvements alors que la voix rauque, la voix soufflée et la hauteur de voix basse seraient conséquentes à la rigidité des muscles du larynx.

Les travaux de Darley et ses collaborateurs suggéraient qu'un trouble neurologique pouvait être caractérisé par une catégorie de dysarthrie particulière. Cependant, depuis la publication des deux études de ces auteurs, on sait que la maladie de Parkinson n'est pas exclusivement associée à la dysarthrie hypokinétique. En effet, Adams et Jog (2009) mentionnent que de 10 à 20 % des patients parkinsoniens ayant un trouble de la parole présentent plutôt une dysarthrie mixte hypokinétique-hyperkinétique.¹² Selon ce que rapporte Duffy (2013 : 169), l'étiologie des dysarthries n'est souvent pas unique. En ce qui concerne la dysarthrie hypokinétique, celle-ci ne serait pas causée par une maladie dégénérative (en l'occurrence, le parkinsonisme) dans 13 % des cas. Dans ces cas, elle serait d'origine vasculaire, traumatique, infectieuse, etc. Cependant, tel que précisé ci-haut, bien que tous les patients atteints de la maladie de Parkinson ne développent pas nécessairement une dysarthrie hypokinétique, celle-ci demeure fortement représentée dans la population parkinsonienne.

La dysarthrie hypokinétique n'est pas susceptible de se manifester lorsque les premiers symptômes moteurs de la maladie de Parkinson apparaissent. En effet, à ce moment, elle n'est généralement pas présente ou est à peine perceptible (Müller et coll., 2001; Stewart et coll., 1995). Par ailleurs, selon ce que rapporte Theodoros (2011), la corrélation entre le début de la dysarthrie hypokinétique et la sévérité de la maladie de Parkinson serait faible. L'évolution de cette dysarthrie chez les patients parkinsoniens serait typique; l'altération phonatoire serait généralement plus fréquente et plus marquée et précéderait celle articuloire ou celle de toute autre composante de la production de la parole (Ackermann et Ziegler, 1991; Ho et coll., 1998; Logemann et coll., 1978; Zwirner et Barnes, 1992). Dans l'étude de Logemann et coll. (1978), 89 % des 200 locuteurs parkinsoniens présentaient des atteintes phonatoires (voix rauque, voix soufflée, tremblements dans la voix¹³), 45 % des troubles articuloires, 20 % des troubles de débit de parole (répétition de syllabes, syllabes allongées, pauses inappropriées, etc.) et 10 % des troubles de résonance (hypernasalité). La voix de tous les patients présentant des atteintes articuloires, sauf un, était affectée. En ce qui a trait à l'articulation de consonnes, Logemann et coll. (1978) indiquent que l'altération de celles-ci progresserait de l'arrière vers l'avant de la cavité buccale, puis vers la cavité labiale. En effet, parmi les 200 patients parkinsoniens

¹² Une dysarthrie hyperkinétique peut résulter d'une prise de médication antiparkinsonienne. Le médicament privilégié pour le traitement des symptômes moteurs typiques des patients parkinsoniens durant les premières années de la maladie est la levodopa (L-Dopa) (Katzenschlager et Lees, 2002; Marsden, 1994; Poewe, 2009). À long terme (après un régime de plus de 3 à 5 ans), certaines complications naissent, par exemple des fluctuations dans les réponses au médicament et des dyskinesies (mouvements involontaires anormaux) (Blitzer et coll., 2011; Katzenschlager et Lees, 2002; Marsden, 1992; Poewe, 2009). Ces dyskinesies seraient à l'origine de la dysarthrie hyperkinétique.

¹³ Des tremblements dans la voix n'étaient toutefois présents que chez 13,5 % de leurs patients parkinsoniens. Mais en réalité, comme l'expliquent Philippbar et coll. (1989), cité dans Duffy (2013 : 176), les tremblements dans la voix ne sont pas un critère caractéristique de la dysarthrie hypokinétique puisqu'ils ne diffèrent pas de ceux d'individus ayant une parole normale.

présentant un trouble de la parole, 90 avaient uniquement une atteinte phonatoire, pour 27 autres s'ajoutaient une difficulté à produire des consonnes dont l'articulateur était le dos de la langue, pour 34 autres s'ajoutaient aussi une difficulté à produire des consonnes dont l'articulateur était le prédos de la langue, pour 11 autres s'ajoutaient également une difficulté à produire les consonnes labiales et finalement, pour les 18 derniers s'ajoutaient en plus une difficulté à produire des consonnes dont l'articulateur était l'apex de la langue. Ho, lansek, et coll. (1998) ont également remarqué que la composante phonatoire est celle qui est affectée le plus fréquemment. Chez les locuteurs pour lesquels le trouble de la parole était installé depuis peu, les auteurs ont constaté des perturbations dans la qualité de la voix évoluant vers une intensité vocale réduite. Chez les patients pour lesquels l'atteinte de la parole était plus sévère, des troubles articulatoires étaient en plus manifestes. Skodda et coll. (2012) ont, quant à eux, enregistré la parole de 67 patients atteints de la maladie de Parkinson idiopathique et celle d'individus ayant une parole normale à deux temps de mesure différents (l'intervalle de temps entre les deux rencontres était variable). À la deuxième rencontre, l'articulation des voyelles /a/, /i/ et /u/ actualisait une détérioration significative en comparaison de la première rencontre. Ce résultat appuie ceux des études mentionnées ci-dessus, c'est-à-dire que les difficultés articulatoires des patients se manifestent lorsque la maladie est plus avancée,¹⁴ la première rencontre ayant lieu en moyenne six ans après le diagnostic de la maladie, et que plus cette dernière progresse, plus il y a détérioration de l'articulation (des consonnes, mais aussi des voyelles).

L'altération articulatoire étant vraisemblablement de plus en plus omniprésente à mesure que la maladie de Parkinson évolue, un certain nombre d'études physiologiques (cinématiques, électromyographiques, etc.) et acoustiques visaient à qualifier cette atteinte et à déterminer précisément les différences entre l'articulation de locuteurs sains et celle de locuteurs parkinsoniens dysarthriques.

Les données physiologiques révèlent notamment que la dysarthrie hypokinétique entraîne une réduction de la vitesse et de l'ampleur des mouvements de la mâchoire, de la langue et de la lèvre inférieure des patients parkinsoniens comparativement à des sujets normaux (Caligiuri, 1989; Forrest et coll., 1989; Hirose et coll., 1981, 1982; Hunker et coll., 1982; Robertson et Hammerstad, 1996; Yunusova et coll., 2008¹⁵) ainsi qu'une rigidité des muscles labiaux (Hunker et coll., 1982).

¹⁴ L'étude récente de Rusz et coll. (2013) vient toutefois faire ombrage à ce constat puisque leurs résultats suggèrent que l'articulation de voyelles est affectée dès les premiers stades de la maladie de Parkinson. Effectivement, de tous les locuteurs recrutés (et pour lesquels le diagnostic de maladie de Parkinson était récent), 80 % présentaient une articulation imprécise de voyelles.

¹⁵ Bien que Yunusova et coll. (2008) aient rapporté une vitesse plus lente des mouvements de la langue lors de la production de voyelles de locuteurs parkinsoniens comparativement à celle de locuteurs sains, ces derniers n'ont toutefois pas constaté que l'ampleur des mouvements de la mâchoire, de la langue, et de la lèvre inférieure était réduite.

En ce qui concerne les consonnes, les résultats d'études acoustiques appuient ce que les évaluations perceptives de Darley et coll. (1969a) et de Logemann et coll. (1978) indiquaient déjà, soit que l'articulation de consonnes des locuteurs présentant une dysarthrie hypokinétique est imprécise. Ackermann et Ziegler (1991) et Ackermann et coll. (1995) (cités dans Duffy, 2013 : 178) ont entre autres observé chez des patients parkinsoniens ayant une dysarthrie hypokinétique l'apparition d'un bruit continu (proche de celui caractérisant les consonnes constrictives) lors de la production de consonnes occlusives ou de la portion occlusive de consonnes affriquées (spirantisation ou *mellowing*).

D'autres études acoustiques ont montré en quoi l'articulation de voyelles est aussi affectée par la dysarthrie hypokinétique. Les plus anciennes s'appuient sur l'examen des premiers formants et des transitions formantiques. Zwirner et Barnes (1992), par exemple, ont remarqué une grande variabilité intra-individuelle de F_1 pour des /a/ produits par des sujets dysarthriques hypokinétiques lors d'une tâche de phonation soutenue de cette voyelle. Selon ces chercheurs, cette variabilité serait conséquente à une instabilité articuloire. Connor et coll. (1989), quant à eux, ont constaté que les valeurs des deux premiers formants à l'état stable (et au début) d'occurrences de /a/ de locuteurs dysarthriques hypokinétiques différaient de celles de locuteurs sains, mais le sens de cette différence dépendait de la tâche effectuée (production de syllabes isolées vs diadococinésies¹⁶). De plus, Connor et coll. (1989) de même que Forrest et coll. (1989), en étudiant les transitions de F_1 et de F_2 de voyelles de patients parkinsoniens présentant une dysarthrie hypokinétique, ont montré que les transitions formantiques de ces derniers étaient réduites en comparaison de celles de sujets normaux. Flint et coll. (1992) et Tjaden et Wilding (2004) ont étudié les transitions formantiques caractérisant des diphtongues et ils ont obtenu des résultats similaires à ceux de Connor et coll. (1989) ou de Forrest et coll. (1989).

Dans des études acoustiques subséquentes, d'autres paramètres ont été utilisés pour distinguer les productions de voyelles de locuteurs parkinsoniens dysarthriques de celle de locuteurs sains, notamment celui d'espace vocalique maximal (aire d'un triangle ou d'un quadrilatère dont les sommets correspondent aux valeurs formantiques moyennes des voyelles périphériques). Selon Weismer et coll. (2001), l'ampleur réduite des mouvements articuloires des patients souffrant de la maladie de Parkinson et ayant une dysarthrie hypokinétique ferait en sorte que leur espace articuloire est plus restreint (*articulatory undershooting* dans la littérature anglophone), ce qui se traduirait acoustiquement par une non-atteinte des cibles acoustiques¹⁷. Si, pour les consonnes, la spirantisation des occlusives évoquée plus tôt est l'une des conséquences de ce

¹⁶ Une tâche de diadococinésies implique de répéter plusieurs fois le plus rapidement possible des syllabes de forme CV (/pa/, /ta/, /ka/), C₁VC₂V (/pata/) et/ou C₁VC₂VC₃V (/pataka/).

¹⁷ La non-atteinte des cibles articuloires réfère à cette difficulté qu'ont les locuteurs dysarthriques hypokinétiques à atteindre avec précision une cible articuloire et à maintenir un contact suffisant entre l'articulateur et le lieu d'articulation (Duffy, 2013 : 178).

phénomène, en ce qui a trait aux voyelles, ce dernier entraînerait une centralisation des valeurs formantiques, c'est-à-dire que les fréquences formantiques qui ont normalement des valeurs élevées tendent à avoir des fréquences formantiques plus basses et les fréquences formantiques qui ont normalement des valeurs basses tendent à avoir des fréquences plus élevées (Sapir et coll., 2007 : 902; 2010 : 115). Une telle centralisation de formants a été observée chez les sujets parkinsoniens dysarthriques des études de Weismer et coll. (2001) et de McRae et coll. (2002). En effet, ces chercheurs ont rapporté que l'espace vocalique maximal des locuteurs recrutés avait tendance à être réduit par rapport à celui de sujets sains, sans toutefois que cette différence n'apparaisse comme statistiquement significative. D'après Weismer et coll. (2001), cette non-significativité témoignerait de l'importante variabilité interindividuelle des sujets. Pour leur part, Tjaden et Wilding (2004) et Skodda et coll. (2011), qui ont, eux aussi, exploité ce paramètre, ont constaté que l'espace vocalique maximal de locuteurs parkinsoniens dysarthriques était significativement restreint comparativement à celui de locuteurs normaux.¹⁸

Skodda et coll. (2011) avaient en plus choisi de s'appuyer sur un autre paramètre que celui d'espace vocalique maximal pour analyser les productions vocaliques de patients parkinsoniens dysarthriques, soit le *Vowel Articulatory Index* (VAI, autrement nommé ratio de centralisation de formants). La mesure d'espace vocalique maximal étant sensible à la variabilité interindividuelle, Sapir et coll. (2010) ont développé le ratio de centralisation de formants (*formant centralization ratio* ou FCR) pour mieux représenter toute centralisation de formants de voyelles. Le FCR, minimisant la sensibilité à la variabilité interindividuelle et maximisant la sensibilité à la centralisation vocalique, serait donc, selon eux, plus adéquat que le paramètre d'espace vocalique maximal pour caractériser l'organisation acoustique de voyelles de sujets parkinsoniens dysarthriques. La comparaison des valeurs de VAI de locuteurs parkinsoniens présentant une dysarthrie hypokinétique avec celles de locuteurs sains dans l'étude de Skodda et coll. (2011) a montré que les valeurs de VAI des sujets dysarthriques étaient significativement inférieures à celles des sujets n'ayant aucun trouble de la parole, ce qui refléterait l'atteinte articulaire des patients parkinsoniens.

Par la suite, Rusz et coll. (2013) ont notamment voulu déterminer précisément les métriques acoustiques susceptibles de bien représenter l'imprécision articulaire vocalique de patients parkinsoniens dysarthriques. Pour ce faire, ils ont testé l'efficacité de quatre paramètres, soit les valeurs de F_2 de /u/, le ratio F_{2i}/F_{2u} ,¹⁹ l'espace vocalique maximal et le VAI, dans quatre tâches différentes (phonation soutenue de voyelle, répétition de phrases, lecture de texte, conversation spontanée). Leur étude a révélé que les locuteurs

¹⁸ Notez que Skodda et coll. (2011) ont observé une différence significative seulement chez les individus de sexe masculin et non chez ceux de sexe féminin.

¹⁹ Le ratio F_{2i}/F_{2u} renseigne sur la distance entre les voyelles /i/ et /u/ et a entre autres été exploité par Sapir et coll. (2007) pour évaluer si le *Lee Silverman Voice Treatment*® améliorerait le contraste acoustique entre ces voyelles et donc leur production chez des individus souffrant de la maladie de Parkinson et présentant une dysarthrie hypokinétique.

parkinsoniens dysarthriques avaient un F_2 moyen de /u/ significativement plus grand et un ratio moyen F_{2i}/F_{2u} significativement plus petit comparativement aux locuteurs sains, et ce, dans toutes les tâches effectuées, excepté celle de phonation soutenue de voyelles. De plus, ils ont remarqué que les valeurs d'espace vocalique maximal et de VAI des sujets parkinsoniens étaient significativement réduites en comparaison de celles des sujets normaux dans les tâches de répétition de phrases et de conversation spontanée.

Les études présentées ci-dessus portent sur l'articulation de voyelles produites par des locuteurs dysarthriques non francophones. Audibert et Fougeron (2012) ont toutefois évalué la pertinence et la complémentarité de divers paramètres acoustiques pour la description de l'atteinte articulo-vocalique de 30 individus francophones atteints de la maladie de Parkinson et présentant une dysarthrie hypokinétique. Les mesures sur lesquelles ils se sont fondés incluent entre autres l'espace vocalique maximal pentagonique (délimité par les valeurs formantiques des voyelles /i/, /ɛ/, /a/, /ɔ/ et /u/) et la dispersion vocalique intraclasse. Comparativement aux sujets sains, l'espace vocalique maximal de leurs sujets parkinsoniens était réduit. De plus, une forte variabilité entre les occurrences d'une même classe vocalique (dispersion vocalique importante) caractérisait la production de voyelles de leurs locuteurs parkinsoniens.

2.1.2 Le traitement de la dysarthrie hypokinétique de patients parkinsoniens

2.1.2.1 Efficacité des traitements chirurgicaux, pharmacologiques et orthophoniques

Les symptômes moteurs typiques de la maladie de Parkinson peuvent être contrôlés et atténués grâce à des interventions chirurgicales cérébrales (thalamotomie, pallidectomie, stimulation cérébrale profonde, transplantation de cellules fœtales, etc.) ou à des thérapies médicamenteuses (levodopa, agonistes dopaminergiques, inhibiteurs de L-Dopa décarboxylase, inhibiteurs de monoamine oxydase, médicaments anticholinergiques, etc.). Étant donné l'impact positif de certains traitements chirurgicaux ou pharmacologiques sur les symptômes moteurs des membres, des chercheurs ont voulu déterminer si ces derniers permettaient également de réduire les effets de la dysarthrie hypokinétique. Les prises en charge chirurgicales et pharmacologiques ne se sont toutefois pas révélées être aussi efficaces pour le traitement de la dysarthrie hypokinétique que pour le traitement des symptômes moteurs typiques.

Certes, les procédures chirurgicales de pallidectomie et de stimulation cérébrale profonde ou l'administration de médicaments ont, chez certains patients, permis une amélioration de certains aspects de la production de la parole (phonation, modulation prosodique, articulation, contrôle et force orofaciale, intensité vocale, qualité de la voix, intelligibilité, débit de parole, etc.) (pour les chirurgies : Gentil et coll., 1999, 2003; Hammer et coll., 2010; Laitinen et coll., 1992; Pinto et coll., 2003, 2004; Santens et coll., 2003; Schulz et coll., 1999, 2000 et pour les médicaments : De Letter et coll., 2003, 2005, 2007; Gallena et coll., 2001; Ho et coll., 2008; Jiang et coll., 1999; Leanderson et coll., 1971; Mawdsley et Gamsu, 1971; Sanabria et coll., 2001; Spencer et coll.,

2009; Wolfe et coll., 1975). Cependant, l'amélioration n'était souvent que temporaire et les effets positifs pouvaient varier en fonction du moment dans le cycle de médication (pour les thérapies pharmacologiques) ou de l'endroit de la lésion ou de la stimulation (pour les interventions chirurgicales). Le stade de la maladie de Parkinson, la prise d'autres médicaments, les tâches à effectuer dans les diverses études, etc. étaient autant de facteurs susceptibles d'influencer les résultats (Schulz et Grant, 2000 : 69; Duffy 2013 : 426). D'autres études n'ont, quant à elles, relevé aucun changement positif marqué à la suite d'une prise en charge pharmacologique (Kopoliti et coll., 2000; Plowman-Prine et coll., 2009; Poluha et coll., 1998; Quagliari et Ceselia, 1977; Skodda et coll., 2010; Spencer et coll., 2009; Wang et coll., 2000) ou à la suite d'une intervention chirurgicale (même après une pallidectomie ou une stimulation cérébrale profonde) (Baker et coll., 1997; D'Alatri et coll., 2008; Hill et coll., 2003; Klostermann et coll., 2008; Rousseaux et coll., 2004; Santens et coll., 2003; Schulz et coll., 1999; Scott et coll., 1998; Tasker et coll., 1983; Theodoros et coll., 2000; Uitti et coll., 2000; Van Lancker Sidtis et coll., 2010). Les résultats de certaines études suggèrent même que les thérapies chirurgicales causent une détérioration de la sévérité de la dysarthrie ou de l'intelligibilité de la parole ou induisent des effets négatifs à long terme sur la parole et la voix (Gan et coll., 2007; Klostermann et coll., 2008; Krack et coll., 2003; Matsumoto et coll., 1976; Rodríguez-Oroz et coll., 2005; Rousseaux et coll., 2004; Schrag et coll., 1999; Schulz et coll., 2000; Scott et coll., 1998; Theodoros et coll., 2000; Tripoliti et coll., 2011; Uitti et coll., 2000). Pourquoi ces deux types de traitement entraînent-ils une telle diversité de réponses en ce qui a trait au contrôle moteur de la parole est une question qui reste en suspens.

Le consensus actuellement admis dans la communauté scientifique est que les interventions chirurgicales et les thérapies médicamenteuses ne seraient pas suffisantes à elles seules pour traiter la dysarthrie hypokinétique des patients parkinsoniens (Schulz et Grant, 2000; Trail et coll., 2005). Une combinaison de traitements, plus particulièrement de thérapies orthophonique et pharmacologique (cette dernière devant fonctionner de façon optimale sur les symptômes moteurs des membres), permettrait une meilleure prise en charge du trouble de parole des patients parkinsoniens (Schulz et Grant, 2000; Trail et coll., 2005).

Des prises en charge orthophonique impliquant le recours à divers appareillages, comme le *Delayed Auditory Feedback* (DAF) ou des dispositifs d'amplification de la voix ou de *biofeedback* d'intensité, ont d'abord été proposées. Certaines études testant sur un petit nombre de participants l'efficacité de ces appareils ont obtenu des résultats positifs, mais les effets bénéfiques n'étaient souvent observés que pour quelques-uns des patients recrutés (Adams et Lang, 1992; Downie et coll., 1981; Rubow et Swift, 1985, ou Schulz et Grant, 2000 : 64-65; Trail et coll., 2005 : 210; Duffy, 2013 : 426-427, pour de courtes revues de la littérature). D'ailleurs, chez les sujets pour lesquels une amélioration était constatée, sans l'appareil ou à l'extérieur de la clinique, les améliorations observées pouvaient s'avérer limitées à long terme (Adams et Dykstra, 2009) ou disparaître (Schulz et Grant, 2000).

Le traitement de la dysarthrie hypokinétique d'individus atteints de la maladie de Parkinson par l'intermédiaire de thérapies orthophoniques n'utilisant pas d'appareillage spécifique s'est révélé plus encourageant, en dépit des résultats initiaux défavorables. Les premières études ayant évalué l'efficacité de thérapies orthophoniques non intensives qui ciblaient principalement les troubles d'articulation et de débit de parole, ont obtenu des résultats mitigés, notamment concernant le maintien à long terme ou la généralisation à la vie quotidienne (en dehors de la clinique) (Allan, 1970; Greene, 1980; Sarno, 1968; Weiner et Lang, 1989, citées dans Trail et coll., 2005). Étant donné ces résultats, les chercheurs et les cliniciens avaient une perception négative des thérapies orthophoniques destinées aux personnes atteintes d'une maladie dégénérative, en l'occurrence la maladie de Parkinson. Néanmoins, diverses études subséquentes ont montré que des thérapies orthophoniques intensives (cinq fois par semaine pendant deux semaines, 40 heures par semaine pendant deux semaines, dix séances pendant un mois, etc.) pouvaient être bénéfiques à court terme, mais aussi à plus long terme, et être appropriées pour le traitement de la dysarthrie hypokinétique de locuteurs parkinsoniens (Johnson et Pring, 1990; Le Dorze et coll., 1992; Robertson et Thomson, 1984; Scott et Caird, 1983). Ces thérapies ciblaient une ou plusieurs composantes de la production de la parole altérées par la maladie de Parkinson. En effet, des exercices prosodiques (Le Dorze et coll., 1992; Scott et Caird, 1983) ou encore des exercices destinés à travailler plus d'une composante (articulation, respiration, prosodie : débit, intonation, accentuation et/ou phonation : intensité, hauteur de la voix) (Johnson et Pring, 1990; Robertson et Thomson, 1984) étaient proposés aux patients.

2.1.2.2 Un traitement prometteur : le Lee Silverman Voice Treatment (LSVT®)

Ramig et coll. (1988, 1994) et Ramig, Pawlas, et coll. (1995) ont, pour leur part, développé leur propre traitement orthophonique intensif n'utilisant pas d'appareillage spécifique, le *Lee Silverman Voice Treatment* (LSVT®). Les trois aspects problématiques sur lesquels ces chercheurs cliniciens se sont fondés pour concevoir le LSVT® sont la monotonie de la voix de patients dysarthriques hypokinétiques souffrant de la maladie de Parkinson, leur incapacité à percevoir qu'ils ne fournissent pas suffisamment d'efforts pour produire une parole assez forte et leur difficulté à générer de façon autonome la quantité nécessaire d'efforts pour émettre une intensité vocale suffisante. Le traitement de Ramig et ses collaborateurs est caractérisé par ces quatre éléments :

- il est intensif (quatre séances d'une heure par semaine pendant quatre semaines) et progressif (la complexité augmente);
- il se concentre uniquement sur la voix;
- il demande aux patients de fournir d'importants efforts respiratoires et phonatoires pour augmenter leur intensité vocale;
- et il vise à améliorer leur perception des efforts requis pour produire une intensité vocale suffisante.

De ce fait, à l'inverse des propositions antérieures de traitement orthophonique qui ciblaient plusieurs aspects à la fois, le LSVT® ne cible que l'intensité vocale affaiblie des locuteurs parkinsoniens et aucune attention directe n'est allouée aux troubles de modulation prosodique, d'articulation, de débit de parole, etc. L'entraînement des patients dysarthriques parkinsoniens à la sensibilité sensorielle leur permettrait de connaître l'intensité nécessaire pour qu'ils puissent se faire comprendre, de se familiariser à cette intensité et de s'habituer à contrôler par eux-mêmes les efforts à fournir pour la produire. Ainsi, à la fin du traitement, les patients devraient être en mesure de produire une parole présentant une intensité suffisante pour être intelligible. Les objectifs du LSVT® d'un point de vue physiologique sont d'améliorer le réflexe respiratoire, l'adduction des cordes vocales ainsi que l'activité et les mouvements du larynx et des cavités supraglottiques. Ce sont ces changements physiologiques qui entraîneraient alors des changements positifs par rapport à l'intensité vocale, mais également par rapport à l'inflexion prosodique, la qualité de la voix, la précision articulaire, la résonance, l'intelligibilité, etc. Les exercices du LSVT® comprennent d'une part des tâches simples, par exemple des tâches de production de suites de syllabes répétées et de phonation soutenue de voyelles pour lesquelles les locuteurs doivent produire des voyelles avec leur voix la plus aiguë possible ou la plus grave possible ou avec la plus forte intensité possible. Ce traitement implique d'autre part des tâches de lecture à voix haute de textes ou de phrases de même que des activités de conversation.

Actuellement, le LSVT® est une thérapie orthophonique prometteuse pour le traitement de la dysarthrie hypokinétique de patients parkinsoniens; maintes études ont objectivé son efficacité. Certaines recherches ont entre autres montré que le LSVT®, en comparaison avec un autre traitement orthophonique intensif ne ciblant qu'une composante de la parole, en l'occurrence la *Respiratory Therapy* (RET), diminue de façon plus marquée l'impact du trouble de la parole des patients parkinsoniens sur la communication (Baumgartner et coll., 2001; Ramig, Countryman, et coll., 1995; Ramig et coll., 1996; Ramig, Sapir, Countryman, et coll., 2001; Sapir et coll., 2002; Smith et coll., 1995). D'autres études ont indiqué que les changements positifs observés chez les patients dysarthriques parkinsoniens à la suite du LSVT® se maintiennent à court terme, mais également à long terme, soit au moins 24 mois après traitement (Ramig et coll., 1996; Ramig, Sapir, Countryman, et coll., 2001; Ramig, Sapir, Fox, et coll., 2001; Sapir et coll., 2002), cet intervalle de temps correspondant au plus grand testé dans les recherches. Par ailleurs, de nombreuses études perceptives, acoustiques et physiologiques ont montré plusieurs changements positifs à la suite de ce traitement, soit une amélioration de l'adduction des cordes vocales (Smith et coll., 1995), de l'intelligibilité (Ramig, Countryman, et coll., 1995), de l'intensité vocale (Ramig, Countryman, et coll., 1995; Ramig et coll., 1996; Ramig, Sapir, Countryman, et coll., 2001; Ramig, Sapir, Fox, et coll., 2001; Sapir et coll., 2002, 2007), de la modulation et de l'étendue de la fréquence fondamentale (Ramig, Countryman, et coll., 1995; Ramig et coll., 1996; Ramig, Sapir, Countryman, et coll., 2001) ainsi que de la qualité de la voix (Baumgartner et coll., 2001). Outre ces effets bénéfiques sur la parole, le LSVT® a également des effets positifs sur des tâches motrices voisines,

notamment la déglutition (El Sharkawi et coll., 2002) et la réalisation d'expressions faciales (plus expressifs après traitement) (Spielman et coll., 2003).

Sapir et coll. (2007, 2010), Wenke et coll. (2010) et Martel Sauvageau et coll. (2015) ont, quant à eux, conclu à une amélioration en ce qui a trait à l'articulation de voyelles à la suite de ce traitement, et ce, en considérant divers paramètres acoustiques.²⁰ Sapir et coll. (2007) ont constaté l'existence d'une différence significative entre les valeurs de F_2 de /u/ et les valeurs de ratio F_{2i}/F_{2u} de patients parkinsoniens ayant une dysarthrie hypokinétique avant et après LSVT®, la différence allant dans le sens des valeurs dites normales. Ces mesures acoustiques se sont révélées être corrélées positivement à des notes données par des juges cliniciens expérimentés sur l'intelligibilité des voyelles entendues. Sapir et coll. (2007) ont également évalué si l'articulation de voyelles s'améliore après thérapie à l'aide de la mesure d'espace vocalique maximal délimité par les voyelles /a/, /i/ et /u/. Leurs résultats indiquent toutefois que les espaces vocaliques maximaux de locuteurs parkinsoniens dysarthriques ayant suivi le LSVT® ne sont pas significativement différents avant et après le traitement, bien qu'ils soient devenus en moyenne plus étendus à la suite de ce dernier. Le paramètre d'espace vocalique maximal n'ayant pas permis d'obtenir des résultats significatifs, Sapir et coll. (2010) ont, dans une contribution subséquente, comparé les valeurs de ratio de centralisation de formants (ou de VAI) avant et après l'intervention orthophonique. Ces valeurs de même que celles du ratio F_{2i}/F_{2u} se sont avérées significativement plus petites après le LSVT® alors que celles d'espace vocalique maximal et d'espace vocalique maximal calculé à partir d'une échelle logarithmique se sont avérées significativement plus grandes à la suite du LSVT®. Tous ces résultats suggèrent donc une amélioration de l'articulation de voyelles de locuteurs parkinsoniens présentant une dysarthrie hypokinétique. Wenke et coll. (2010) n'ont, pour leur part, pas constaté d'augmentation ou de diminution significatives des valeurs de F_1 et de F_2 des voyelles /a/, /i/, /u/ et /æ/ de sujets dysarthriques ayant une atteinte respiratoire/phonatoire après le LSVT®, mais l'augmentation de l'espace vocalique maximal délimité par ces quatre voyelles était significative. Enfin, Martel Sauvageau et coll. (2015) ont reproduit ce dernier résultat auprès d'un groupe d'individus parkinsoniens francophones présentant une dysarthrie hypokinétique, leur espace vocalique maximal, délimité par les voyelles /a/, /i/ et /u/, étant significativement agrandi après le LSVT®. Cette dernière étude indique ainsi que l'articulation de voyelles de locuteurs parkinsoniens dysarthriques francophones tend également à s'améliorer à la suite du LSVT®.

Bien que cette thérapie orthophonique puisse voir son efficacité compromise par différents facteurs tels qu'un manque de motivation, une dépression, une démence, des symptômes parkinsoniens atypiques ou encore

²⁰ Les paramètres acoustiques utilisés pour évaluer l'efficacité du LSVT® quant à l'imprécision articulatoire de voyelles sont sensiblement les mêmes que ceux ayant servi à comparer l'organisation acoustique de voyelles de sujets sains et celle de sujets parkinsoniens dysarthriques qui sont présentés à la fin de la section 2.1.1. Le lecteur peut s'y référer pour plus de détails concernant leur signification.

une neurochirurgie (Ramig et coll., 1991; Theodoros, 2011; Trail et coll., 2005), étant donné les résultats encourageants et durables proposés dans la littérature, tant au niveau phonatoire que prosodique qu'articulatoire, le LSVT® s'avère être, à ce jour, le traitement orthophonique le plus prometteur pour la prise en charge de la dysarthrie hypokinétique symptomatique de la maladie de Parkinson.

2.2 Analyse acoustique de la parole : la prise en compte de la dynamique spectrale

L'objectif premier de cette étude est de caractériser acoustiquement la structure de voyelles produites par des locuteurs âgés parkinsoniens présentant une dysarthrie hypokinétique (avant et après qu'ils aient complété une thérapie orthophonique, en l'occurrence le LSVT®) et par des sujets âgés sains en exploitant un paradigme expérimental prenant en compte la dynamique spectrale. Tel que mentionné, traditionnellement, les voyelles sont décrites comme des cibles acoustiques statiques, c'est-à-dire que lors d'analyses acoustiques, les deux (ou trois) premiers formants de segments vocaliques sont relevés à un seul instant durant leur déroulement temporel, soit au cœur de l'état stable ou à 50 % de leur durée. Toutefois, durant les années 1980, un nouveau courant de recherche s'est organisé autour de l'idée selon laquelle l'évolution temporelle des indices acoustiques analysés a un rôle à jouer dans la détermination du timbre des voyelles. L'hypothèse du VISC est l'une des trois théories émergent de ce courant de pensée. Le terme *VISC* réfère aux changements relativement lents des fréquences formantiques en cours de production de voyelle qui ne dépendraient pas du contexte de production de la voyelle, mais de l'identité de cette dernière (Nearey et Assmann, 1986 : 1297). Dans les dernières décennies, des paradigmes expérimentaux tenant compte de la dynamique spectrale ont été de plus en plus exploités par les chercheurs pour analyser les voyelles de locuteurs anglophones ou francophones ayant une parole dite normale. Les sections 2.2.1 et 2.2.2 se concentrent sur la présentation des résultats de ces chercheurs en ce qui a trait à la production de la parole. Nous ne présentons effectivement pas, dans ces sections, de résultats d'études à visée perceptive étant donné que c'est uniquement dans une optique de production de la parole que nous commenterons nos résultats dans le Chapitre 4 en observant si des changements spectraux caractérisent les voyelles produites par des locuteurs provenant de deux populations différentes.

2.2.1 Études en anglais

Nearey et Assmann (1986) ont été les premiers à étudier la nature et l'étendue des changements formantiques, et ce, dans des occurrences de dix voyelles anglaises, /i ɪ e ε æ ʌ ɒ o ʊ u/, produites isolément par dix locuteurs adultes (cinq hommes et cinq femmes). Ils ont mesuré les valeurs initiale et finale des deux premiers formants de ces occurrences. Les mesures initiale et finale correspondaient respectivement aux premier et dernier endroits où l'amplitude était en deçà de 15 dB de l'amplitude maximale

de la section vocalique. Les chercheurs ont constaté la présence de changements spectraux en F_1 , en F_2 ou en F_1 et F_2 , que les occurrences vocaliques soient traditionnellement considérées comme des monophthongues ou des diphtongues. Tel qu'attendu, les diphtongues phonétiques /e/ et /o/ présentait des mouvements formantiques notables, mais les segments réputés monophthongués /ɪ/, /ɛ/ et /æ/ également (voir Figure 3 à gauche).

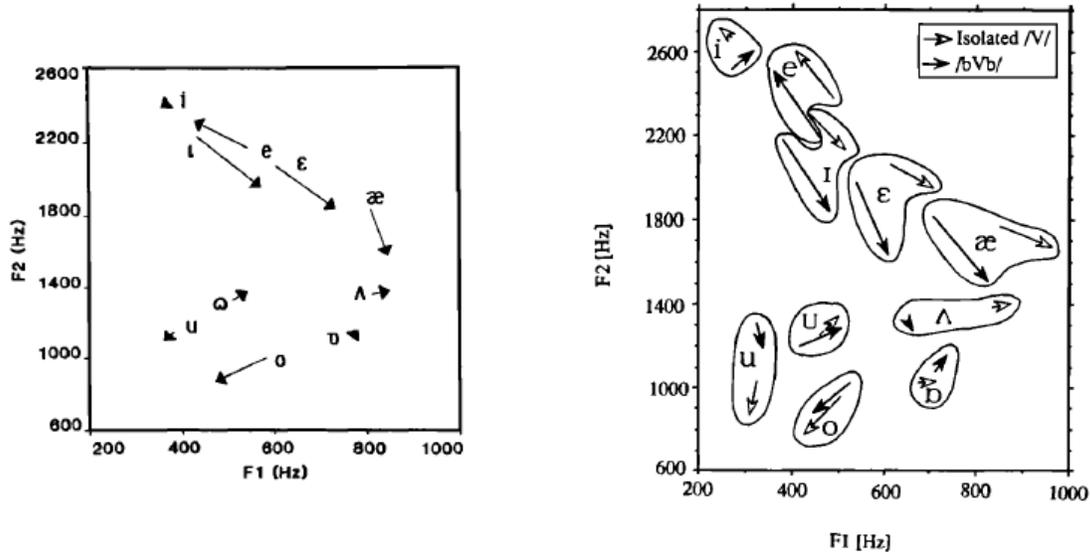


Figure 3 : Diagrammes biformantiques F_1/F_2 présentant les trajectoires moyennes de dix classes vocales de l'anglais nord-américain dont les voyelles ont été produites isolément par dix locuteurs (à gauche) et par quatre locuteurs (à droite). Sur le graphique de droite, les flèches vides correspondent aux voyelles produites isolément et les flèches pleines à celles produites en contexte /bVb/. Les cercles n'ont pour but que de faciliter la compréhension visuelle en regroupant les mêmes classes vocales. L'origine des vecteurs des deux figures représente la mesure moyenne initiale des classes vocales et l'extrémité fléchée la mesure moyenne finale. Figures extraites de Nearey et Assmann (1986 : 1300) (à gauche) et d'Andruski et Nearey (1992 : 394) (à droite).

À la suite de cette étude, Andruski et Nearey (1992) ont examiné la présence et la configuration des trajectoires formantiques dans des voyelles produites en contexte. Leur corpus était constitué des mêmes dix voyelles (/i ɪ e ɛ æ ʌ ɒ ɔ u ʊ/) que Nearey et Assmann (1986), produites isolément, mais aussi en contexte /bVb/ par quatre locuteurs (deux femmes et deux hommes, dont l'âge n'est pas mentionné). Pour chaque occurrence, les chercheurs ont mesuré les F_1 et F_2 à environ 40 ms après le début de la voyelle et 40 ms avant la fin de celle-ci. Ils ont observé que la direction et l'amplitude des mouvements formantiques des voyelles en contexte étaient similaires à celles des mouvements formantiques des voyelles produites isolément (voir Figure 3 à droite). La similarité des trajectoires entre les deux conditions, mais aussi la congruence de leurs résultats avec ceux de Nearey et Assmann (1986) ont conduit ces auteurs à considérer qu'il y a persistance du VISC dans les voyelles en contexte, du moins dans celles en contexte /bVb/, ce qui les incite à soutenir que l'identification par des auditeurs de voyelles produites en contexte s'effectuerait sur la base des propriétés inhérentes qu'elles contiennent plutôt que sur la base d'indices coarticulatoires. Andruski

et Nearey (1992) ont d'ailleurs vérifié cette supposition par l'entremise d'expérimentations perceptives. Ainsi, la coarticulation contribuerait peu à l'identification de voyelles produites en contexte en comparaison des propriétés inhérentes de ces dernières.

Hillenbrand et coll. (1995) ont également cherché à savoir si les voyelles de 12 classes vocaliques anglo-américaines (/i ɪ ε æ α ɔ ʊ u ʌ ə e o/) présentaient des changements spectraux. Celles-ci étaient produites en contexte neutre /hVd/, contexte considéré comme ayant peu d'influence sur la voyelle en anglais, par 139 locuteurs (45 hommes, 48 femmes, dont l'âge n'est pas mentionné, et 46 enfants de dix à douze ans). La fréquence des trois (ou quatre lorsque possible) premiers formants de chaque occurrence à 20 % et à 80 % de la durée vocalique a été extraite. Dans l'ensemble, les résultats ne diffèrent pas excessivement de ceux des études précédentes. En effet, une majorité de leurs voyelles actualise également des changements spectraux (voir Figure 4 en haut). De plus, ils ont remarqué que les classes vocaliques qui présentent beaucoup de chevauchement dans un espace biformantique F_1/F_2 où les fréquences formantiques à l'état stable des occurrences sont représentées peuvent être différenciées par les trajectoires de leurs changements spectraux. C'était le cas pour les classes /æ/ et /ε/ par exemple. Tout comme la contribution de Nearey et Assmann (1986), cette étude illustre que des monophthongues peuvent présenter autant de changements spectraux que des diphtongues (phonétiques).

Par ailleurs, il semble qu'on puisse en dire autant de voyelles produites dans des contextes consonantiques plus variés que le contexte /bVb/ considéré par Andruski et Nearey (1992). Hillenbrand et coll. (2001) ont analysé les occurrences de huit classes vocaliques (/i ɪ ε æ α ʊ u/) produites en contexte CVC par six femmes et six hommes âgés de 25 à 64 ans en extrayant les valeurs formantiques à 20 % et à 70 % de la durée vocalique. Les syllabes CVC produites représentaient toutes les combinaisons prononçables des consonnes initiales /h p t k b d g/, des huit voyelles à l'étude et des consonnes finales /p t k b d g/. Quelques ressemblances s'observent entre les graphiques des études de Hillenbrand et coll. (1995) et de Hillenbrand et coll. (2001), par exemple la trajectoire spectrale moyenne des voyelles /i/, /ɪ/, /æ/ et /u/ est analogue (voir Figure 4).²¹ Somme toute, cette étude démontre elle aussi que des changements spectraux caractérisent autant les monophthongues produites isolément que celles insérées dans des contextes consonantiques CVC variés. Comme Nearey et Assmann (1986), Andruski et Nearey (1992) ou Hillenbrand et coll. (1995) avant eux, Hillenbrand et coll. (2001) concluent que la prise en compte des trajectoires formantiques des voyelles est un atout lors d'une tâche de classification d'occurrences vocaliques dans leur classe phonémique, et ce, en dépit des effets de la coarticulation sur les fréquences de F_1 , de F_2 et de F_3 .

²¹ Cependant, les unités différentes des axes des deux graphiques de la Figure 4 (Mels par opposition à Hertz) peuvent avoir des conséquences notoires sur la répartition des occurrences dans ces espaces. Cette non-équivalence d'unités peut expliquer pourquoi des différences s'observent également entre les graphiques de ces deux études.

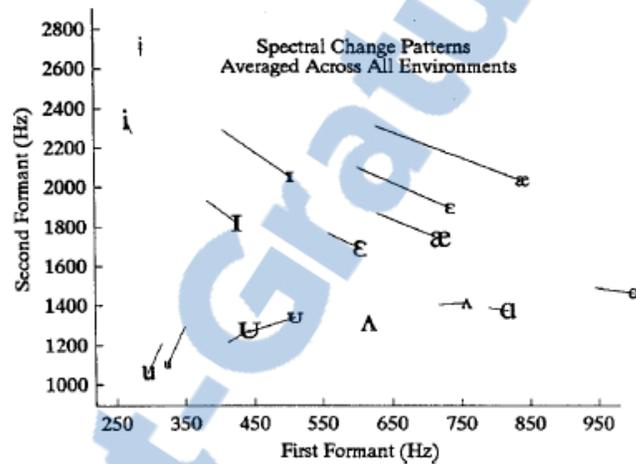
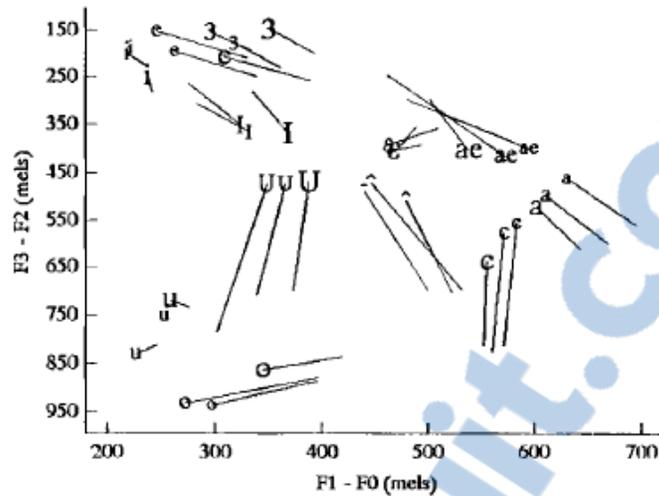


Figure 4 : Diagrammes présentant les trajectoires moyennes de 12 (en haut) et huit (en bas) classes vocales de l'anglais américain en contexte neutre /hVd/ produites par des hommes (plus gros symboles), des femmes et des enfants (plus petits symboles) (en haut) et en contextes variés produites par six hommes (plus gros symboles) et six femmes (plus petits symboles) (en bas). Le symbole phonétique correspond à la mesure moyenne finale. Figures extraites de Hillenbrand et coll. (1995 : 3105) (en haut) et de Hillenbrand et coll. (2001 : 757) (en bas).

L'inspection visuelle des diagrammes des quatre études présentées ci-dessus révèle toutefois des trajectoires de voyelles parfois différentes en ce qui a trait à l'amplitude du mouvement, à sa direction, etc. Outre la diversité des contextes consonantiques, l'une des conditions différant entre ces études est l'origine géographique des locuteurs. Tandis que les locuteurs des études de Hillenbrand et coll. (1995) et de Hillenbrand et coll. (2001) sont originaires des États-Unis (en majorité du Michigan) et ont vécu dans la même région toute leur vie, ceux des études d'Andruski et Nearey (1992) et de Nearey et Assmann (1986) sont, pour leur part, originaires de l'Ouest canadien et y ont vécu la majeure partie de leur vie. Ainsi, est-il possible que les trajectoires formantiques puissent varier en fonction de l'origine géographique des locuteurs? C'est précisément cette thématique de recherche qui a intéressé des chercheurs tels que Fox et Jacewicz (2009) et

Jacewicz et coll. (2011a, 2011b) en anglais américain. Fox et Jacewicz (2009) ont montré que l'amplitude des mouvements formantiques de 20 à 80 % de la durée vocalique des voyelles /ɪ ɛ e æ aɪ/ en contexte /bVdz/ et /bVts/ variait dépendamment de la variété régionale d'anglais parlée par les participants (Wisconsin vs Caroline du Nord vs Ohio), tout comme Jacewicz et coll. (2011a) et Jacewicz et coll. (2011b) l'ont respectivement montré pour les voyelles /ɪ ɛ æ a/ en contexte /hVd/ et pour les voyelles /ɪ ɛ æ/ en contexte /bVdz/. Une autre condition qui ne semble pas avoir été contrôlée dans les études présentées plus haut est l'âge des locuteurs. Dans l'étude de Hillenbrand et coll. (2001), l'étendue d'âge des sujets était très importante (allant de 25 à 64 ans) alors que dans toutes les autres études, les auteurs notifiaient au mieux que les participants étaient d'âge adulte. Certains chercheurs ont donc entre autres évalué l'effet de l'âge sur les trajectoires formantiques en constituant trois groupes de générations différentes (Jacewicz et coll., 2011a, 2011b, Jacewicz et Fox, 2013).²² Leurs études suggèrent que les mouvements spectraux varient selon la génération à laquelle appartient un locuteur, les voyelles /ɪ ɛ æ/ des enfants et celles des personnes plus âgées (51 ans et plus) actualisant des mouvements formantiques différents de 20 à 80 % de la durée vocalique. Plus précisément, l'inspection visuelle des diagrammes biformantiques F_1/F_2 de ces études de même que les longueurs de vecteur calculées montrent que l'amplitude des changements spectraux des plus jeunes locuteurs est moins importante que celle des locuteurs âgés, et ce, dans toutes les variétés régionales d'anglais à l'étude (Wisconsin, Caroline du Nord et Ohio). En somme, pour ce qui est de l'amplitude notamment, les trajectoires formantiques sont susceptibles de varier, du moins en anglais, en fonction de nombreux facteurs internes parmi lesquels l'environnement consonantique, mais aussi en fonction de différents facteurs externes parmi lesquels l'origine géographique ou l'âge des locuteurs.

2.2.2 Études en français

Il semble donc attesté en anglais que certaines voyelles, entre autres des monophthongues, présentent des changements spectraux inhérents en cours d'émission. Les résultats de récentes études en français québécois indiquent également que les voyelles françaises semblent être caractérisées par des mouvements formantiques (Arnaud et coll., 2011; Riverin-Coutlée et Arnaud, 2014; Sigouin, 2013; Sigouin et Arnaud, 2014, 2015), sans toutefois pouvoir jusqu'alors en déterminer leur caractère inhérent puisqu'aucun de ces travaux n'a étudié la structure acoustique dynamique de voyelles produites isolément. Arnaud et coll. (2011) ont analysé des occurrences de voyelles fermées tendues /i/, /y/ et /u/ et relâchées /ɪ/, /ʏ/ et /ʊ/ produites respectivement en contexte /bV/ et /bVb/ par 12 locuteurs originaires du Saguenay âgés de 20 à 29 ans (six femmes et six hommes). Les fréquences formantiques des occurrences ont été relevées à 25 % et à 75 % de la durée vocalique. Les études en anglais avaient mis en lumière le fait que les voyelles périphériques, particulièrement /i/ et /u/, tendent à se déplacer légèrement vers la périphérie en cours d'émission et que ces

²² Notons que dans Jacewicz et Fox (2013), cinq groupes, plutôt que trois, ont été constitués.

classes vocaliques actualisent des mouvements spectraux moins importants que les voyelles moyennes. Hillenbrand (2013 : 13) caractérise même /i/ et /u/ de voyelles stationnaires. Arnaud et coll. (2011) ont également observé que du mouvement formantique (de léger à modéré) caractérise /i/ et /u/ de même que /y/, que ces occurrences de voyelles fermées soient tendues ou relâchées. Les trajectoires spectrales de ces variantes seraient par ailleurs opposées, tout comme en anglais (langue pour laquelle l'opposition /i/ - /ɪ/ est phonologique). En effet, alors que les variantes tendues se déplacent vers la périphérie en cours de production, les variantes relâchées, elles, affichent plutôt une centralisation des valeurs formantiques.

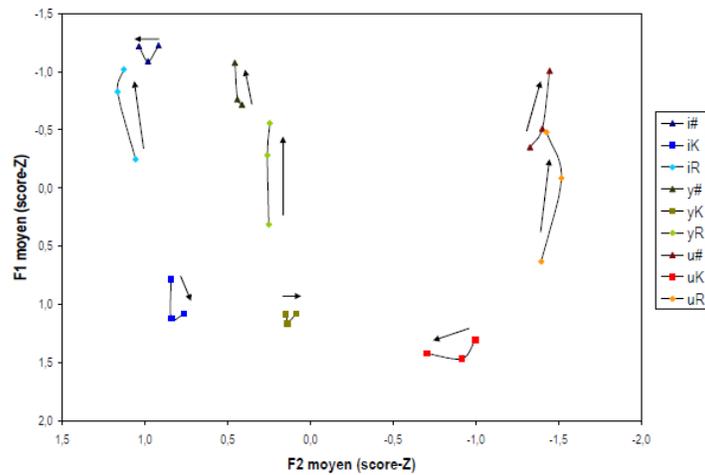


Figure 5 : Diagramme bifonctionnel F_1/F_2 (en score-Z) présentant les trajectoires moyennes des classes vocaliques de /i/, /y/ et /u/ lorsque ces voyelles sont tendues (V#), relâchées (VK) et allongées (VR) et qui ont été produites par 30 locuteurs (15 hommes et 15 femmes âgés de 20 à 31 ans provenant à parts égales de Saguenay, Québec et Rouyn-Noranda). L'origine des vecteurs représente la mesure moyenne initiale des classes vocaliques et le bout fléché la mesure moyenne finale. Figure extraite de Sigouin (2013 : 60).

Les conclusions de Sigouin (2013) et de Sigouin et Arnaud (2014), qui ont analysé ces mêmes variantes, en plus de variantes allongées, mais produites dans des contextes variés par 30 locuteurs (15 femmes, 15 hommes) âgés de 20 à 31 ans provenant à parts égales de Saguenay, Québec et Rouyn-Noranda, sont similaires (voir Figure 5). Ces études suggèrent donc que les voyelles françaises sont elles aussi susceptibles de présenter des changements spectraux, d'où l'intérêt d'utiliser un paradigme expérimental prenant en compte la dynamique spectrale dans le but de décrire acoustiquement les voyelles françaises.

2.3 Synthèse et hypothèses de travail

Au cours de ce chapitre, nous avons rapporté que plus de 70 % des patients atteints de la maladie de Parkinson présentent une altération de la parole connue sous le nom de dysarthrie hypokinétique. L'articulation est l'une des composantes de la production de la parole les plus affectées par ce trouble chez ces locuteurs. Les études acoustiques, se prêtant bien à la description de l'atteinte articulatoire de ces locuteurs, ont notamment montré que l'imprécision articulatoire s'intensifie à mesure que la maladie évolue et



qu'elle peut concerner aussi bien les consonnes que les voyelles. La thérapie la plus prometteuse actuellement pour la prise en charge de la dysarthrie hypokinétique des patients parkinsoniens est le LSVT®, un traitement orthophonique intensif qui cible uniquement une des caractéristiques affectées, soit l'intensité vocale. Maintes études, en anglais pour la plupart, ont effectivement objectivé son efficacité sur toutes les composantes atteintes de la production de la parole, entre autres sur l'articulation de voyelles.

Ce chapitre fait également état des études acoustiques centrées autour de l'hypothèse du VISC, mais consacrées à une parole dite normale. Celles-ci indiquent que des changements spectraux caractérisent les voyelles isolées, les monophthongues comme les diphtongues, ces derniers dépendant de l'identité même de la voyelle. D'autres chercheurs ont constaté que l'hypothèse du VISC s'actualisait également pour des voyelles produites en contexte. L'existence de changements spectraux a principalement été observée chez des locuteurs anglophones, notamment dans diverses variétés régionales de l'anglais nord-américain, mais de récents travaux suggèrent que les voyelles françaises sont elles aussi caractérisées par des changements spectraux.

Ainsi, tel qu'indiqué à la fin du Chapitre 1, l'objectif premier du présent mémoire est de décrire acoustiquement, en exploitant un paradigme tenant compte des trajectoires formantiques, les voyelles périphériques /a/, /i/ et /u/ produites par des patients parkinsoniens âgés présentant une dysarthrie hypokinétique (avant et après qu'ils aient suivi le LSVT®) et les voyelles /a/, /i/, /ɛ/ et /u/ produites par des individus sains âgés. Les diverses comparaisons que nous réaliserons viseront à répondre à nos deux sous-objectifs de recherche : a) déterminer si les caractéristiques acoustiques vocaliques de sujets parkinsoniens dysarthriques avant qu'ils bénéficient du LSVT® et celles immédiatement après sont différentes²³ et b) déterminer si les caractéristiques acoustiques dynamiques de locuteurs parkinsoniens sont distinctes de celles de locuteurs sains.

De façon générale, comme l'adoption d'un paradigme expérimental qui prend en compte la dynamique spectrale enrichit la caractérisation acoustique de voyelles d'individus ayant une parole normale, nous estimons qu'elle bonifiera également la description acoustique actuelle de voyelles de patients parkinsoniens présentant une dysarthrie hypokinétique et la compréhension de l'atteinte articulaire de ces derniers. Plus précisément, puisque de récentes études acoustiques ont montré que le LSVT® améliorerait l'organisation acoustique de voyelles de locuteurs parkinsoniens dysarthriques et donc leur articulation (Martel Sauvageau et coll., 2015; Sapir et coll., 2007, 2010), nous postulons des changements acoustiques allant dans le sens de

²³ Dans le cadre de cette étude, nous n'essayons toutefois pas d'objectiver l'efficacité du LSVT®. En effet, si la thérapie orthophonique n'entraîne pas une amélioration quant aux mesures acoustiques étudiées dans notre recherche, il nous semblerait inexact de conclure qu'elle est inefficace, celle-ci, rappelons-le, ne ciblant pas directement l'articulation des sons de la parole, encore moins la dynamique spectrale.

l'amélioration après le traitement. En outre, maintes études acoustiques cliniques ont rapporté des différences entre l'organisation acoustique de voyelles produites par des patients parkinsoniens dysarthriques et celle de voyelles produites par des individus normaux, ces différences suggérant la présence d'une atteinte articulaire chez les locuteurs parkinsoniens (Audibert et Fougerson, 2012; Connor et coll., 1989; Flint et coll., 1992; Forrest et coll., 1989; McRae et coll., 2002; Skodda et coll., 2011; Tjaden et Wilding, 2004; Weismer et coll., 2001; Zwirner et Barnes, 1992). Ainsi, nous pensons que comparativement à l'organisation acoustique dynamique de voyelles produites par des sujets normaux, l'organisation acoustique dynamique de voyelles produites par des sujets parkinsoniens dysarthriques sera affectée négativement étant donné leur altération articulaire. Compte tenu de la présence de la physiopathologie d'hypokinésie sous-tendant les caractéristiques perceptives de la dysarthrie hypokinétique (Duffy, 2013 : 166-167), cette atteinte articulaire pourrait éventuellement s'exprimer acoustiquement par une restriction de la dynamique spectrale chez les locuteurs parkinsoniens dysarthriques.

Chapitre 3 Méthodologie

3.1 Populations à l'étude

3.1.1 Groupe expérimental

Cherchant à décrire acoustiquement les voyelles /a/, /i/ et /u/ produites par des locuteurs parkinsoniens présentant une dysarthrie hypokinétique avant qu'ils bénéficient du LSVT® et immédiatement après à l'aide d'un paradigme expérimental tenant compte de l'évolution temporelle de divers indices acoustiques pour ensuite comparer les caractéristiques acoustiques de ces individus avant et immédiatement après le traitement, la constitution d'un groupe expérimental de sujets parkinsoniens dysarthriques était nécessaire.

Les enregistrements de locuteurs parkinsoniens utilisés dans ce mémoire sont issus du corpus de Martel Sauvageau et coll. (2015). Parmi la dizaine de sujets recrutés pour prendre part au LSVT® dans le cadre des travaux de ces auteurs, un sous-échantillon de cinq participants de sexe masculin a été sélectionné dans ce mémoire.²⁴ Nous avons préféré choisir uniquement des locuteurs de sexe masculin afin d'éviter que les éventuels écarts entre les fréquences formantiques ne soient attribuables aux disproportions anatomiques du conduit vocal des hommes et des femmes.

Les cinq participants constituant le groupe expérimental sont des locuteurs francophones ayant vécu au Québec la majeure partie de leur vie, âgés de 58 à 67 ans (63 ans en moyenne) et retraités au moment des enregistrements. La maladie de Parkinson idiopathique leur a été diagnostiquée par un examen neurologique et par les outils cliniques standards (*Unified Parkinson's disease Rating Scale* (UPDRS) et *Hoehn et Yahr*). Ils présentent tous une bradykinésie en plus d'un des autres symptômes typiques de la maladie (tremblements au repos ou rigidité) et répondent de façon optimale à leur médication dopaminergique. Ces participants ont également reçu un diagnostic de dysarthrie hypokinétique (déterminé à l'aide des sous-tests 2.1 et 3.1 de l'UPDRS). Ont été exclus du recrutement les patients présentant une démence, dépistée par le *Montreal Cognitive Assessment* (MoCA), un syndrome de maladie de Parkinson induit par la prise chronique de neuroleptiques, un ou plusieurs autres troubles dégénératifs ou une histoire de troubles neurologiques, psychiatriques ou de délirium au cours des six derniers mois. Les participants sélectionnés ne devaient également présenter aucun historique de traumatisme crânien ou de maladie cérébrovasculaire. Ont aussi été exclus les patients manifestant un historique de dépression selon les critères du *Beck Depression Inventory* (BDI). De même, les candidats présentant un historique de consommation abusive d'alcool ou de drogues ne font pas partie de cet échantillon, tout comme ceux ayant un trouble non corrigé de la vue et/ou de l'audition.

²⁴ Ces cinq candidats correspondaient aux premiers patients de sexe masculin à avoir complété entièrement le traitement orthophonique.

En somme, ces critères d'exclusion permettent principalement de vérifier que la dysarthrie et les autres symptômes sont bien causés par la maladie de Parkinson idiopathique et non par un autre trouble neurologique ou une autre condition. Le lecteur peut se référer au Tableau 22 de l'Annexe 1 pour une description complète des caractéristiques de chacun des participants de l'échantillon.

3.1.2 Groupe contrôle

Puisque cette contribution implique également une comparaison entre les productions vocaliques de locuteurs parkinsoniens dysarthriques et celles de locuteurs sains, le recrutement d'un groupe de sujets sains présentant les mêmes caractéristiques que le groupe expérimental était indispensable. Trois locuteurs de sexe masculin ayant déclaré ne présenter aucun trouble neurologique et aucun trouble de l'audition et de la parole connus²⁵ et étant âgés de 61 à 64 ans (62 ans en moyenne) au moment des enregistrements constituent le groupe contrôle. Leur langue maternelle est également le français, ils ont vécu au Québec la majeure partie de leur vie et sont tous retraités (voir Tableau 23 de l'Annexe 1 pour une description complète des caractéristiques de chacun des participants de cet échantillon).

3.2 Collecte de données

3.2.1 Tâche et corpus

Plus d'une tâche a été réalisée par les locuteurs parkinsoniens dysarthriques lors des enregistrements du corpus de Martel Sauvageau et coll. (2015). Nous avons sélectionné uniquement les enregistrements dont la tâche était la lecture à voix haute de phrases porteuses. Cette sélection a été motivée par un souci de comparabilité des données récoltées. En effet, dans une telle tâche, l'expérimentateur peut contrôler le nombre d'occurrences de chaque phonème et leur contexte consonantique, ainsi l'observation de la présence de changements dans la parole d'un locuteur devient plus aisée.

Le corpus de lecture du groupe expérimental est constitué de 18 logatomes intégrés au sein de la phrase porteuse « Je pense CVCV cette fois » et apparaissant toujours dans une même position prosodique, soit sous accent, en fin de syntagme. La lecture de phrases porteuses plutôt que d'une liste de mots ou de logatomes isolés présente l'avantage d'éviter les effets de liste en ce qui a trait à la prosodie. Les logatomes produits par les locuteurs sont de type CVCV, V représentant une voyelle, soit /a/, /i/ ou /u/, et C une

²⁵ Duffy (2013 : 5-6) explique toutefois que le vieillissement entraîne certains changements dans la parole, par exemple au niveau de la hauteur, de l'intensité, de la qualité et de la stabilité de la voix (Baker et coll., 2001; Kendall, 2007; Mortensen et coll., 2006; Stathopoulos et coll., 2011, études en anglais citées dans Duffy, 2013 : 6), qui peuvent être similaires aux caractéristiques particulières à la dysarthrie hypokinétique (intensité réduite, voix rauque ou soufflée, etc.).

consonne occlusive sourde ou sonore, soit /p/, /t/, /k/, /b/, /d/ ou /g/,²⁶ les deux voyelles et les deux consonnes d'un logatome étant identiques. Le choix d'analyse de ces voyelles repose en grande partie sur une question de reproductibilité des résultats des études acoustiques précédentes portant sur la parole de sujets parkinsoniens présentant une dysarthrie hypokinétique puisque celles-ci n'ont considéré que les voyelles périphériques /a/, /i/ et /u/. En outre, ces voyelles présentent un intérêt certain pour le calcul de diverses mesures acoustiques, comme par exemple l'espace vocalique maximal ou le ratio de centralisation de formants, compte tenu de leur caractère périphérique et elles sont présentes dans de très nombreuses langues (voir la base de données UPSID, UCLA Phonological Segment Inventory Database, élaborée par Maddieson (1984)).

Les résultats d'Andruski et Nearey (1992), de Hillenbrand et coll. (1995, 2001) et de Nearey et Assmann (1986) semblaient indiquer que les voyelles périphériques, particulièrement /i/ et /u/, actualisent des mouvements spectraux moins marqués que les voyelles moyennes, ce que nous voulions vérifier en français québécois. Pour ce faire, nous avons choisi d'ajouter au corpus de lecture du groupe contrôle une voyelle, soit /ɛ/, dans tous les contextes retenus. Le reste du corpus est inspiré de celui du groupe de locuteurs parkinsoniens. Puisque six contextes de production par voyelle sont possibles, le nombre de logatomes pour ce groupe s'élève à 24.

Dans le groupe expérimental, chacun des 18 logatomes a été produit à six reprises par tous les locuteurs au cours des trois enregistrements (voir section 3.2.2), portant le total d'occurrences vocaliques à analyser pour ce groupe à 1620. Dans le groupe contrôle, chacun des 24 logatomes a également été produit à six reprises par tous les locuteurs, pour un total de 432 occurrences vocaliques à analyser. En somme, le nombre total d'occurrences à analyser était de 2052. La voyelle finale des logatomes de type CVCV est celle à laquelle nous nous sommes intéressés dans ce mémoire étant donné qu'elle se trouve en position accentuée.

3.2.2 Enregistrements

Les enregistrements des locuteurs du groupe expérimental ont été effectués à l'aide d'un micro-casque de marque *Shure SM10A* connecté à un enregistreur numérique *Handy Recorder Zoom H4n* (au format numérique 44,1 kHz, 16 bits, stéréo). Sensiblement le même matériel a été utilisé pour les enregistrements des locuteurs du groupe contrôle. L'enregistreur numérique était toutefois de marque *Tascam HD-P2*. De plus, pour obtenir le meilleur rapport signal/bruit possible, le signal sonore d'entrée a été amplifié par l'intermédiaire d'une console de mixage *Behringer XENYX 802*.

²⁶ Trois contextes de production supplémentaires faisaient partie du corpus de Martel Sauvageau et coll. (2015), soit /f/, /s/ et /ʃ/, mais nous n'en avons pas tenu compte dans ce mémoire de maîtrise.

Les enregistrements des sujets parkinsoniens ont tous eu lieu dans leur cadre de vie quotidien. Par ailleurs, afin que les participants soient dans un même cycle d'efficacité de la médication d'un enregistrement à l'autre, ceux-ci ont été enregistrés sensiblement au même moment de la journée. Les voyelles analysées des locuteurs de ce groupe ont été extraites des deux séances d'enregistrement effectuées avant le traitement (notées R1 et R2)²⁷ et de celle réalisée immédiatement après le traitement (notée R3), soit dans la semaine suivant celle où la dernière séance a eu lieu. Les sujets du groupe contrôle ont aussi été enregistrés dans leur cadre de vie quotidien, mais à une seule reprise.

Avant la phase de lecture à voix haute, quelques logatomes ont été examinés avec les locuteurs du groupe contrôle afin que ceux-ci puissent se familiariser avec la forme graphémique choisie (voir Tableau 24 et Tableau 25 de Annexe 2 qui listent tous les logatomes présentés aux locuteurs de chaque groupe). Par la suite, pour chacun des deux groupes, les phrases étaient présentées une à une sur l'écran d'un ordinateur portable. L'ordre de présentation des logatomes était aléatoire, mais identique pour tous les locuteurs. À chaque enregistrement, chacun des logatomes était présenté deux fois dans un bloc et les locuteurs répétaient ensuite ce bloc deux autres fois.²⁸ De façon à éviter tout défaut d'enregistrement, l'expérimentateur changeait lui-même les diapositives où apparaissaient les phrases porteuses.

3.3 Analyse acoustique

Les analyses acoustiques ont été effectuées à l'aide du logiciel de traitement de la parole *Praat* version 5.3.x (Boersma et Weenink, 2013). Afin de déterminer la durée de chacune des occurrences, les voyelles de la dernière syllabe des logatomes à l'étude ont d'abord été segmentées manuellement.²⁹ Les frontières vocaliques initiales et finales ont été placées au passage par zéro le plus près du début et de la fin des vibrations périodiques de l'onde sonore, selon l'oscillogramme et selon la détection de la fréquence fondamentale. La segmentation dans les cas où ce critère se révélait inefficace reposait sur la meilleure combinaison des indices acoustiques supplémentaires suivants : l'apparition ou la disparition de formants sur le spectrogramme, plus précisément des formants situés en basses fréquences, la montée et la descente rapide de l'intensité et la présence de la barre de voisement de la consonne occlusive précédant la voyelle sur l'oscillogramme et/ou le spectrogramme. Lorsque la consonne /s/ suivait directement la voyelle analysée, la frontière vocalique finale a été placée à la suite de la dernière période avant que ne s'établisse le bruit de

²⁷ Les deux séances d'enregistrement avant le traitement ont été effectuées deux jours différents dans la semaine précédant le début de l'administration du LSVT®.

²⁸ Étant donné le nombre considérable de logatomes à produire, aucun distracteur n'a été ajouté au corpus.

²⁹ Les voyelles analysées apparaissaient donc toujours dans un contexte de production fixe /CV#/ , mais il pouvait arriver qu'un locuteur ne fasse aucune pause à la suite de la production d'un logatome. Dans ces cas, les voyelles se retrouvaient plutôt en contexte /CV.s/ étant donné que le mot suivant le logatome était « cette » dans la phrase porteuse.

friction (aisément repérable sur le spectrogramme et l'oscillogramme). Les occurrences étaient identifiées en fonction de leur timbre vocalique lors de cette première étape. Bien que la prononciation antérieure [a] fût attendue pour les logatomes dont le graphème était « a », certaines occurrences ont été produites avec le timbre postérieur [ɑ], majoritaire en finale de mot en français québécois (Dumas, 1986 : 167).³⁰ Ces productions postérieures n'ont pas été exclues du corpus; elles ont été incluses à l'intérieur de la classe phonémique /a/. Par ailleurs, notez que la variante postérieure [ɑ], lorsque produite par deux des huit locuteurs participant à l'étude, se retrouvait presque systématiquement à la suite d'une consonne labiale (/p/ ou /b/).

Nous inscrivant dans le courant de recherche centré autour de l'hypothèse du VISC, nous avons à notre disposition plusieurs paramétrisations permettant de rendre compte de la dynamique spectrale des voyelles, soit les trois modèles de base, c'est-à-dire la *onset + offset hypothesis*, la *onset + slope hypothesis* et la *onset + direction hypothesis* (Morrison, 2013 : 33),³¹ et quelques modèles plus sophistiqués où une courbe d'ajustement des trajectoires formantiques est calculée par exemple à l'aide d'une équation polynomiale ou d'une transformée en cosinus discrète (*discrete cosine transform*) (Hillenbrand et coll., 2001; Zahorian et Jagharghi, 1991, 1993). Ces modèles plus sophistiqués ne semblent cependant pas surpasser les modèles de base en ce qui a trait à la précision de la classification des segments dans leur catégorie phonémique respective (Morrison, 2013 : 45). Il s'avère effectivement que de bons résultats de classification de voyelles ont été obtenus avec les trois hypothèses de base, particulièrement avec les modèles *onset + offset* et *onset + slope* (Nearey et Assmann, 1986; Gottfried et coll., 1993; Morrison et Nearey, 2007; Arnaud et coll., 2011). Morrison (2013 : 45) souligne d'ailleurs que l'hypothèse *onset + offset* serait supérieure en ce qu'elle fournirait « a better account of the perceptually relevant aspects of VISC with respect to vowel identity », c'est pourquoi nous avons opté pour cette paramétrisation lors de nos analyses acoustiques.

La *onset + offset hypothesis* implique la prise de mesure de fréquences formantiques à deux instants pendant la durée de la voyelle, soit un à l'intérieur ou près de l'amorce de la voyelle (*onset*) et l'autre à l'intérieur ou près de la queue de la voyelle (*offset*). Toutefois, les moments exacts de prise de mesure initiale et finale diffèrent selon les études (Hillenbrand et coll., 2001 : 759; Morrison, 2013 : 45). Pour notre part, nous avons établi ces derniers à 25 % et à 75 % de la durée des voyelles puisque, comme le notent Fox et Jacewicz

³⁰ L'auteur souligne toutefois que les mots à redoublement du type *papa, tata, kaka*, etc. échapperaient à cette règle.

³¹ Certains auteurs comme Nearey et Assmann (1986) utilisent toutefois une terminologie différente, mais voisine, soit *dual-target hypothesis* pour *onset + offset hypothesis*, *target plus slope hypothesis* pour *onset + slope hypothesis* et *target plus direction hypothesis* pour *onset + direction hypothesis*.

(2009 : 2605), les effets des consonnes environnantes sur les transitions vocaliques seraient réduits à des temps de mesure plus éloignés du début ou de la fin de la voyelle.³²

Un script *Praat* a automatisé le relevé de la fréquence centrale (en Hz) des trois premiers formants (F_1 , F_2 et F_3) à 25 % et à 75 % de la durée vocalique de chaque occurrence.³³ L'algorithme de codage prédictif linéaire (*linear predictive coding*, LPC) intégré à *Praat* a permis de détecter les fréquences formantiques, mais les paramètres tels que le plafond de détection et le nombre de formants à détecter ont été ajustés manuellement pour chaque occurrence en fonction de la classe phonémique et du locuteur. Ces ajustements ont fait en sorte que les groupes d'harmoniques de forte amplitude et visibles sur un spectrogramme à bandes larges soient bien estimés par l'algorithme de suivi formantique (*formants tracking*).

Pour quelques occurrences de /u/ et de [ɑ], il a été nécessaire d'adopter deux réglages de détection des formants à l'intérieur de la même occurrence. En effet, dans ces cas, nous avons utilisé un réglage pour la détection de F_1 et de F_2 qui était différent de celui pour la détection de F_3 . Mentionnons également que les troisièmes formants de quelques occurrences de /u/ ont été rapportés manquants : leur faible intensité les rendait peu visibles sur un spectrogramme et leur fréquence centrale s'avérait très difficilement détectable par l'intermédiaire de l'algorithme de Burg utilisé dans *Praat*. Cela était particulièrement le cas pour le groupe de locuteurs parkinsoniens et s'expliquerait, du moins en partie, par la faible intensité vocale induite par la maladie.

Au total, 2041 des 2052 occurrences vocaliques ont pu être analysées. Onze occurrences ont été rejetées, neuf parmi celles des sujets parkinsoniens (7 /i/ et 2 /u/) et deux parmi celles des sujets sains (1 /ɛ/ et 1 /u/), et ce, pour diverses raisons non récurrentes : un dévoisement trop marqué, un problème d'enregistrement, une durée trop courte pour parvenir à une analyse adéquate de la voyelle, etc.

³² Notez qu'il existe une variante à ce modèle dans laquelle est considéré un point de mesure supplémentaire à l'état stable ou à environ 50 % de la durée de la voyelle. Dans notre cas, l'extraction de seulement deux points de mesure plutôt que de trois se justifie entre autres par les résultats d'Arnaud et coll. (2011) et de Hillenbrand et coll. (1995). En effet, ces auteurs ont montré que l'ajout d'un point de mesure à 50 % à un modèle à deux points de mesures n'occasionne pas une augmentation significative du taux de classification dans des analyses discriminantes. Par ailleurs, les valeurs à l'état stable faisaient déjà l'objet de la publication de Martel Sauvageau et coll. (2015) dont nous ne sommes pas l'auteur. Enfin, notre corpus ne contenant pas de diphtongues, nous jugions les valeurs à 50 % de la durée de la voyelle moins pertinentes; nous pouvons tout à fait commenter l'évolution temporelle des mesures de 25 % à 75 % (plutôt que de 25 % à 50 % à 75 %). Nous sommes néanmoins conscients que de cette façon les trajectoires représentant le mouvement formantique de 25 % à 75 % peuvent ne pas refléter la trajectoire exacte des voyelles.

³³ En plus de F_1 et F_2 , nous avons décidé de tenir compte de F_3 dans nos analyses. À notre connaissance, les études décrivant acoustiquement la parole parkinsonienne dysarthrique hypokinétique ne l'ont jamais exploité. Même les chercheurs français Audibert et Fougeron (2012 : 218) ne l'ont pas pris en compte dans leur étude, le considérant comme une mesure moins robuste. C'est donc à titre exploratoire que nous avons également analysé F_3 .

3.4 Mesures de dispersion vocalique, du contraste et du mouvement formantique

Les paramètres utilisés pour décrire les voyelles des locuteurs participant à notre étude et procéder à des analyses comparatives sont la dispersion des trois classes vocaliques à l'étude et l'espace vocalique maximal, calculés à 25 % et à 75 % de la durée des voyelles, ainsi que le mouvement formantique moyen de chaque classe phonémique de 25 à 75 % de la durée vocalique. Les huit locuteurs masculins retenus dans cette étude présentant nécessairement des différences physiologiques induites notamment par les différences de taille de leur conduit vocal, nous avons tenté d'amoindrir cette variabilité inhérente en transformant en Bark les valeurs des fréquences formantiques qui avaient été relevées en Hertz. Pour ce faire, nous avons utilisé la formule de Traunmüller (1990), soit :

$$F_{\text{Bark}} = \frac{(26,81 \times F_{\text{Hz}})}{(1960 + F_{\text{Hz}})} - 0,53$$

de même que celle prescrite par ce même auteur si la valeur obtenue suite au premier calcul se trouve sous la barre de 2 Bark :

$$F'_{\text{Bark}} = F_{\text{Bark}} + 0,15 \times (2 - F_{\text{Bark}})^{34}$$

Après avoir converti les valeurs formantiques brutes en fonction de cette échelle psychoacoustique, nous avons utilisé les valeurs en Bark pour calculer les paramètres de dispersion vocalique, de contraste (ou d'espace vocalique maximal) et de mouvement formantique. Ces paramètres chiffrés reposent sur l'exploitation de formules arithmétiques simples, soit celle de la distance euclidienne, grâce à laquelle nous obtenons la distance entre deux points dans un plan en deux dimensions ou plus, et celle de Héron, qui permet de calculer l'aire d'un triangle quelconque.

La dispersion vocalique, rendant compte de la variation intra-individuelle entre les diverses productions appartenant à une même classe vocalique, dans l'espace acoustique tridimensionnel $F_1/F_2/F_3$ à 25 % et à 75 % a été quantifiée ainsi : nous avons d'abord calculé la distance entre les valeurs des trois premiers formants de chaque occurrence d'une classe vocalique et la moyenne des trois premières fréquences formantiques de cette classe vocalique, puis nous avons calculé la distance euclidienne en fonction des trois axes pour chaque occurrence et nous avons moyenné les valeurs obtenues pour toutes les occurrences d'une

³⁴ N'ayant obtenu aucune valeur supérieure à 20,1 Bark suite au premier calcul, nous n'avons pas eu besoin d'utiliser la formule de transformation pour les cas où la valeur obtenue se situe au-dessus de la barre de 20,1.

classe vocalique.³⁵ La formule pour calculer la distance euclidienne mentionnée ci-dessus est formalisée comme suit :

$$D_{i_{xt}} = \sqrt{\left((F_{1_{xt}} - \bar{x}_{F_{1_{xt}}})^2 + (F_{2_{xt}} - \bar{x}_{F_{2_{xt}}})^2 + (F_{3_{xt}} - \bar{x}_{F_{3_{xt}}})^2\right)},$$

où x représente la classe vocalique, t le point de mesure (25 ou 75 %) à partir duquel la dispersion vocalique a été mesurée et \bar{x} la moyenne des valeurs d'un formant donné pour la classe vocalique en question au point de mesure t.

L'espace vocalique maximal représente l'aire de l'espace acoustique nécessaire à un locuteur pour qu'il puisse produire les voyelles de son système phonétique les plus éloignées les unes des autres. Dans cette étude, l'espace vocalique maximal correspond à l'aire du triangle dont les sommets sont les valeurs moyennes de F_1 et de F_2 des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/. Le calcul de l'espace vocalique maximal est intéressant dans le cas de locuteurs dysarthriques hypokinétiques puisqu'il permet de représenter la tendance qu'ont les voyelles qu'ils produisent à se centraliser et par conséquent, il peut permettre de déterminer s'il y a altération ou amélioration/détérioration de leur articulation de voyelles. Toutefois, quelques études ayant exploité cette mesure pour décrire les voyelles d'individus dysarthriques atteints de la maladie de Parkinson ou pour objectiver l'efficacité du LSVT® ont obtenu des résultats non significatifs lors d'analyses comparatives, entre autres Weismer et coll. (2001) et Sapir et coll. (2007). En dépit de ces résultats, nous avons tout de même choisi de considérer ce paramètre, et ce, pour trois raisons. D'abord, l'espace vocalique maximal est communément utilisé dans les diverses recherches, ce qui rend possible la comparaison de résultats avec ceux d'études antérieures. Par ailleurs, notre étude se concentre sur la parole parkinsonienne de locuteurs dysarthriques francophones et non de locuteurs anglophones, comme dans les contributions précédentes, il est donc possible que cette absence de significativité ne se reproduise pas en français. Enfin, certains chercheurs, parmi lesquels Rusz et coll. (2013) et Martel Sauvageau et coll. (2015), ont tout de même constaté des différences significatives, notamment dans des tâches de répétition de phrases ou de lecture de texte. Ainsi, pour calculer l'espace vocalique maximal, nous avons d'abord mesuré la distance euclidienne ou longueur des vecteurs |ai|, |iu| et |au| à 25 % et à 75 % à l'aide de la formule suivante :

³⁵ Pour quelques locuteurs, le F_3 de certaines occurrences de /u/ était manquant. Par conséquent, la distance euclidienne de ces occurrences ne pouvait être calculée que dans le plan acoustique bidimensionnel F_1/F_2 . Nous n'avons toutefois pas exclu ces valeurs du calcul de dispersion vocalique des /u/ puisque cela se produisait dans un nombre très limité de cas, et ce, chez quelques locuteurs seulement. Ainsi, il faut donc garder en tête que la dispersion de la classe vocalique /u/ a parfois été mesurée en fonction de plusieurs occurrences dont la distance euclidienne a été calculée dans un plan acoustique tridimensionnel $F_1/F_2/F_3$ et de quelques-unes dont la distance euclidienne a été calculée dans un plan acoustique bidimensionnel F_1/F_2 . Or, la dispersion de la classe vocalique /u/ du locuteur PD1 a dû être mesurée selon l'espace acoustique bidimensionnel F_1/F_2 étant donné le nombre considérable d'occurrences pour ce locuteur pour lesquelles il n'a pas été possible de relever F_3 .

$$LV_{|xy|t} = \sqrt{\left(\bar{x}_{F1xt} - \bar{x}_{F1yt}\right)^2 + \left(\bar{x}_{F2xt} - \bar{x}_{F2yt}\right)^2},$$

où x représente une classe vocalique, y une classe vocalique différente de x , t le point de mesure (25 ou 75 %) à partir duquel la longueur de vecteur a été mesurée et \bar{x} la moyenne des valeurs d'un formant donné pour la classe vocalique en question au point de mesure t .

La formule de Héron, présentée ci-dessous, a ensuite permis de calculer l'aire du triangle quelconque que forme l'espace vocalique maximal à partir de la longueur de chacun de trois côtés de ce triangle, soit la longueur des vecteurs $|ai|$, $|iu|$ et $|au|$:

$$A = \sqrt{p \times (p - LV_{|xy|t}) \times (p - LV_{|yz|t}) \times (p - LV_{|xz|t})}.$$

Cette formule s'appuie sur le demi-périmètre p , calculé comme suit :

$$p = \frac{(LV_{|xy|t} + LV_{|yz|t} + LV_{|xz|t})}{2}.$$

Enfin, différents auteurs, tels que Ferguson et Kewley-Port (2002) et Fox et Jacewicz (2009), ont quantifié la dynamique spectrale entre autres en calculant la distance euclidienne (ou la longueur de vecteur) entre les valeurs formantiques des classes vocaliques à l'étude à l'amorce des occurrences et celles à la queue des occurrences dans l'espace bidimensionnel F_1/F_2 .³⁶ Tout comme ces auteurs, nous avons calculé les distances euclidiennes entre les fréquences formantiques moyennes de chaque classe vocalique à 25 % de la durée des occurrences et celles à 75 % de la durée des occurrences, et ce, dans les espaces bidimensionnels F_1/F_2 et F_2/F_3 , en employant les formules suivantes :

$$LV_x = \sqrt{\left(\bar{x}_{F1xt1} - \bar{x}_{F1xt2}\right)^2 + \left(\bar{x}_{F2xt1} - \bar{x}_{F2xt2}\right)^2};$$

$$LV_x = \sqrt{\left(\bar{x}_{F2xt1} - \bar{x}_{F2xt2}\right)^2 + \left(\bar{x}_{F3xt1} - \bar{x}_{F3xt2}\right)^2},$$

où x représente une classe vocalique, $t1$ le point de mesure initial (25 %), $t2$ le point de mesure final (75 %) et \bar{x} la moyenne des valeurs d'un formant donné pour la classe vocalique en question au point de mesure t .

³⁶ Notez que Fox et Jacewicz (2009) ont également utilisé d'autres paramètres pour quantifier la dynamique spectrale, soit la longueur de la trajectoire des voyelles dans un espace bifonnantique F_1/F_2 ou encore la vitesse d'évolution de la trajectoire (*spectral rate of change*).

Ce calcul a donc permis de quantifier l'amplitude du mouvement formantique moyen des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ dans les espaces biformantiques F_1/F_2 et F_2/F_3 .

Ces mesures de dispersion vocalique, de contraste et de mouvement formantique ont été calculées pour chaque locuteur.

3.5 Analyses statistiques

Le choix de tests statistiques non paramétriques (test de Wilcoxon et test de Mann-Whitney), effectués à l'aide du logiciel SYSTAT 13, a été conditionné par les effectifs réduits du groupe expérimental et du groupe contrôle qui ne permettaient pas d'assumer une distribution normale des valeurs chiffrées collectées (Glass et Hopkins, 1996). Dans le cadre d'études consacrées à la parole humaine, Max et Onghena (1999 : 265) considèrent que l'unité expérimentale « correspond to one individual subject who is assigned to an experimental group and/or who is tested under a number of different experimental conditions », c'est pourquoi, dans notre étude, les unités expérimentales sur lesquelles sont fondés les tests statistiques sont les individus parkinsoniens et sains. Nous avons établi le seuil de significativité à 0,05 et les comparaisons ont été effectuées sur les valeurs en Bark.

Dans un premier temps, nous avons testé la validité de la ligne de base (enregistrements avant traitement). Pour ce faire, des tests de Wilcoxon, où chacun des cinq sujets est considéré comme son propre contrôle, ont été appliqués sur les mesures de dispersion vocalique et de contraste.³⁷ Ensuite, nous avons comparé les données de dispersion vocalique, de contraste et de mouvement formantique avant et après traitement chez les sujets parkinsoniens également à l'aide de tests de Wilcoxon. Finalement, des comparaisons entre les données de dispersion vocalique, de contraste et de mouvement formantique des sujets sains et celles des sujets parkinsoniens ont été effectuées à l'aide de tests de Mann-Whitney. Comme les mesures provenaient de deux groupes différents et inégaux, un appariement de données était exclu, d'où le choix du test de Mann-Whitney pour ces comparaisons.



³⁷ En ce qui concerne la dispersion vocalique, notez que dans les tests statistiques de validation de la ligne de base, en plus de la considérer globalement (pour les trois classes vocaliques), nous avons également choisi de séparer par classe vocalique les données que nous soumettions aux analyses. Cependant, nous sommes conscients que ne pas les séparer donne plus de puissance statistique aux tests.

Chapitre 4 Résultats et analyses

Les résultats de nos analyses acoustiques et statistiques sont présentés dans ce chapitre. La section 4.1 est consacrée à la validation de la ligne de base du groupe expérimental, les sections 4.2 et 4.4 permettent de répondre à notre objectif de recherche principal et nos deux sous-objectifs sont traités dans les sections 4.3 et 4.5. Plus précisément, dans la section 4.2, les structures acoustiques des voyelles /a/, /i/ et /u/ des cinq locuteurs parkinsoniens dysarthriques (avant et immédiatement après qu'ils aient suivi le traitement orthophonique LSVT®) sont décrites. Dans la section 4.3, nous tentons d'observer si des changements acoustiques significatifs surgissent chez les sujets du groupe expérimental après le LSVT®. Ensuite, la section 4.4 présente une description acoustique dynamique des voyelles /a/, /i/, /ɛ/ et /u/ produites par les trois locuteurs sains du groupe contrôle. Enfin, la section 4.5 rend compte des résultats des analyses statistiques auxquelles nous avons procédé afin de déterminer si les caractéristiques acoustiques dynamiques des voyelles produites par les locuteurs parkinsoniens dysarthriques diffèrent de celles de locuteurs sains.

4.1 Validation de la ligne de base

Les données collectées à partir des deux séances d'enregistrement avant le traitement (notées R1 et R2) ont permis d'établir une ligne de base. Toutefois, avant d'entreprendre les comparaisons nécessaires pour répondre à nos deux sous-objectifs, il était primordial de valider au préalable cette ligne de base, c'est-à-dire nous assurer que les productions vocaliques des deux sessions d'enregistrement avant le traitement orthophonique n'étaient pas significativement différentes. Plus précisément, nous avons vérifié que les valeurs de dispersion vocalique et d'espace vocalique maximal ne différaient pas significativement entre les enregistrements R1 et R2.

Ainsi, en nous appuyant sur le calcul de distance euclidienne, les valeurs de dispersion globale (trois classes considérées ensemble) et de chacune des classes vocaliques (considérées séparément) dans l'espace acoustique tridimensionnel $F_1/F_2/F_3$ tous points de mesure confondus ont été calculées pour chaque patient à partir des enregistrements R1 et R2. Les valeurs de ρ recueillies à partir d'une série de tests de Wilcoxon, qui appariaient, pour chacun des locuteurs, les valeurs de dispersion obtenues à partir de l'enregistrement R1 et celles obtenues à partir de l'enregistrement R2, indiquent que la dispersion globale et la dispersion de chacune des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ ne diffèrent pas significativement entre R1 et R2 ($\rho > 0,05$; se référer au Tableau 26 de l'Annexe 2).³⁸

³⁸ Notez que lorsque nous effectuons un test de Wilcoxon appariant les valeurs de dispersion de la classe vocalique /u/ de R1 et celles de R2, si nous excluons les valeurs de dispersion de la classe vocalique /u/ du locuteur PD1 étant donné qu'elles ont été calculées dans l'espace bidimensionnel F_1/F_2 et non dans l'espace tridimensionnel $F_1/F_2/F_3$ comme pour les autres sujets, le test révèle tout de même une différence non significative ($\rho > 0,05$).

Ensuite, nous avons déterminé la valeur des espaces vocaliques maximaux de chaque locuteur, tous points de mesure confondus, pour les enregistrements R1 et R2. Un test de Wilcoxon, pour lequel ont été appariées, pour chacun des locuteurs, les valeurs de cette mesure obtenues à partir de l'enregistrement R1 et celles obtenues à partir de l'enregistrement R2, a été effectué. La valeur de p recueillie indique qu'il n'y a pas non plus de différence significative entre les enregistrements R1 et R2 concernant ces variables ($p > 0,05$; voir le Tableau 26 de l'Annexe 2).³⁹

Puisque ces tests statistiques n'ont montré aucune différence significative, nous considérons que les valeurs formantiques analysées au cours de ces deux sessions d'enregistrement sont homogènes et constituent une ligne de base valide; rien n'aurait altéré la production de la parole d'un individu d'une fois à l'autre avant le traitement. Nous avons donc choisi de réunir les données collectées en R1 et en R2 pour chaque locuteur en étiquetant ce regroupement « avant traitement ».

4.2 Portraits acoustiques dynamiques des productions des sujets du groupe expérimental avant et après traitement

Nous dressons, dans cette section, les portraits acoustiques des productions vocaliques /a/, /i/ et /u/ des cinq locuteurs du groupe expérimental avant et immédiatement après traitement. Puisqu'une certaine variabilité inter et intra-individuelle caractérise le groupe, nous avons choisi de présenter en premier lieu les portraits de chaque sujet séparément pour ensuite décrire, à la fin de la section, leur comportement général et offrir une interprétation des données. Les portraits de chaque locuteur s'organisent autour d'une série de diagrammes biformantiques F_1/F_2 qui offrent une représentation graphique de la dispersion des occurrences des classes vocaliques analysées et du contraste entre les classes /a/, /i/ et /u/ à 25 % et à 75 % de la durée des voyelles⁴⁰ et autour une série de diagrammes biformantiques F_1/F_2 , qui représentent la direction et l'amplitude des changements spectraux moyens des voyelles de 25 % à 75 % de leur durée.⁴¹ Nous présentons également, pour chaque individu, les tableaux fournissant les valeurs de dispersion vocalique et d'espace

³⁹ Des tests de Wilcoxon comparant, pour chacun des locuteurs, les variables F_1 , F_2 et F_3 moyennes des enregistrements R1 et R2 (toutes classes vocaliques et tous points de mesure confondus) n'ont également révélé aucune différence significative ($p > 0,05$).

⁴⁰ Dans ces graphiques, les occurrences n'ont pas été différenciées en fonction de leur contexte de production. Comme ces dernières se retrouvent dans six contextes consonantiques différents, nous observons, autant avant qu'après traitement, des effets de contexte consonantique aux deux temps de mesure, les voyelles des locuteurs parkinsoniens, particulièrement /a/ et /u/, se différenciant surtout par le lieu d'articulation de la consonne précédente. Stevens et House (1963) ou encore Hillenbrand et coll. (2001) ont effectivement montré que les cibles idéalisées sont rarement atteintes en contexte; l'environnement consonantique a une influence sur les fréquences formantiques au cœur de l'état stable des voyelles et donc à plus forte raison à 25 % et à 75 %.

⁴¹ Notez que plusieurs graphiques complétant ou précisant les portraits des productions des patients parkinsoniens ont été placés à l'Annexe 3, notamment tous diagrammes biformantiques F_2/F_3 ainsi que des diagrammes biformantiques F_1/F_2 offrant une meilleure représentation de l'espace vocalique maximal de chaque patient.

vocalique maximal aux deux temps de mesure de même que celles d'amplitude du mouvement formantique moyen (en F_1 et F_2 et en F_2 et F_3) de 25 % à 75 % de la durée vocalique.⁴²

4.2.1 Premier locuteur : PD1⁴³

4.2.1.1 Dispersion vocalique

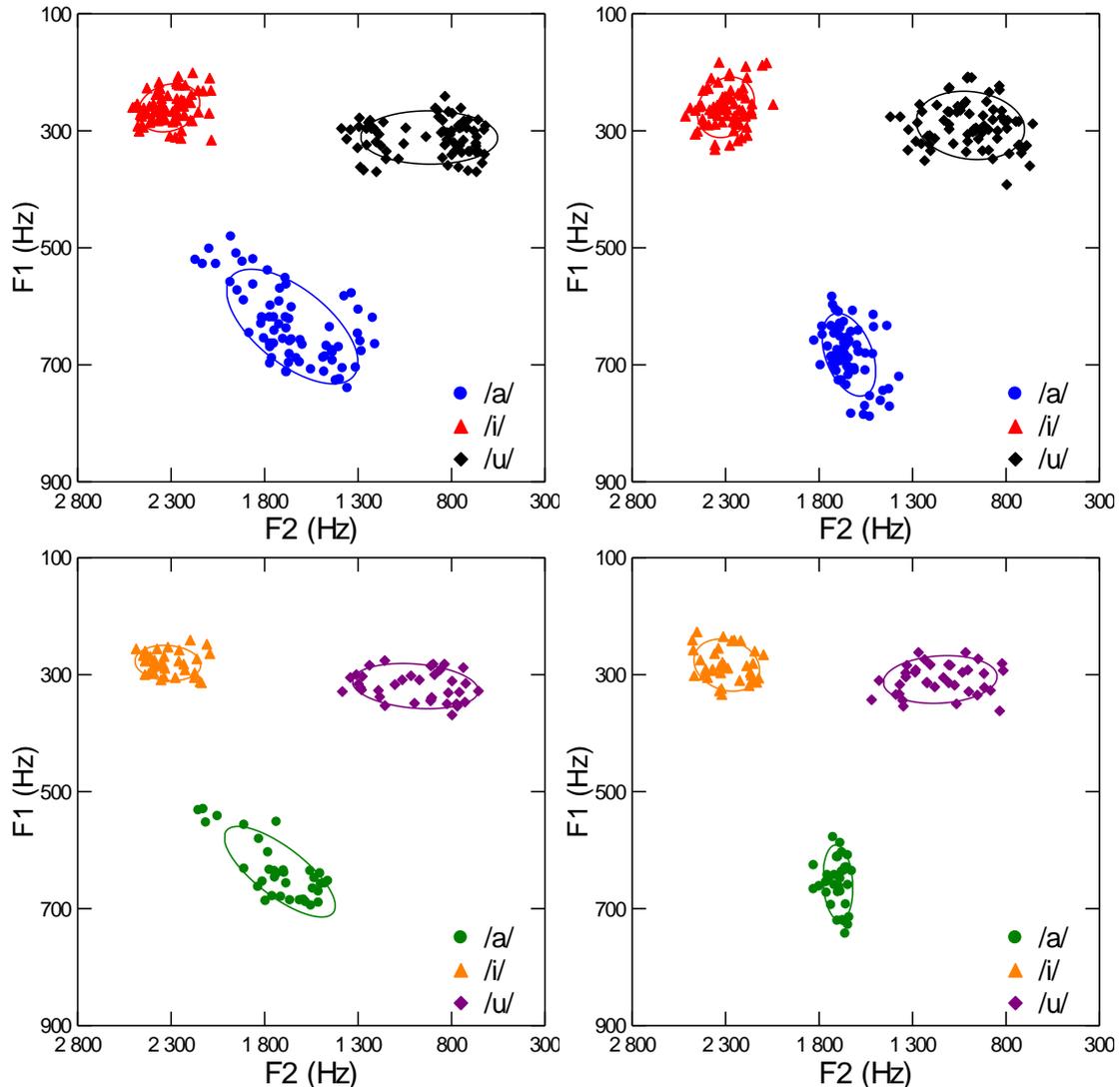


Figure 6 : Diagrammes bifonémiques F_1/F_2 (en Hz) présentant les valeurs formantiques de toutes les occurrences analysées à 25 % de la durée vocalique (à gauche) et à 75 % (à droite) pour le locuteur PD1 avant traitement (en haut) et après traitement (en bas) regroupées en fonction des trois classes vocaliques

⁴² Pour tous les locuteurs, les valeurs formantiques dans les graphiques sont en Hertz alors que les valeurs des mesures présentées dans les tableaux sont en Bark. Rappelons que la variabilité interindividuelle considérable et sa potentielle influence sur les comparaisons subséquentes a motivé la normalisation en Bark. Or, le fait que nous présentions les résultats des locuteurs séparément et que les analyses comparatives n'impliquent que les valeurs en Bark des mesures expliquent pourquoi nous avons maintenu la présentation des valeurs formantiques en Hertz dans les diagrammes.

⁴³ Nos analyses se voulant complémentaires à celles de Martel Sauvageau et coll. (2015), notre codification de locuteurs parkinsoniens est la même que la leur, PD signifiant « *Parkinson's disease* ».

La Figure 6 présente l'organisation des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur PD1 avant et après traitement dans l'espace F_1/F_2 . Le Tableau 1 fournit, quant à lui, les valeurs de dispersion des classes vocaliques /a/ et /i/ dans l'espace tridimensionnel $F_1/F_2/F_3$ et de la classe /u/ dans l'espace bidimensionnel F_1/F_2 de même que les valeurs de contraste vocalique à 25 % et à 75 % de la durée des voyelles pour ce même locuteur avant et après traitement.

La figure ci-dessus montre que, dépendamment de la classe vocalique, la dispersion s'amointrit ou demeure stable entre 25 % et 75 % de la durée des voyelles, et ce, avant et après traitement. Plus précisément, à la lecture du Tableau 1, nous constatons qu'entre 25 % et 75 % de la durée vocalique, que ce soit avant ou après traitement, les dispersions des classes vocaliques /a/ et /u/ diminuent (particulièrement celle de /a/), mais celle de la classe vocalique /i/ restent similaires. De plus, en comparant les valeurs de dispersion avant et après traitement du Tableau 1, nous observons que la dispersion de chaque classe vocalique à chaque point de mesure (à l'exception de /i/ à 75 %) diminue après traitement.

Tableau 1 : Tableau des valeurs (en Bark) de dispersion vocalique et d'espace vocalique maximal à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur PD1 avant et après traitement

PD1	Avant traitement						Après traitement					
	25 %			75 %			25 %			75 %		
	/a/	/i/	/u/	/a/	/i/	/u/	/a/	/i/	/u/	/a/	/i/	/u/
Dispersion vocalique	1,07491	0,43331	1,34583	0,54941	0,48114	1,04379	0,87293	0,41273	1,16122	0,42493	0,48298	0,95705
Espace vocalique maximal	9,69577			10,11317			8,48100			7,34282		

4.2.1.2 Espace vocalique maximal

En outre, les valeurs d'espace vocalique maximal figurant dans le La Figure 6 présente l'organisation des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur PD1 avant et après traitement dans l'espace F_1/F_2 . Le Tableau 1 fournit, quant à lui, les valeurs de dispersion des classes vocaliques /a/ et /i/ dans l'espace tridimensionnel $F_1/F_2/F_3$ et de la classe /u/ dans l'espace bidimensionnel F_1/F_2 de même que les valeurs de contraste vocalique à 25 % et à 75 % de la durée des voyelles pour ce même locuteur avant et après traitement.

La figure ci-dessus montre que, dépendamment de la classe vocalique, la dispersion s'amointrit ou demeure stable entre 25 % et 75 % de la durée des voyelles, et ce, avant et après traitement. Plus précisément, à la lecture du Tableau 1, nous constatons qu'entre 25 % et 75 % de la durée vocalique, que ce soit avant ou

après traitement, les dispersions des classes vocaliques /a/ et /u/ diminuent (particulièrement celle de /a/), mais celle de la classe vocalique /i/ restent similaires. De plus, en comparant les valeurs de dispersion avant et après traitement du Tableau 1, nous observons que la dispersion de chaque classe vocalique à chaque point de mesure (à l'exception de /i/ à 75 %) diminue après traitement.

Tableau 1 indiquent d'une part que cette mesure augmente de 25 % à 75 % de la durée vocalique avant traitement alors qu'elle diminue de 25 % à 75 % après traitement et d'autre part qu'elle est plus restreinte après le traitement qu'avant le traitement, et ce, aux deux temps de mesure.

4.2.1.3 Mouvement formantique moyen

La Figure 7 présente les trajectoires formantiques moyennes des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % de la durée vocalique dans l'espace acoustique F_1/F_2 et le Tableau 2 les valeurs d'amplitude de mouvement formantique moyen en F_1 et F_2 et en F_2 et F_3 de 25 % à 75 % de la durée vocalique pour le locuteur PD1 avant et après traitement.

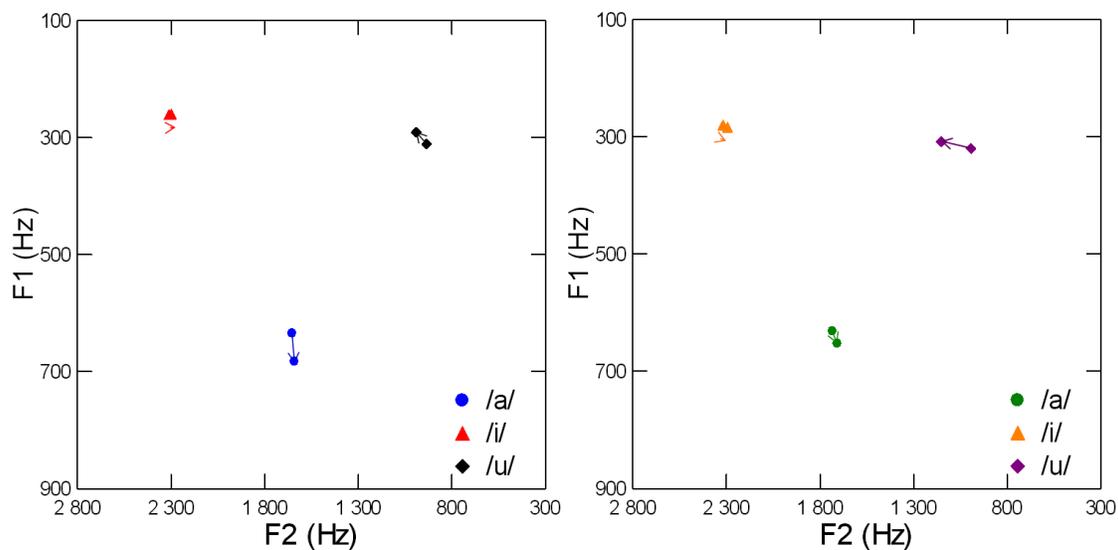


Figure 7 : Diagrammes biformantiques F_1/F_2 (en Hz) présentant le mouvement formantique moyen des occurrences des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % (où la flèche pointe) de la durée vocalique pour le locuteur PD1 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite)

Pour ce qui est de l'amplitude du mouvement formantique moyen en F_1 et F_2 , nous remarquons par l'intermédiaire de la Figure 7 que celles de toutes les classes vocaliques sont très faibles avant et après thérapie, quoi que plus importantes pour /a/ avant traitement et pour /u/ après traitement. Le Tableau 2, quant à lui, témoigne de la variabilité considérable existante lorsqu'on compare les amplitudes du mouvement formantique moyen en F_1 et F_2 et en F_2 et F_3 pour chaque classe vocalique avant et après thérapie. En ce qui concerne la direction dans le plan F_1/F_2 des trajectoires moyennes de chaque classe vocalique, il semble que les voyelles tendent à afficher des orientations semblables avant et après le traitement. En effet, avant comme

après l'intervention orthophonique, il y a un déplacement vers la périphérie des valeurs formantiques de la classe vocalique /a/ et une centralisation de celles des classes vocaliques /i/ et /u/ de 25 % à 75 % de la durée des voyelles, bien que très légère pour /i/. Cette centralisation expliquerait d'ailleurs pourquoi nous observons une diminution de l'espace vocalique maximal de 25 % à 75 % après traitement.

Tableau 2 : Tableau des valeurs (en Bark) d'amplitude de mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % de la durée vocalique du locuteur PD1 avant et après traitement

PD1	Avant traitement			Après traitement		
	/a/	/i/	/u/	/a/	/i/	/u/
Amplitude du mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % en F ₁ et F ₂	0,37572	0,03702	0,53244	0,17785	0,07656	0,93759
Amplitude du mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % en F ₂ et F ₃	0,13331	0,16004	0,48807	0,19207	0,11652	0,93174

En résumé, pour PD1 :

- la dispersion des classes vocaliques à l'étude diminue généralement de 25 % à 75 % avant et après traitement et est légèrement moins importante après le traitement aux deux temps de mesure;
- l'espace vocalique maximal augmente de 25 % à 75 % avant le traitement, mais diminue après celui-ci et il est plus restreint après la thérapie qu'avant la thérapie, et ce, aux deux temps de mesure;
- les amplitudes de mouvement formantique moyen en F₁ et F₂ et en F₂ et F₃ sont généralement faibles et les comparaisons avant et après intervention de chaque classe vocalique montrent de la variabilité;
- les directions des changements spectraux des trois voyelles dans l'espace F₁/F₂ avant et après LSVT® sont semblables, les formants des /u/ semblant se centraliser, ceux des /i/ restant plutôt stables et ceux des /a/ affichant un déplacement vers la périphérie.

4.2.2 Deuxième locuteur : PD3

4.2.2.1 Dispersion vocalique

La Figure 8, présentant l'organisation des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur PD3 avant et après traitement dans l'espace F₁/F₂, montre une diminution de la dispersion des classes vocaliques étudiées entre 25 % et 75 % de la durée des voyelles, aussi bien avant qu'après LSVT®. Les valeurs de dispersion vocalique dans l'espace tridimensionnel F₁/F₂/F₃ à 25 % et à 75 % de la durée des voyelles pour ce même locuteur présentées dans le Tableau 3 illustrent cette même tendance : la dispersion des trois classes vocaliques, particulièrement celles de /a/ et de /u/, est moindre à 75 % de la durée vocalique, et ce, avant comme après la thérapie. Le Tableau 3 indique également que la dispersion de chaque classe vocalique à chaque point de mesure est semblable avant et après intervention.

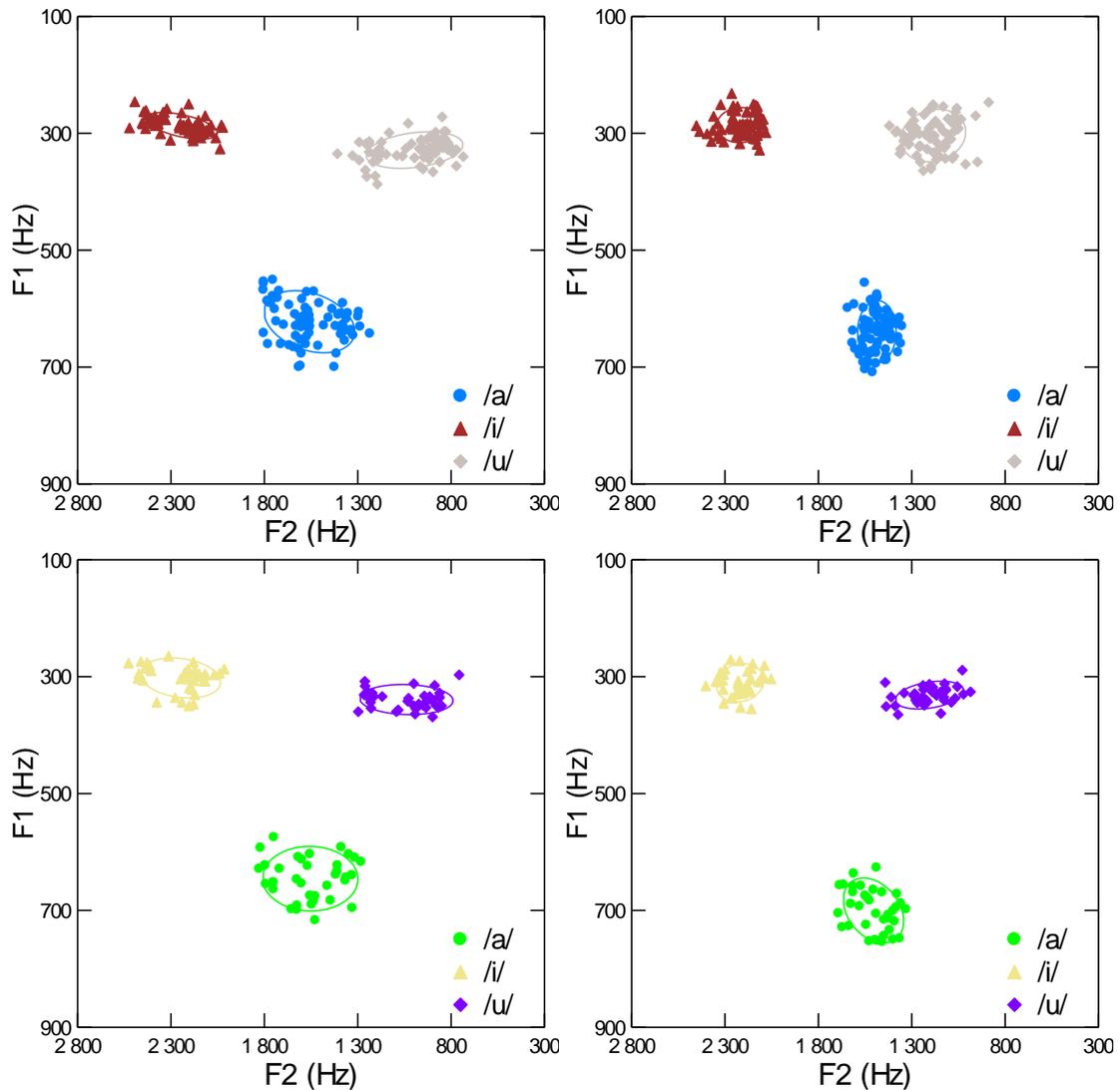


Figure 8 : Diagrammes bifonématiques F₁/F₂ (en Hz) présentant les valeurs formantiques de toutes les occurrences analysées à 25 % de la durée vocalique (à gauche) et à 75 % (à droite) pour le locuteur PD3 avant traitement (en haut) et après traitement (en bas) regroupées en fonction des trois classes vocaliques

Tableau 3 : Tableau des valeurs (en Bark) de dispersion vocalique selon l'espace tridimensionnel F₁/F₂/F₃ et de l'espace vocalique maximal à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur PD3 avant et après traitement

PD3	Avant traitement						Après traitement					
	25 %			75 %			25 %			75 %		
	/a/	/i/	/u/	/a/	/i/	/u/	/a/	/i/	/u/	/a/	/i/	/u/
Dispersion vocalique	0,71957	0,41021	0,90535	0,41358	0,31187	0,63412	0,71679	0,46769	0,85245	0,51330	0,31554	0,54472
Espace vocalique maximal	7,54837			6,34984			7,29045			6,58124		

4.2.2.2 Espace vocalique maximal

Par ailleurs, tel qu'en témoignent les valeurs d'espace vocalique maximal du Tableau 3, le contraste entre les voyelles semble diminuer de 25 % à 75 % de la durée vocalique avant et après traitement et il n'y a pas de changement majeur entre les étendues des espaces vocaliques maximaux avant et après la thérapie, et ce, autant à 25 % qu'à 75 % de la durée des voyelles.

4.2.2.3 Mouvement formantique moyen

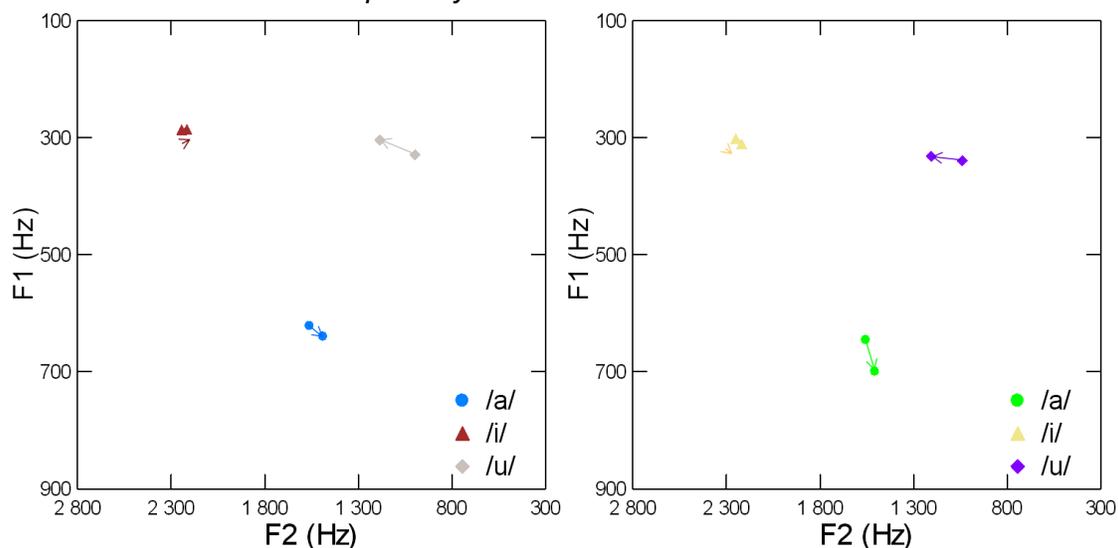


Figure 9 : Diagrammes biformantiques F₁/F₂ (en Hz) présentant le mouvement formantique moyen des occurrences des classes vocales /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % (où la flèche pointe) de la durée vocalique pour le locuteur PD3 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite)

Tableau 4 : Tableau des valeurs (en Bark) d'amplitude de mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % de la durée vocalique du locuteur PD3 avant et après traitement

PD3	Avant traitement			Après traitement		
	/a/	/i/	/u/	/a/	/i/	/u/
Amplitude du mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % en F ₁ et F ₂	0,31830	0,07447	1,12837	0,45726	0,11608	0,94377
Amplitude du mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % en F ₂ et F ₃	0,32855	0,09991	1,10244	0,31777	0,09963	0,94396

L'amplitude et la direction des trajectoires formantiques moyennes des classes vocales /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % de la durée vocalique du locuteur PD3 avant et après traitement sont représentées dans les diagrammes biformantiques F₁/F₂ de la Figure 9. Les amplitudes de mouvement formantique moyen en F₁ et F₂ des trois classes à l'étude sont légères avant de même qu'après traitement, quoi que plus importantes pour /u/ avant traitement et pour /a/ et /u/ après traitement. Les valeurs d'amplitude de mouvement formantique en F₁ et F₂ ainsi qu'en F₂ et F₃ du Tableau 4 reflètent ces variabilités intervocaliques avant et après traitement et

selon le moment d'enregistrement. Enfin, pour ce locuteur, les directions des changements spectraux moyens de /a/, de /i/ et de /u/ dans l'espace acoustique F_1/F_2 sont, quant à elles, similaires avant et après traitement. Plus précisément, de 25 % à 75 % de la durée des voyelles, les valeurs formantiques de la classe /a/ se déplacent vers la périphérie tandis que celles des classes /i/ et /u/ se centralisent, bien que très légèrement pour /i/. Cette centralisation entraînerait ainsi la diminution de l'espace vocalique maximal de 25 % à 75 % de la durée vocalique que nous avons observée tant avant qu'après le LSVT®.

En résumé, pour PD3 :

- la dispersion des trois classes vocaliques diminue de 25 % à 75 % avant et après traitement et elle est semblable avant et après traitement aux deux temps de mesure;
- l'espace vocalique maximal diminue de 25 % à 75 % avant et après thérapie et son étendue avant la thérapie est semblable à celui après la thérapie, à 25 % comme à 75 %;
- les changements spectraux moyens en F_1 et F_2 et en F_2 et F_3 varient selon le moment d'enregistrement; ils sont de faible amplitude pour /i/ et /a/ et de plus forte amplitude pour /u/ avant traitement et de faible amplitude pour /i/ et de plus forte amplitude pour /a/ et /u/ après traitement;
- les directions des trajectoires moyennes de chacune des trois classes vocaliques dans l'espace F_1/F_2 sont sensiblement les mêmes avant et après LSVT® : la classe de /u/ affiche une tendance à la centralisation des valeurs formantiques, celle de /i/ une stabilité et celle de /a/ un déplacement vers la périphérie.

4.2.3 Troisième locuteur : PD5

4.2.3.1 Dispersion vocalique

La Figure 10 nous permet d'observer l'organisation des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur PD5 avant et après traitement dans l'espace F_1/F_2 . Les valeurs de dispersion vocalique dans l'espace tridimensionnel $F_1/F_2/F_3$ ainsi que les valeurs de contraste vocalique à 25 % et à 75 % de la durée des voyelles pour ce locuteur avant et après traitement sont, quant à elles, présentées dans le Tableau 5.

L'inspection de la figure ci-dessous et des valeurs du Tableau 5 indiquent une diminution relativement importante de la dispersion des classes vocaliques /a/ et /u/ de 25 % à 75 % de la durée des voyelles tant avant qu'après traitement, la dispersion de la classe /i/ étant similaire aux deux temps de mesure. Nous constatons également grâce au Tableau 5 une similitude entre les valeurs de dispersion des classes vocaliques à 25 % ou à 75 % de la durée vocalique avant LSVT® et celles après LSVT®.

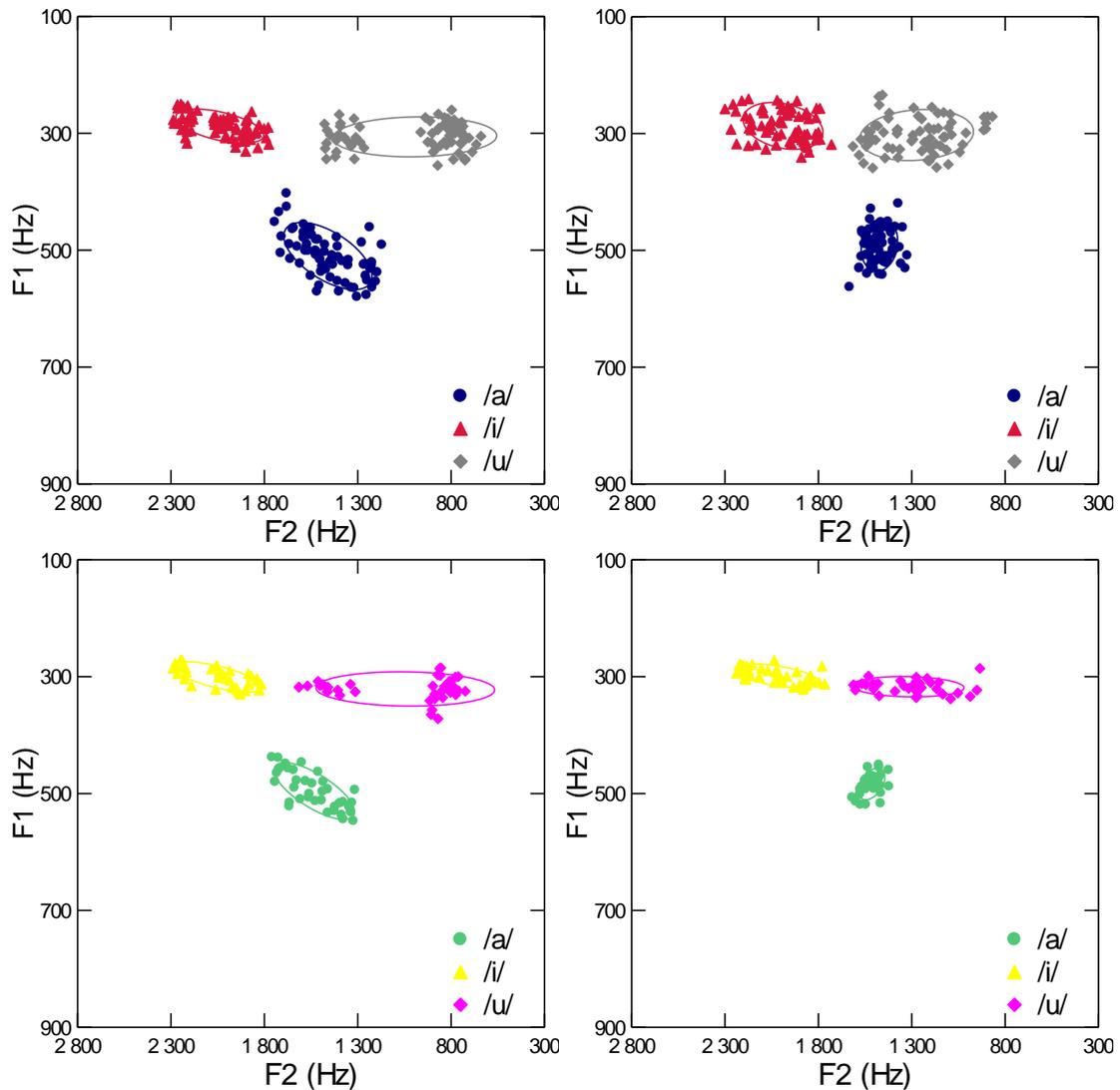


Figure 10 : Diagrammes bifonématiques F_1/F_2 (en Hz) présentant les valeurs formantiques de toutes les occurrences analysées à 25 % de la durée vocalique (à gauche) et à 75 % (à droite) pour le locuteur PD5 avant traitement (en haut) et après traitement (en bas) regroupées en fonction des trois classes vocaliques

Tableau 5 : Tableau des valeurs (en Bark) de dispersion vocalique selon l'espace tridimensionnel $F_1/F_2/F_3$ et de l'espace vocalique maximal à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur PD5 avant et après traitement

PD5	Avant traitement						Après traitement					
	25 %			75 %			25 %			75 %		
	/a/	/i/	/u/	/a/	/i/	/u/	/a/	/i/	/u/	/a/	/i/	/u/
Dispersion vocalique	0,74414	0,53017	1,53859	0,38561	0,52344	0,95638	0,69004	0,52116	1,55744	0,30124	0,48619	0,80838
Espace vocalique maximal	4,81282			2,75105			3,98704			2,33860		

4.2.3.2 Espace vocalique maximal

De plus, les valeurs d'espace vocalique maximal du Tableau 5 montrent précisément que le contraste vocalique de PD5 est réduit au deuxième temps de mesure comparativement au premier temps de mesure, avant comme après traitement, et qu'il y a diminution de l'espace vocalique maximal de ce locuteur après la thérapie à 25 % et à 75 % de la durée vocalique.

4.2.3.3 Mouvement formantique moyen

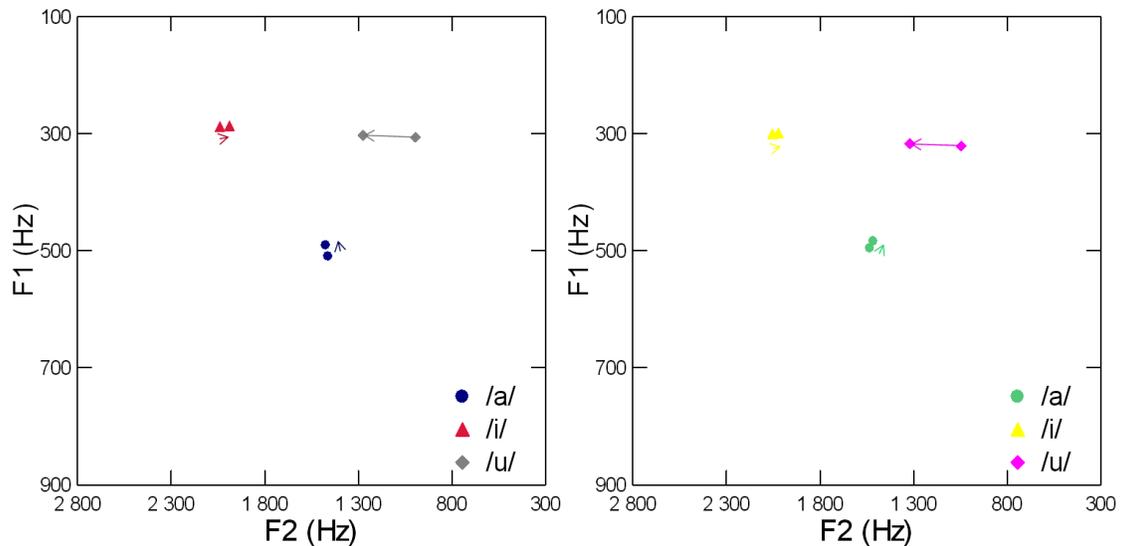


Figure 11 : Diagrammes bifrantiques F_1/F_2 (en Hz) présentant le mouvement formantique moyen des occurrences des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % (où la flèche pointe) de la durée vocalique pour le locuteur PD5 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite)

Tableau 6 : Tableau des valeurs (en Bark) d'amplitude de mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % de la durée vocalique du locuteur PD5 avant et après traitement

PD5	Avant traitement			Après traitement		
	/a/	/i/	/u/	/a/	/i/	/u/
Amplitude du mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % en F_1 et F_2	0,18254	0,16235	1,63285	0,11934	0,09814	1,57940
Amplitude du mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % en F_2 et F_3	0,34389	0,17926	1,63352	0,26801	0,09731	1,58304

La Figure 11, qui présente les trajectoires formantiques moyennes des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % de la durée vocalique pour le locuteur PD5 avant et après traitement dans l'espace acoustique F_1/F_2 , nous permet de remarquer que, aussi bien avant qu'après la thérapie, les amplitudes de mouvement formantique des classes vocaliques /i/ et /a/ sont très faibles, ce qui n'est cependant pas le cas de celles de /u/. La comparaison des valeurs d'amplitude de mouvement formantique moyen de chaque classe vocalique avant et après traitement du Tableau 6 ne révèle pas de différences majeures, mais ces mesures semblent

être légèrement réduites après la thérapie. Par ailleurs, dans l'espace acoustique F_1/F_2 , il s'avère que les trois classes vocaliques affichent des mouvements formantiques moyens dirigés vers la même direction avant de même qu'après traitement. Plus précisément, les valeurs formantiques de /a/ et /i/ se centralisent légèrement de 25 % à 75 % de la durée vocalique alors que celles de /u/ se centralisent de façon sensiblement plus marquée. Une telle centralisation ferait donc en sorte que l'espace vocalique maximal soit plus restreint à 75 % de la durée des voyelles qu'à 25 %, avant comme après intervention orthophonique.

En résumé, pour PD5 :

- la dispersion des classes vocaliques à l'étude diminue généralement de 25 % à 75 %, que ce soit avant ou après traitement, et est légèrement moins importante après la thérapie à 25 % et à 75 %;
- l'espace vocalique maximal est plus restreint à 75 % de la durée vocalique qu'à 25 % (avant et après l'intervention orthophonique) de même qu'après la thérapie aux deux temps de mesure;
- les amplitudes de changements spectraux moyens, en F_1 et F_2 et en F_2 et F_3 , des classes vocaliques étudiées, excepté celle de /u/, sont très faibles aussi bien avant qu'après le LSVT® et il semble qu'elles diminuent légèrement après la thérapie;
- la direction des mouvements formantiques moyens pour la classe vocalique /u/ dans l'espace F_1/F_2 avant le traitement est similaire à celle après le traitement, cette voyelle affichant une centralisation des valeurs formantiques, tout comme les deux autres voyelles, qui, elles, affichent toutefois une centralisation nettement plus faible.

4.2.4 Quatrième locuteur : PD6

4.2.4.1 Dispersion vocalique

Les graphiques biformantiques F_1/F_2 de la Figure 12 présentent l'organisation des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur PD6 avant et après traitement et le Tableau 7 expose les valeurs de dispersion vocalique dans le plan tridimensionnel $F_1/F_2/F_3$ ainsi que celles d'espace vocalique maximal à 25 % et à 75 % de la durée des voyelles avant et après la thérapie pour ce même locuteur.

Tel que l'illustre la figure susmentionnée, les valeurs formantiques des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ tendent généralement à être davantage dispersées à 25 % de la durée vocalique qu'à 75 %, tant avant qu'après la thérapie. Les valeurs du Tableau 7 permettent de préciser cette tendance : la dispersion des trois classes vocaliques de 25 % à 75 % de la durée vocalique avant de même qu'après le traitement diminue, l'importance de la diminution variant selon les voyelles. Il apparaît également selon le Tableau 7 qu'aucune différence majeure entre les valeurs de dispersion vocalique avant et après LSVT® n'est observable.

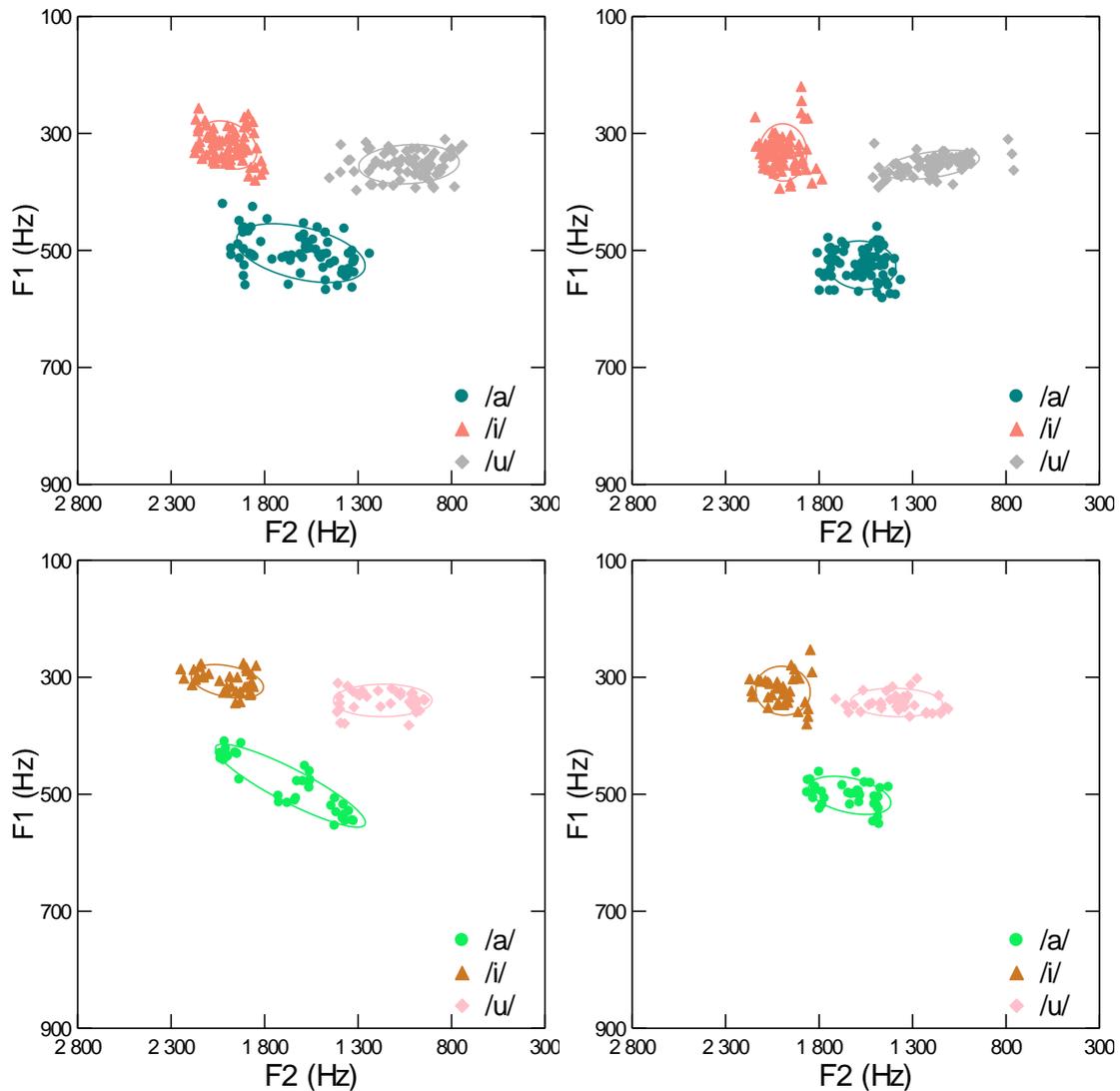


Figure 12 : Diagrammes bifonématiques F_1/F_2 (en Hz) présentant les valeurs formantiques de toutes les occurrences analysées à 25 % de la durée vocalique (à gauche) et à 75 % (à droite) pour le locuteur PD6 avant traitement (en haut) et après traitement (en bas) regroupées en fonction des trois classes vocaliques

Tableau 7 : Tableau des valeurs (en Bark) de dispersion vocalique selon l'espace tridimensionnel $F_1/F_2/F_3$ et de l'espace vocalique maximal à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur PD6 avant et après traitement

PD6	Avant traitement						Après traitement					
	25 %			75 %			25 %			75 %		
	/a/	/i/	/u/	/a/	/i/	/u/	/a/	/i/	/u/	/a/	/i/	/u/
Dispersion vocalique	0,92406	0,57703	0,91873	0,53096	0,40409	0,74143	1,01064	0,51355	0,87712	0,54978	0,40127	0,64668
Espace vocalique maximal	3,51924			2,84532			2,79187			1,91137		

4.2.4.2 Espace vocalique maximal

Pour ce qui est de l'espace vocalique maximal, l'analyse des valeurs du Tableau 7 indiquent non seulement que l'espace vocalique maximal est plus restreint à 75 % qu'à 25 %, avant comme après le LSVT®, mais qu'il l'est également après le traitement comparativement à avant le traitement, et ce, peu importe l'instant à partir duquel il a été calculé.

4.2.4.3 Mouvement formantique moyen

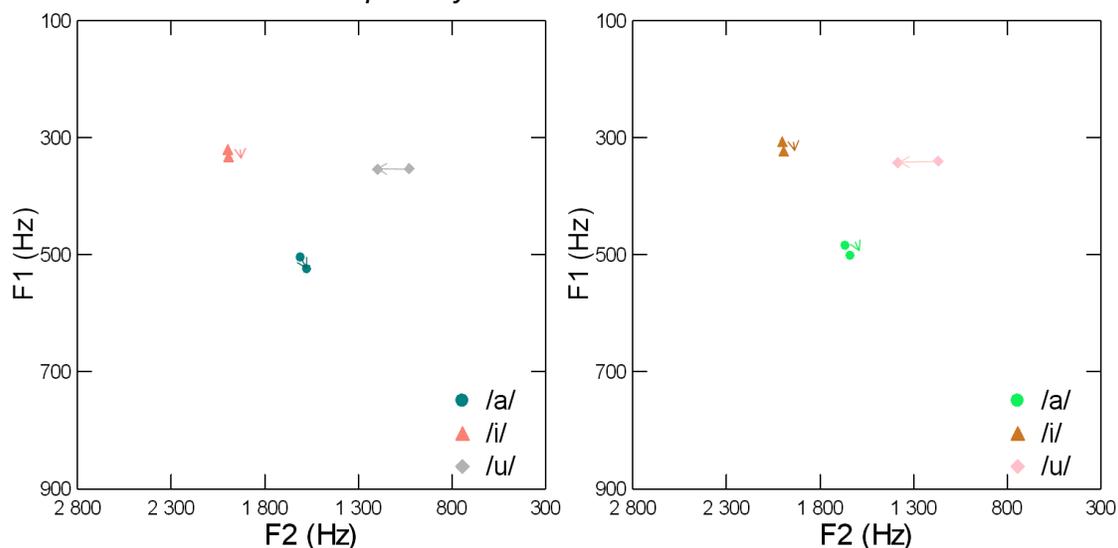


Figure 13 : Diagrammes biformantiques F_1/F_2 (en Hz) présentant le mouvement formantique moyen des occurrences des classes vocales /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % (où la flèche pointe) de la durée vocale pour le locuteur PD6 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite)

Tableau 8 : Tableau des valeurs (en Bark) d'amplitude de mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % de la durée vocale du locuteur PD6 avant et après traitement

PD6	Avant traitement			Après traitement		
	/a/	/i/	/u/	/a/	/i/	/u/
Amplitude du mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % en F_1 et F_2	0,20589	0,12767	0,95775	0,16174	0,16319	1,10410
Amplitude du mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % en F_2 et F_3	0,13943	0,17389	0,95767	0,08069	0,16088	1,11488

La Figure 13 offre, quant à elle, une représentation graphique des trajectoires formantiques moyennes des classes vocales /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % de la durée vocale pour le locuteur PD6 avant et après traitement dans l'espace acoustique F_1/F_2 . Nous remarquons que les amplitudes de mouvement formantique des classes vocales à l'étude sont presque inexistantes, quoi qu'un peu plus marquées pour /u/, aussi bien avant la thérapie qu'après, mais aussi que les amplitudes du mouvement formantique des trois classes vocales avant traitement sont analogues à celles après traitement, celle de /u/ semblant toutefois être légèrement plus importante après traitement. C'est également ce que reflètent les valeurs d'amplitude de

mouvement formantique en F_1 et F_2 ainsi qu'en F_2 et F_3 du Tableau 8, soit des différences négligeables entre les amplitudes avant et après thérapie. Les directions des changements spectraux moyens des trois catégories vocaliques dans l'espace acoustique F_1/F_2 de ce locuteur demeurent également inchangées après intervention comparativement à avant intervention. Alors que les classes vocaliques /i/ et /u/ affichent une centralisation des valeurs de formants du premier au deuxième temps de mesure, bien que très légère pour /i/, la classe /a/ affiche un léger déplacement vers la périphérie, et ce, avant comme après traitement, ce qui expliquerait pourquoi l'espace vocalique maximal est plus petit à 75 % qu'à 25 % de la durée des voyelles aux deux moments d'enregistrement.

En résumé, pour PD6 :

- la dispersion des trois classes vocaliques est moins importante à 75 % de la durée vocalique qu'à 25 %, avant comme après LSVT®, et il n'y a pas de différence marquée entre les valeurs de dispersion de toutes les classes vocaliques avant et après LSVT®, peu importe le temps de mesure;
- que ce soit avant ou après la thérapie, le contraste à 75 % est réduit en comparaison de celui à 25 % et il l'est aussi après le traitement par opposition à avant le traitement;
- les changements spectraux moyens de /a/, de /i/ et de /u/ en F_1 et F_2 et en F_2 et F_3 sont de faible amplitude, ceux de /u/ étant toutefois un peu plus importants que ceux des deux autres classes, et ce, avant et après l'intervention, et il n'y a pas de différence marquée entre les amplitudes de mouvement formantique moyen de ces classes avant et après le LSVT®;
- la direction des trajectoires moyennes de chaque catégorie vocalique étudiée dans l'espace F_1/F_2 ne change pas après la thérapie, les valeurs formantiques de la voyelle /u/ se centralisant et celles de /a/ et /i/ restant, pour leur part, stabilisées.

4.2.5 Cinquième locuteur : PD10⁴⁴

4.2.5.1 Dispersion vocalique

À l'inspection visuelle de la Figure 14, qui présente l'organisation des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur PD10 avant et après traitement dans l'espace F_1/F_2 , nous observons, que ce soit avant ou après traitement, un amoindrissement relativement important de la dispersion des classes vocaliques /a/ et /u/ de 25 % à 75 % de la durée vocalique et une légère augmentation de la dispersion de la classe vocalique /i/.

⁴⁴ Bien qu'ayant été recruté dans le cadre du projet de Martel Sauvageau et coll. (2015), ce locuteur ne fait pas partie du groupe de participants présenté dans Martel Sauvageau et coll. (2015).

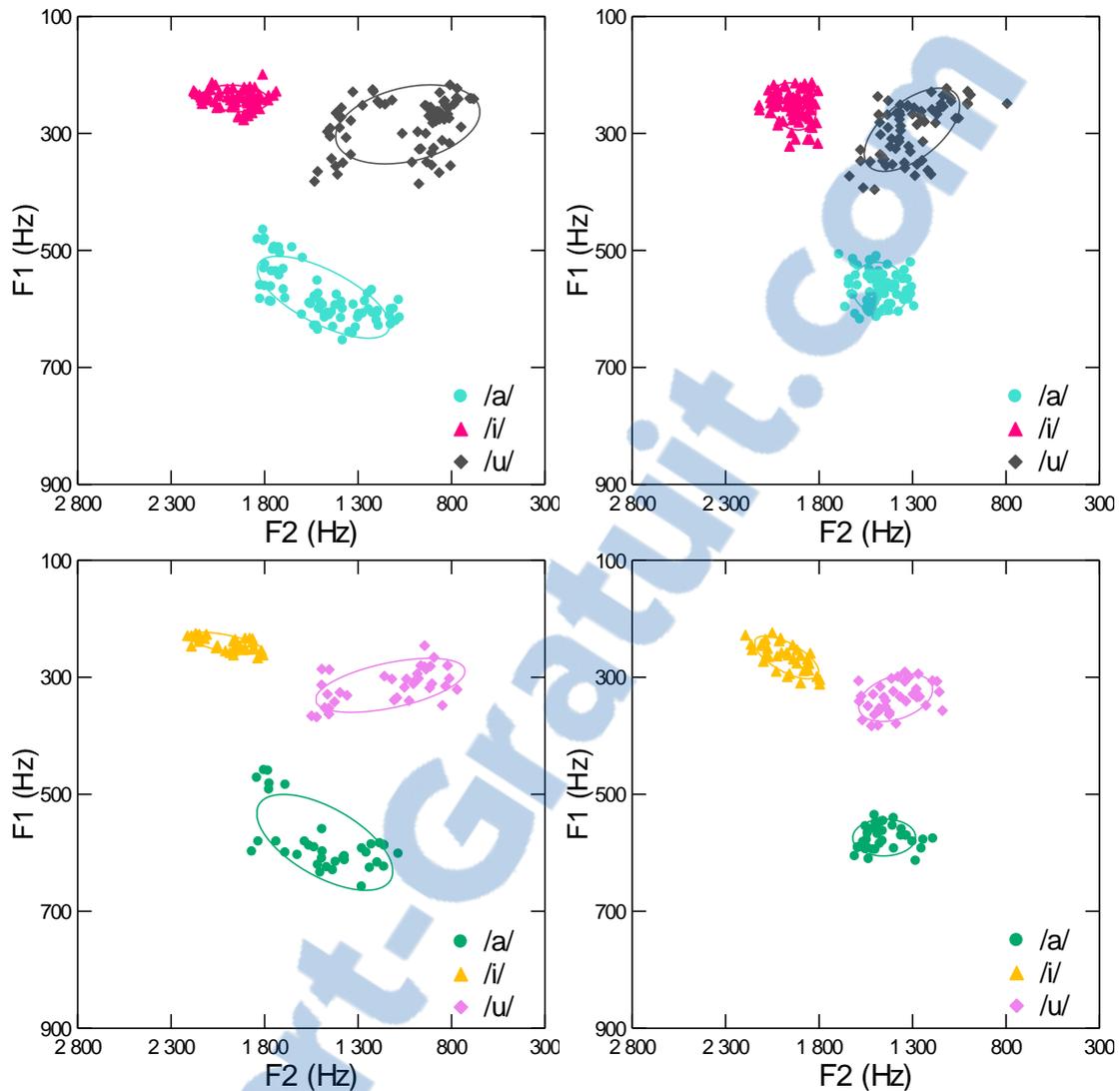


Figure 14 : Diagrammes bifonématiques F_1/F_2 (en Hz) présentant les valeurs formantiques de toutes les occurrences analysées à 25 % de la durée vocale (à gauche) et à 75 % (à droite) pour le locuteur PD10 avant traitement (en haut) et après traitement (en bas) regroupées en fonction des trois classes vocales

Tableau 9 : Tableau des valeurs (en Bark) de dispersion vocale selon l'espace tridimensionnel $F_1/F_2/F_3$ et de l'espace vocalique maximal à 25 % et à 75 % de la durée vocale du locuteur PD10 avant et après traitement

PD10	Avant traitement						Après traitement					
	25 %			75 %			25 %			75 %		
	/a/	/i/	/u/	/a/	/i/	/u/	/a/	/i/	/u/	/a/	/i/	/u/
Dispersion vocale	1,02747	0,46485	1,37191	0,50904	0,37724	0,90495	1,07487	0,48110	1,26330	0,54105	0,43047	0,62819
Espace vocalique maximal	6,31033			3,51260			5,38558			2,62879		

Les valeurs de dispersion vocalique dans l'espace tridimensionnel $F_1/F_2/F_3$ à 25 % et à 75 % de la durée vocalique pour le locuteur PD10 illustrées dans le Tableau 9 consolident ces observations en indiquant que, avant et après le LSVT®, la dispersion des trois classes vocaliques est moindre à 75 % de la durée des voyelles, particulièrement pour les classes vocaliques /a/ et /u/. De même, à la lecture du Tableau 9, nous ne distinguons aucun changement marqué quant à la dispersion de chaque classe vocalique avant et après traitement à chaque point de mesure.

4.2.5.2 Espace vocalique maximal

En outre, comme l'illustrent les valeurs d'espace vocalique maximal présentées dans le Tableau 9, il y a diminution du contraste de 25 % à 75 % de la durée des voyelles, aussi bien avant qu'après la thérapie, et l'espace vocalique maximal est réduit à la suite du LSVT®.

4.2.5.3 Mouvement formantique moyen

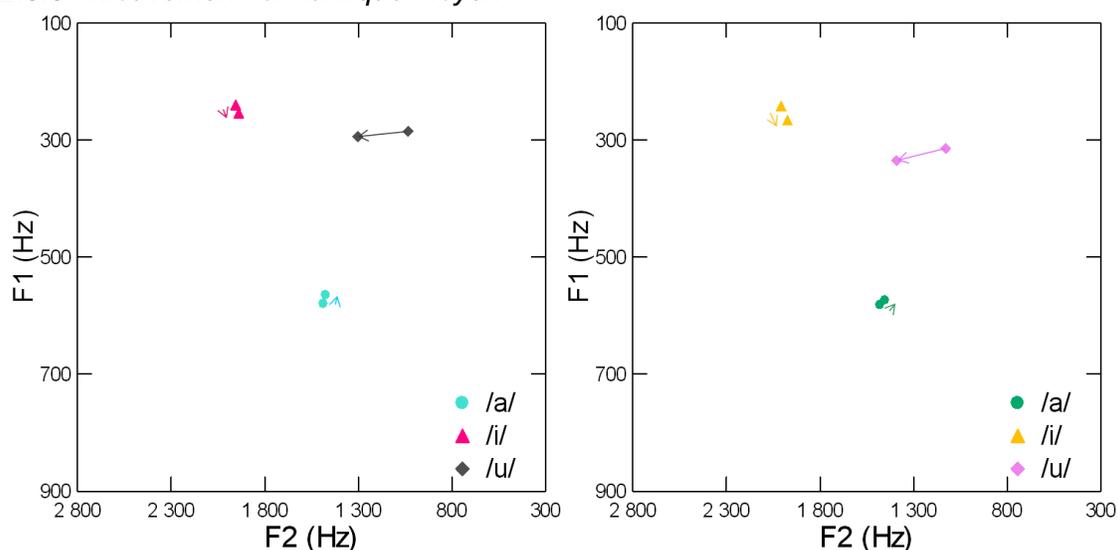


Figure 15 : Diagrammes biformantiques F_1/F_2 (en Hz) présentant le mouvement formantique moyen des occurrences des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % (où la flèche pointe) de la durée vocalique pour le locuteur PD10 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite)

Tableau 10 : Tableau des valeurs (en Bark) d'amplitude de mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % de la durée vocalique du locuteur PD10 avant et après traitement

PD10	Avant traitement			Après traitement		
	/a/	/i/	/u/	/a/	/i/	/u/
Amplitude du mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % en F_1 et F_2	0,11895	0,15473	1,52150	0,08831	0,28286	1,43899
Amplitude du mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % en F_2 et F_3	0,11532	0,05354	1,51872	0,19181	0,12361	1,42727

Les amplitudes et directions des trajectoires formantiques moyennes des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % de la durée vocalique du locuteur PD10 avant et après traitement sont représentées dans les diagrammes biformantiques F_1/F_2 de la Figure 15. En ce qui a trait à l'amplitude du mouvement formantique moyen, nous remarquons que les amplitudes des classes vocaliques /i/ et /a/ sont minimales alors que celles de la classe vocalique /u/ sont relativement considérables, que ce soit avant ou après la thérapie. Les valeurs d'amplitude de mouvement formantique en F_1 et F_2 ainsi qu'en F_2 et F_3 fournies au Tableau 10 confirment également ce que révèle la Figure 15, soit une absence de changement majeur après le LSVT® quant à l'amplitude, et ce, peu importe la classe vocalique. Pour ce qui est de la direction des mouvements formantiques moyens des voyelles dans l'espace acoustique F_1/F_2 , celle-ci demeure semblable avant et après la thérapie pour toutes les classes vocaliques. Plus précisément, les trois classes périphériques, mais particulièrement /u/, actualisent une centralisation des valeurs formantiques de 25 % à 75 % de la durée vocalique avant de même qu'après le LSVT®, ce qui entraînerait la diminution du contraste observée de 25 % à 75 %.

En résumé, pour PD10 :

- la dispersion de /a/ et de /u/ et, dans une moindre mesure, de /i/ diminue de 25 % à 75 % de la durée vocalique, avant comme après traitement, et nous n'observons aucune différence marquée de la dispersion avant et après l'intervention, que ce soit à 25 % ou à 75 %;
- le contraste entre les trois voyelles à l'étude diminue de 25 % à 75 % de la durée vocalique, avant et après la thérapie, de même qu'à la suite du LSVT®, peu importe l'instant à partir duquel il a été calculé;
- les amplitudes de mouvement formantique moyen, en F_1 et F_2 et en F_2 et F_3 , des trois classes vocaliques ne diffèrent pas avant et après traitement et elles sont très peu marquées, mis à part celles de /u/;
- la direction dans l'espace acoustique F_1/F_2 des changements spectraux moyens de chacune des classes vocaliques étudiées tend à demeurer semblable avant et après le LSVT®; les valeurs formantiques des voyelles à l'étude se centralisent de 25 % à 75 % de la durée des voyelles, et ce, de façon plus marquée pour /u/ que pour les deux autres voyelles.

4.2.6 Portrait général des cinq locuteurs parkinsoniens

À la lumière de la présentation des portraits acoustiques vocaliques de ces cinq locuteurs, il a pu être constaté d'une part que, que ce soit avant ou après le traitement orthophonique, les dispersions vocaliques de /a/ et de /u/, et, dans une moindre mesure, de /i/, diminuent de 25 % à 75 % de la durée des voyelles pour tous les sujets. Autrement dit, il semble y avoir moins de variation intra-individuelle entre les productions appartenant à

une même classe vocalique près de la queue des voyelles que près de l'amorce chez les participants du groupe expérimental. D'autre part, tandis que pour trois sujets, PD3, PD6 et PD10, les dispersions des trois classes vocaliques à l'étude sont semblables avant et après le LSVT®, peu importe le temps de mesure à partir duquel la dispersion a été calculée, pour deux autres, PD1 et PD5, celles-ci tendent à diminuer après le LSVT®. Cette diminution après thérapie observée chez PD1 et PD5 peut signifier que la cible acoustique des voyelles produites par ces derniers est réalisée de manière plus stable ou précise après le traitement. Une telle conclusion ne peut toutefois pas s'appliquer à PD3, PD6 et PD10, pour lesquels aucune différence majeure n'a été observée entre les dispersions vocaliques avant et après l'intervention orthophonique.

Concernant l'espace vocalique maximal, avant, mais particulièrement après le LSVT®, celui de chacun des cinq locuteurs parkinsoniens s'amointrit de 25 % à 75 % de la durée vocalique, à l'exception de celui de PD1 avant traitement, qui est plus restreint à 25 % qu'à 75 %. Cette diminution suggère une centralisation des valeurs formantiques de 25 % à 75 % chez ces patients, ce qu'on constate effectivement lorsqu'on observe les graphiques illustrant les changements spectraux moyens caractérisant les classes vocaliques. Rappelons que pour deux participants, PD5 et PD10, les trois classes vocaliques affichent une centralisation des valeurs formantiques avant et après thérapie alors que pour les trois autres, PD1, PD3 et PD6, les classes /i/ et /u/ affichent une centralisation et la classe /a/ un déplacement plutôt léger vers la périphérie, /u/ actualisant une centralisation toujours plus marquée que celle des deux autres voyelles chez tous les locuteurs. Or, même une centralisation de deux des trois classes vocaliques peut faire en sorte qu'on puisse observer une diminution du contraste entre les classes périphériques étudiées. En effet, si l'amplitude du mouvement formantique moyen de la catégorie vocalique qui se déplace en périphérie est plus faible que celles des deux qui affichent une centralisation, cela peut tout de même faire en sorte que le contraste soit restreint à 75 %. En outre, les espaces vocaliques maximaux à 25 % et à 75 % de la durée des voyelles des sujets du groupe expérimental tendent également à diminuer après l'intervention orthophonique, excepté ceux de PD3 qui sont semblables avant et après LSVT®. Cette diminution d'espace vocalique maximal après traitement signifie que les formants moyens des classes vocaliques à l'étude se centralisent après traitement à un instant précis durant le déroulement temporel des voyelles, soit à 25 % ou à 75 %, en plus de se centraliser dynamiquement d'un instant à un autre à l'intérieur de la voyelle, avant et après traitement, tel que le suggère le résultat précédent. Les locuteurs parkinsoniens de ce groupe pourraient donc utiliser un moins grand espace articulaire pour produire leurs voyelles à la suite de la thérapie, ce qui pourrait suggérer que leur contrôle articulaire ne s'est pas amélioré, voire qu'il est réduit. Cette conclusion est cependant opposée à ce à quoi nous nous attendions.

Les données ont également révélé la présence de changements spectraux caractérisant les voyelles produites par les participants parkinsoniens. Pour ce qui est de l'amplitude des mouvements formantiques moyens de

25 % à 75 % de la durée vocalique, ceux caractérisant les occurrences des voyelles /i/ et /a/ sont de faible ou très faible amplitude alors que ceux caractérisant les occurrences de la voyelle /u/ présentent une amplitude plus marquée pour les cinq sujets du groupe expérimental, peu importe le moment d'enregistrement.⁴⁵ De plus, pour un individu parkinsonien, l'amplitude des mouvements formantiques diminue après thérapie tandis que pour les autres, elle est semblable avant et après thérapie ou variable (augmentation et diminution selon la classe vocalique). Ainsi, la classe /u/ serait la seule qui présenterait des changements spectraux suffisamment notables chez tous les patients parkinsoniens avant comme après LSVT® et aucune tendance franche n'a été relevée lorsque les amplitudes de changements spectraux avant et après l'intervention orthophonique étaient comparées.

4.3 Comparaisons entre les mesures avant traitement et celles après traitement du groupe expérimental

Tableau 11 : Résultats des tests de Wilcoxon appariant les valeurs de dispersion globale, d'espace vocalique maximal et d'amplitude de mouvement formantique moyen avant traitement à celles après traitement (moyennées aux deux temps de mesure)

Variable indépendante	Variable dépendante	ρ	Z	
Moments d'enregistrement (2 modalités)	Dispersion vocalique - trois classes considérées ensemble	0,0796	-1,75	
	Espace vocalique maximal	0,0431*	-2,02	
	Mouvement formantique moyen en F ₁ et F ₂	a	0,3452	-0,94
		i	0,3452	0,94
		u	0,8927	-0,14
	Mouvement formantique moyen en F ₂ et F ₃	a	0,8927	0,14
		i	0,3452	-0,94
		u	0,8927	0,14

Si selon nos observations, les cibles acoustiques des voyelles semblaient qualitativement plus stables après traitement pour certains des sujets, une analyse statistique menée sur l'ensemble des productions des locuteurs parkinsoniens montre que cette tendance n'est pas statistiquement significative ($\rho > 0,05$; voir Tableau 11).

Nous observons également un contraste entre les trois classes périphériques moins important à la suite de l'intervention orthophonique de ces sujets. La seconde analyse statistique effectuée indique une différence significative ($\rho < 0,05$; voir le Tableau 11), c'est donc dire que la centralisation statique des valeurs formantiques entraînée par cette diminution de contraste après le LSVT® est significative.

⁴⁵ Notez que pour PD3 après traitement, ceux des /a/ étaient toutefois d'amplitude relativement importante.

Enfin, pour ce qui est des amplitudes de mouvement formantique moyen des trois catégories vocaliques, les portraits des locuteurs de la section précédente n'ont pas mis de l'avant des différences marquées avant et après traitement au cours de la durée des voyelles. Cette absence de diminution ou d'augmentation marquée d'amplitude après l'intervention a été confirmée par une dernière série de tests de Wilcoxon, qui ne met en lumière aucune différence significative entre les valeurs des patients avant la thérapie et celles après la thérapie ($p > 0,05$, voir Tableau 11).

En résumé, les tests statistiques effectués ont montré une diminution significative de l'espace vocalique maximal après le traitement. Ainsi, étonnamment, les locuteurs parkinsoniens pourraient utiliser leur espace articulatoire de façon plus restreinte à la suite de la thérapie orthophonique. Toutefois, si nous considérons les mesures acoustiques de mouvement formantique moyen des trois catégories de voyelles et celles de dispersion vocalique globale, les tests statistiques indiquent des différences non significatives après la thérapie. Par conséquent, les caractéristiques acoustiques des voyelles périphériques produites par les locuteurs parkinsoniens pourraient ne pas être différentes avant et après LSVT®. La signification de ces résultats sera détaillée davantage dans le dernier chapitre.

4.4 Portraits des sujets du groupe contrôle

Cette section dresse les portraits acoustiques dynamiques des productions vocaliques /ɛ/, /a/, /i/ et /u/ des trois locuteurs sains du groupe contrôle. Les sujets normaux montrant aussi une certaine variabilité inter et intralocuteur, nous présentons en premier lieu, tout comme pour le premier groupe, les résultats de ces locuteurs séparément. Les tendances générales qui émanent concernant le comportement acoustique dynamique des locuteurs de ce groupe sont ensuite décrites en fin de section alors que nous proposons en plus une interprétation des données. Pour définir les portraits de chaque participant, nous présentons une série de diagrammes biformantiques F_1/F_2 qui offrent une représentation graphique de la dispersion des classes vocaliques à l'étude et du contraste entre celles-ci à 25 % et à 75 % de la durée des voyelles⁴⁶ et une qui représente les directions et amplitudes de mouvement formantique moyen des trois classes vocaliques.⁴⁷ En outre, nous précisons les portraits de ces sujets grâce à des tableaux fournissant les valeurs de dispersion

⁴⁶ Comme pour les locuteurs du groupe expérimental, les occurrences des sujets sains n'ont pas été différenciées dans les graphiques biformantiques en fonction de leur contexte de production, qui était d'un nombre de six pour chaque voyelle. L'environnement consonantique influençant les fréquences formantiques des voyelles, au cœur de l'état stable et pendant l'établissement et la queue de celles-ci (Hillenbrand et coll., 2001; Stevens et House, 1963), cela explique pourquoi nous observons, chez ces locuteurs, certains effets de contexte consonantique aux deux temps de mesure, notamment pour /a/ et /u/, qui se différencient entre autres par le lieu d'articulation de la consonne précédente.

⁴⁷ Notez que plusieurs graphiques complétant ou précisant les portraits des productions des patients normaux ont été placés à l'Annexe 3, entre autres tous diagrammes biformantiques F_2/F_3 de même que des diagrammes biformantiques F_1/F_2 offrant une meilleure représentation de l'espace vocalique maximal de chaque sujet.

vocalique et d'espace vocalique maximal aux deux temps de mesure ainsi que celles d'amplitude de mouvement formantique moyen en F_1 et F_2 et en F_2 et F_3 de 25 % à 75 % de la durée vocalique.⁴⁸

4.4.1 Premier locuteur : SPD1⁴⁹

4.4.1.1 Dispersion vocalique

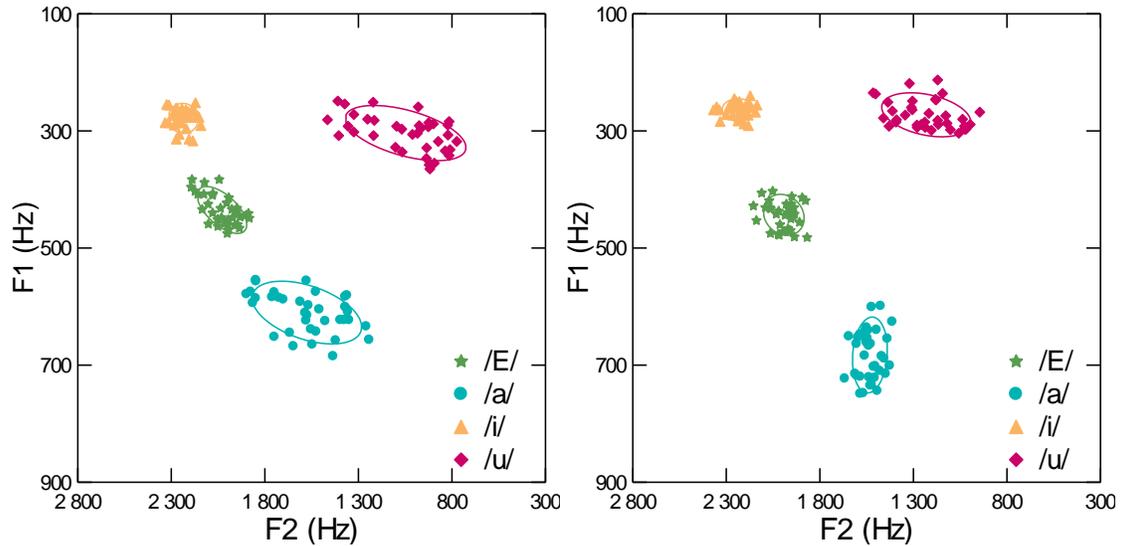


Figure 16 : Diagrammes biformantiques F_1/F_2 (en Hz) présentant les valeurs formantiques de toutes les occurrences analysées à 25 % de la durée vocalique (à gauche) et à 75 % (à droite) pour le locuteur SPD1 regroupées en fonction des quatre classes vocaliques

Tableau 12 : Tableau des valeurs (en Bark) de dispersion vocalique selon l'espace tridimensionnel $F_1/F_2/F_3$ à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur SPD1

SPD1	25 %				75 %			
	/a/	/i/	/u/	/ε/	/a/	/i/	/u/	/ε/
Dispersion vocalique	0,75073	0,32852	1,09252	0,37973	0,42859	0,25967	0,77058	0,32188

Tel que l'illustre la Figure 16, qui présente l'organisation des classes vocaliques /ε/, /a/, /i/ et /u/ à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur SPD1 dans l'espace F_1/F_2 , et le Tableau 12, dans lequel figurent les valeurs de dispersion vocalique dans l'espace tridimensionnel $F_1/F_2/F_3$ à 25 % et à 75 % de la durée des voyelles de ce locuteur, la dispersion des quatre classes vocaliques, particulièrement celles de /a/ et de /u/, est moindre à 75 % de la durée des voyelles.

⁴⁸ Pour comprendre pourquoi les valeurs formantiques des graphiques et celles des différents paramètres utilisés ne sont pas présentées selon la même unité, nous référons le lecteur à la note 42.

⁴⁹ SPD signifie « sans Parkinson's disease ».

4.4.1.2 Espace vocalique maximale⁵⁰

En comparant les valeurs d'espace vocalique maximal à 25 % et à 75 % de la durée vocalique présentées dans le Tableau 13, nous remarquons que ces dernières sont presque identiques au premier et au deuxième temps de mesure, quoi qu'elle soit légèrement plus importante à 75 %. Or, la Figure 38 de l'Annexe 3 indique que, bien que d'ampleur semblable, les espaces vocaux maximaux à 25 % et à 75 % sont différents.

Tableau 13 : Tableau des valeurs (en Bark) de l'espace vocalique maximal à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur SPD1

SPD1	25 %	75 %
Espace vocalique maximal	7,29371	7,33644

4.4.1.3 Mouvement formantique moyen

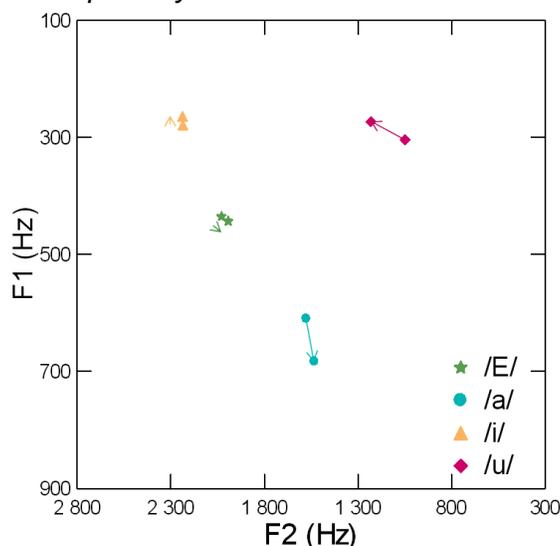


Figure 17 : Diagramme biformantique F₁/F₂ (en Hz) présentant le mouvement formantique moyen des occurrences des classes vocales /ε/, /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % (où la flèche pointe) de la durée vocalique pour le locuteur SPD1

La Figure 17, qui illustre les trajectoires formantiques moyennes des classes vocales /ε/, /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % de la durée vocalique, et le Tableau 14, présentant les valeurs d'amplitude de mouvement formantique moyen en F₁ et F₂ et en F₂ et F₃ des quatre mêmes catégories vocales de 25 % à 75 % de la durée vocalique, nous permettent de constater que les amplitudes de mouvement formantique moyen des classes vocales /i/ et /ε/ de ce locuteur sont très faibles tandis que celles des classes /u/ et /a/ sont plus marquées. Aucune différence majeure ne semble émerger entre les plans F₁/F₂ et F₂/F₃, excepté pour la

⁵⁰ Afin que les espaces vocaux maximaux des locuteurs sains soient comparables à ceux des sujets parkinsoniens, le calcul d'aire devait être le même. Ainsi, bien que l'aire du quadrilatère formé en ses sommets par les valeurs formantiques moyennes des voyelles /ε/, /a/, /i/ et /u/ aurait pu être calculé pour les participants du groupe contrôle, nous avons plutôt calculé, de la même façon que pour les patients parkinsoniens, l'aire du triangle dont les sommets sont les valeurs formantiques moyennes des classes vocales périphériques /i/, /a/ et /u/ pour ces derniers

classe /a/ qui actualise une amplitude moins importante dans le plan F_2/F_3 . De plus, nous remarquons une centralisation des valeurs formantiques des occurrences de /u/, un déplacement vers la périphérie des occurrences de /i/ et de /a/, très léger pour /i/, et une ouverture, presque négligeable, des valeurs formantiques de /ɛ/.

Tableau 14 : Tableau des valeurs (en Bark) d'amplitude de mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % de la durée vocalique du locuteur SPD1

SPD1	/a/	/i/	/u/	/ɛ/
Amplitude du mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % en F_1 et F_2	0,57877	0,15458	1,09075	0,14140
Amplitude du mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % en F_2 et F_3	0,16446	0,09509	1,04737	0,15016

En résumé, pour SPD1 :

- la dispersion des quatre classes vocaliques diminue de 25 % à 75 % de la durée des voyelles, parfois de façon plus marquée pour certaines catégories, notamment celles de /a/ et de /u/;
- l'espace vocalique maximal est à peine plus important à 75 % de la durée des voyelles qu'à 25 %;
- les amplitudes des changements spectraux moyens en F_1 et F_2 et en F_2 et F_3 de /i/ et de /ɛ/ sont minimales alors que celles de /a/ (seulement en F_1 et F_2) et de /u/ sont étendues;
- trois classes vocaliques affichent un déplacement des valeurs formantiques vers la périphérie, parfois très léger selon la voyelle, et une, celle des /u/, une centralisation.

4.4.2 Deuxième locuteur : SPD2

4.4.2.1 Dispersion vocalique

À l'inspection des graphiques biformantiques de la Figure 18, qui présentent l'organisation des classes vocaliques /ɛ/, /a/, /i/ et /u/ à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur SPD2 dans l'espace F_1/F_2 , nous constatons une forte diminution de la dispersion de 25 % à 75 % de la durée des voyelles pour toutes les classes vocaliques, les dispersions vocaliques au deuxième temps de mesure étant particulièrement faibles. Les valeurs de dispersion vocalique dans l'espace tridimensionnel $F_1/F_2/F_3$ à 25 % et à 75 % de la durée des voyelles du locuteur SPD2 figurant dans le Tableau 15 montrent également que les voyelles tendent à moins se disperser à 75 % de la durée vocalique qu'à 25 %.

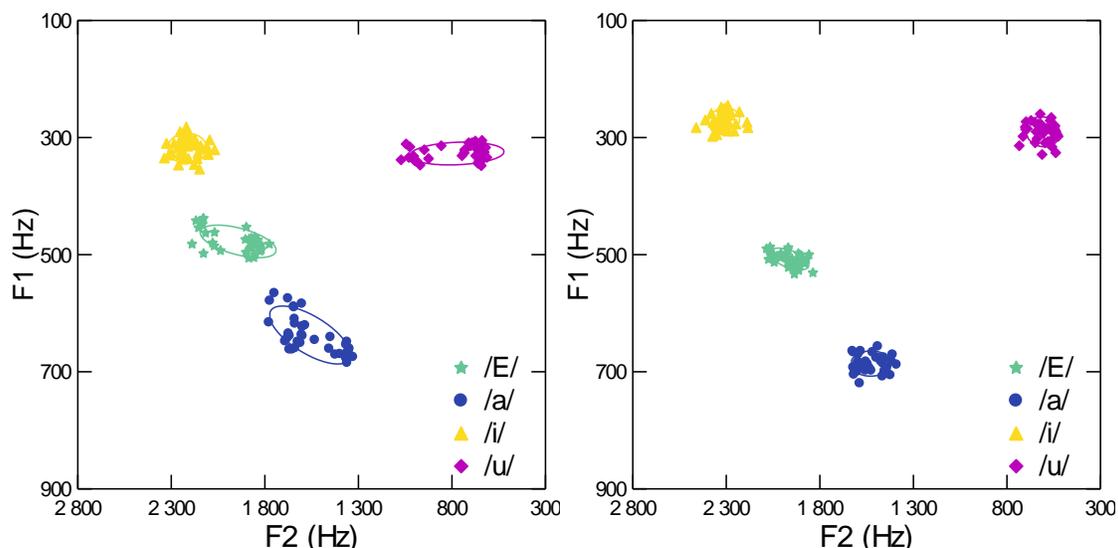


Figure 18 : Diagrammes bifonématiques F_1/F_2 (en Hz) présentant les valeurs formantiques de toutes les occurrences analysées à 25 % de la durée vocalique (à gauche) et à 75 % (à droite) pour le locuteur SPD2 regroupées en fonction des quatre classes vocaliques

Tableau 15 : Tableau des valeurs (en Bark) de dispersion vocalique selon l'espace tridimensionnel $F_1/F_2/F_3$ à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur SPD2

SPD2	25 %				75 %			
	/a/	/i/	/u/	/ε/	/a/	/i/	/u/	/ε/
Dispersion vocalique	0,69317	0,44581	1,03162	0,45355	0,36530	0,43738	0,53269	0,25535

4.4.2.2 Espace vocalique maximal

Grâce à la comparaison des valeurs d'espace vocalique maximal à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du Tableau 16, nous remarquons que l'étendue de l'espace vocalique maximal augmente en cours d'émission de voyelles, ce dernier étant davantage restreint à 25 % de la durée des voyelles qu'à 75 %.

Tableau 16 : Tableau des valeurs (en Bark) de l'espace vocalique maximal à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur SPD2

SPD2	25 %	75 %
Espace vocalique maximal	9,37068	14,81015

4.4.2.3 Mouvement formantique moyen

La Figure 19 offre une représentation graphique des amplitudes et des directions des mouvements formantiques moyens des classes vocaliques /ε/, /a/, /i/ et /u/ en F_1 et F_2 de 25 % à 75 % de la durée vocalique du locuteur SPD2. Cette figure indique que les amplitudes des changements spectraux en F_1 et F_2 sont considérables pour les trois catégories périphériques, mais moindre pour la catégorie /ε/. Le Tableau 17, qui présente les valeurs d'amplitude de mouvement formantique moyen des quatre catégories vocaliques à l'étude de 25 % à 75 % de la durée vocalique du même locuteur, révèle une tendance semblable, mais

également que les amplitudes des changements spectraux des voyelles dans le plan F_2/F_3 sont peu importantes, sauf celle de /u/. En outre, ce locuteur affiche un déplacement vers la périphérie plutôt marqué des valeurs formantiques de toutes les classes vocaliques à l'étude, c'est donc ce qui expliquerait pourquoi son espace vocalique maximal est moins restreint à 75 % de la durée vocalique qu'à 25 %.

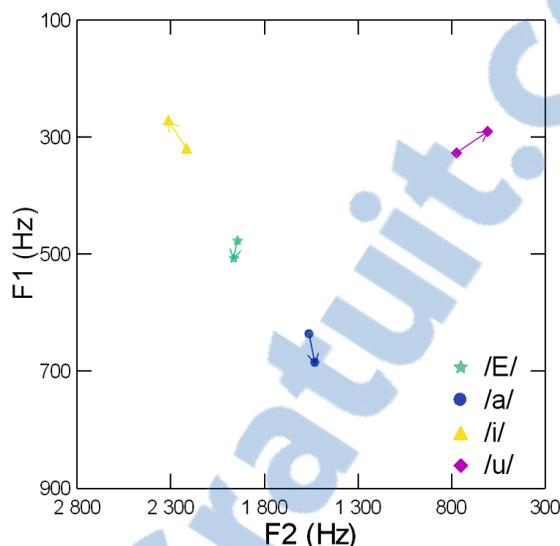


Figure 19 : Diagramme bifonctique F_1/F_2 (en Hz) présentant le mouvement formantique moyen des occurrences des classes vocaliques / ϵ /, /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % (où la flèche pointe) de la durée vocalique pour le locuteur SPD2

Tableau 17 : Tableau des valeurs (en Bark) d'amplitude de mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % de la durée vocalique du locuteur SPD2

SPD2	/a/	/i/	/u/	/ ϵ /
Amplitude du mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % en F_1 et F_2	0,39344	0,56902	1,23875	0,27551
Amplitude du mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % en F_2 et F_3	0,19587	0,31787	1,18420	0,10102

En résumé, pour SPD2 :

- la dispersion vocalique des / ϵ /, des /a/, des /i/ et des /u/ diminue de 25 % à 75 % de la durée des voyelles;
- le contraste entre les trois voyelles périphériques augmente de 25 % à 75 % de la durée des voyelles;
- les voyelles, en particulier /a/, /i/ et /u/, sont caractérisées par des changements spectraux étendus en F_1 et F_2 , mais faibles en F_2 et F_3 , à l'exception de /u/;
- et la direction des mouvements formantiques moyens est la même pour toutes les classes vocaliques étudiées, c'est-à-dire que ces dernières se dirigent toutes vers la périphérie.

4.4.3 Troisième locuteur : SPD3

4.4.3.1 Dispersion vocalique

L'organisation des classes vocaliques / ϵ /, / a /, / i / et / u / à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur SPD3 dans l'espace F_1/F_2 est représentée dans les graphiques biformantiques de la Figure 20. Tel que le démontrent ces derniers, la dispersion en F_1 et F_2 varie dépendamment de la classe vocalique en question. Le Tableau 18, qui présente les valeurs de dispersion vocalique dans l'espace tridimensionnel $F_1/F_2/F_3$ à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur SPD3, confirme cette observation : les valeurs de dispersion des classes / ϵ /, / i / et / u / sont semblables à 25 % et à 75 % de la durée des voyelles, parfois à peine plus importantes, parfois à peine plus faibles, et il y a diminution plus marquée de la dispersion du premier au deuxième temps de mesure pour la classe vocalique / a /.

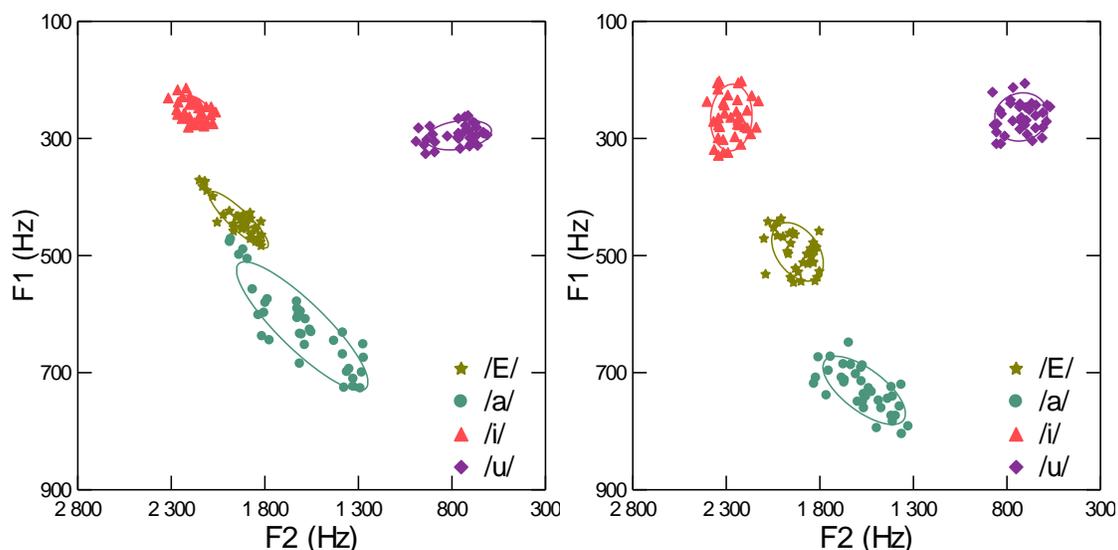


Figure 20 : Diagrammes biformantiques F_1/F_2 (en Hz) présentant les valeurs formantiques de toutes les occurrences analysées à 25 % de la durée vocalique (à gauche) et à 75 % (à droite) pour le locuteur SPD3 regroupées en fonction des quatre classes vocaliques

Tableau 18 : Tableau des valeurs (en Bark) de dispersion vocalique selon l'espace tridimensionnel $F_1/F_2/F_3$ à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur SPD3

SPD3	25 %				75 %			
	/a/	/i/	/u/	/ ϵ /	/a/	/i/	/u/	/ ϵ /
Dispersion vocalique	1,01204	0,38571	0,71072	0,48808	0,63209	0,49943	0,70137	0,44135

4.4.3.2 Espace vocalique maximal

Le Tableau 19 fournissant les valeurs d'espace vocalique maximal à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur SPD3 montre que le contraste entre les voyelles périphériques étudiées est davantage important au deuxième instant mesuré qu'au premier.

Tableau 19 : Tableau des valeurs (en Bark) de l'espace vocalique maximal à 25 % et à 75 % de la durée vocalique du locuteur SPD3

SPD3	25 %	75 %
Espace vocalique maximal	10,68994	14,69397

4.4.3.3 Mouvement formantique moyen

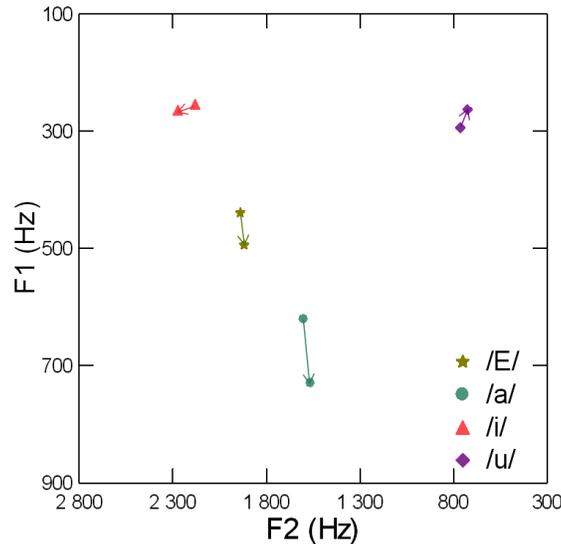


Figure 21 : Diagramme bifonnantique F₁/F₂ (en Hz) présentant le mouvement formantique moyen des occurrences des classes vocaliques /ε/, /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % (où la flèche pointe) de la durée vocalique pour le locuteur SPD3

Tableau 20 : Tableau des valeurs (en Bark) d'amplitude de mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % de la durée vocalique du locuteur SPD3

SPD3	/a/	/i/	/u/	/ε/
Amplitude du mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % en F ₁ et F ₂	0,85054	0,29957	0,42019	0,49452
Amplitude du mouvement formantique moyen de 25 % à 75 % en F ₂ et F ₃	0,13488	0,27904	0,28645	0,06846

La Figure 21, illustrant les amplitudes et les directions des mouvements formantiques moyens des classes vocaliques /ε/, /a/, /i/ et /u/ en F₁ et F₂ de 25 % à 75 % de la durée vocalique du locuteur SPD3, nous permet de constater que les changements spectraux moyens sont de faible amplitude pour /i/ et /u/, mais de plus forte amplitude pour /ε/ et /a/. C'est également ce qu'indiquent les valeurs d'amplitude de mouvement formantique moyen des quatre catégories vocaliques de 25 % à 75 % de la durée vocalique figurant dans le Tableau 20, en plus de montrer que les changements spectraux moyens des quatre classes vocaliques en F₂ et F₃ sont négligeables. Par ailleurs, il semble que les voyelles tendent à se distancer l'une de l'autre au cours de leur émission, chacune se dirigeant vers la périphérie. Un tel mouvement formantique vers la périphérie pourrait

être responsable de l'augmentation du contraste entre les trois voyelles périphériques de 25 % à 75 % de la durée vocalique observée chez ce locuteur.

En résumé, pour SPD3 :

- mis à part la dispersion de la classe vocalique /a/ qui diminue de 25 % à 75 % de la durée des voyelles, les dispersions vocaliques des autres classes sont similaires au premier et au deuxième temps de mesure;
- l'espace vocalique maximal augmente de 25 % à 75 % de la durée vocalique;
- les amplitudes des mouvements formantiques moyens en F_1 et F_2 et en F_2 et F_3 de /ɛ/, de /a/, de /i/ et de /u/ sont généralement faibles, excepté celles de /a/ et de /ɛ/ en F_1 et F_2 ;
- les quatre classes vocaliques à l'étude affichent un déplacement vers la périphérie dans le plan F_1 et F_2 .

4.4.4 Portrait général des trois sujets sains

Une grande variabilité intersujet caractérise le groupe contrôle. En effet, d'une part, si la dispersion des quatre classes vocaliques à l'étude a tendance à diminuer entre les deux temps de mesure pour deux locuteurs, SPD1 et SPD2, pour l'autre participant, SPD3, nous n'observons une diminution de la dispersion de 25 % à 75 % de la durée vocalique que pour /a/, les valeurs de dispersion des trois autres classes vocaliques étant semblables à 25 % et à 75 %. D'autre part, si l'espace vocalique maximal de deux locuteurs (SPD2 et SPD3) est nettement plus étendu à 75 % de la durée des voyelles qu'à 25 %, celui du troisième (SPD1) montre une augmentation négligeable de 25 % à 75 % de la durée des voyelles. Certaines différences subsistent même entre les locuteurs par rapport aux amplitudes de mouvement formantique moyen, ces dernières variant selon la classe vocalique. Par exemple, les voyelles /a/ et /u/ de SPD1 actualisent des changements spectraux en F_1 et F_2 considérables alors que ceux en F_1 et F_2 de ses /i/ et de ses /ɛ/ de même que ceux en F_2 et F_3 de ses /i/, de ses /ɛ/ et de ses /a/ sont faibles. Les trajectoires de SPD2, quant à elles, sont importantes en F_1 et F_2 pour les classes vocaliques /a/, /i/ et /u/, mais faibles en F_2 et F_3 , excepté celles pour /u/. Enfin, seules les classes /a/ et /ɛ/ de SPD3 actualisent des mouvements formantiques moyens en F_1 et F_2 étendus, /i/ et /u/ en F_1 et F_2 et toutes les voyelles en F_2 et F_3 en actualisant de plus petits. Cependant, les catégories vocaliques des trois sujets sont caractérisées par des changements spectraux en F_1 et F_2 orientés vers la périphérie, excepté la classe vocalique /u/ du participant SPD1 qui affiche une centralisation des valeurs formantiques.

Chez ces sujets, la tendance générale à la diminution de la dispersion vocalique de 25 % à 75 % de la durée des voyelles signifie que la variation intra-individuelle entre les productions appartenant à une même classe vocalique est moins importante près de la queue des voyelles que près de l'établissement. De plus, le

contraste entre les voyelles périphériques /a/, /i/ et /u/ tend à augmenter de 25 % à 75 % chez ces participants, ce qui suggère que les valeurs formantiques s'éloignent en moyenne l'une de l'autre de 25 % à 75 %. L'observation des graphiques illustrant les changements spectraux moyens caractérisant les classes vocaliques permet de constater cet éloignement des valeurs formantiques puisque les catégories vocaliques de tous les sujets affichent un déplacement vers la périphérie, excepté la classe des /u/ de SPD1, chez qui, rappelons-le, l'augmentation du contraste est négligeable. Les valeurs formantiques semblent donc tendre à se distinguer les unes des autres en cours d'émission de voyelles chez ces locuteurs. Enfin, les données confirment la présence de mouvements formantiques moyens de 25 % à 75 % de la durée vocalique caractérisant les voyelles produites par les participants du groupe contrôle.

4.5 Comparaisons entre les mesures du groupe expérimental (avant traitement) et celles du groupe contrôle

Les résultats des analyses comparatives auxquelles nous avons procédé pour répondre à notre dernier objectif sont rapportés dans cette dernière section. Précisons qu'étant donné que très peu de changements significatifs par rapport aux mesures dont nous avons tenu compte pour caractériser acoustiquement les portraits des locuteurs parkinsoniens avaient été constatés à la suite du LSVT®, nous avons jugé suffisant de comparer uniquement les paramètres du groupe contrôle avec ceux du groupe expérimental avant traitement plutôt qu'avec ceux avant et après traitement du groupe expérimental.

En ce qui a trait à la dispersion vocalique des classes périphériques, nous avons vérifié s'il existait une différence significative entre les valeurs de dispersion globale des locuteurs parkinsoniens et celles des locuteurs normaux, moyennées à 25 % et à 75 %, grâce à un test de Mann-Whitney. Ce dernier indique qu'elles ne diffèrent pas statistiquement entre les deux groupes ($p > 0,05$, voir valeurs de p du Tableau 21).⁵¹ Par ailleurs, lorsque nous observons la dispersion vocalique des classes périphériques de 25 % à 75 % de la durée vocalique, nous constatons que celle-ci diminue généralement pour les sujets des deux groupes.

Pour ce qui est de l'espace vocalique maximal, le test de Mann-Whitney que nous avons effectué ne nous a pas permis de conclure que le seuil de significativité a été atteint puisque $p > 0,05$ (voir Tableau 21) : les tailles d'espace vocalique maximal (tous points de mesure confondus) ne diffèrent donc pas significativement en fonction du groupe de participants. Une différence significative montrant un espace vocalique limité chez les patients parkinsoniens était toutefois attendue, cela ayant témoigné d'une utilisation plus restreinte de leur

⁵¹ C'est le cas également lorsque nous excluons les valeurs de dispersion globale du locuteur PD1, pour qui la dispersion de la classe vocalique /u/ a été calculée dans l'espace bidimensionnel F_1/F_2 et non dans l'espace tridimensionnel $F_1/F_2/F_3$ comme pour les autres sujets ($p = 0,2888$, donc $p > 0,05$).

espace articulatoire en comparaison des sujets sains. En outre, nous remarquons que le contraste entre les classes vocaliques à l'étude tend à diminuer de 25 % à 75 % chez les locuteurs du groupe expérimental alors qu'il tend à augmenter chez les locuteurs du groupe contrôle.

Concernant les mouvements formantiques moyens de 25 % à 75 % de la durée vocalique caractérisant les voyelles périphériques des participants, ceux-ci se ressemblent entre les deux groupes en termes d'amplitude, mais différent en termes de direction. Tant pour les sujets parkinsoniens que pour les sujets contrôles, l'importance de l'amplitude dépend de la voyelle et du locuteur. Tel que le démontrent les valeurs du Tableau 21, la seule différence entre les deux groupes qui s'est avérée significative dans la dernière série de tests de Mann-Whitney concerne l'amplitude des changements spectraux moyens en F_1 et F_2 de la classe /a/ ($p < 0,05$). Toutefois, entre les deux groupes, la direction des trajectoires est inverse pour les voyelles /i/ et /u/ et contraire ou semblable pour /a/. Tandis que la voyelle /i/, mais surtout la voyelle /u/ des patients parkinsoniens dysarthriques affichent une centralisation de leurs valeurs formantiques, les /i/ et les /u/ des sujets sains affichent un déplacement vers la périphérie (mis à part les /u/ de SPD1). La classe vocalique /a/ actualise, quant à elle, des changements spectraux orientés vers la périphérie pour les trois locuteurs contrôles, mais des changements spectraux orientés autant vers la périphérie que vers le centre du système vocalique chez les participants atteints de la maladie de Parkinson.

Tableau 21 : Résultats des tests de Mann-Whitney dans lesquels sont comparées les valeurs de dispersion globale, d'espace vocalique maximal et d'amplitude des changements spectraux moyens de chaque classe vocalique des locuteurs contrôles et celles des locuteurs parkinsoniens avant traitement

Variable indépendante	Variable dépendante	p	
Groupes (2 modalités)	Dispersion vocalique – trois classes considérées ensemble	0,1797	
	Espace vocalique maximal	0,0526	
	Mouvement formantique moyen en F_1 et F_2	a	0,0254*
		i	0,1011
		u	0,4561
	Mouvement formantique moyen en F_2 et F_3	a	0,8815
		i	0,2967
		u	0,4561

Il est vrai qu'aucune valeur des mesures moyennées à 25 % et à 75 % de la durée des voyelles ne différait significativement entre les deux groupes, mais quelques différences majeures ont tout de même été mises en relief. En effet, alors que nous observons en général une centralisation des valeurs formantiques des voyelles des patients parkinsoniens, particulièrement des fréquences formantiques de /u/, nous observons plutôt un déplacement vers la périphérie des voyelles des participants sains, plus ou moins important dépendamment

du locuteur et de la voyelle. Cette centralisation chez les premiers locuteurs occasionne une diminution du contraste entre les trois voyelles périphériques de 25 % à 75 % de la durée vocalique. À l'inverse, le déplacement vers la périphérie chez les individus normaux fait en sorte que la taille de leur espace vocalique maximal augmente en cours de production. De plus, la voyelle /a/, mais pas les deux autres, actualise des changements spectraux moyens d'amplitude significativement différente entre les deux groupes. Ainsi, les résultats de cette étude acoustique exploratoire permettent d'avancer que quelques caractéristiques acoustiques dynamiques des locuteurs parkinsoniens dysarthriques semblent se distinguer de celles des locuteurs ne présentant aucun trouble de la parole connu. La signification de ces résultats sera détaillée davantage dans le chapitre qui suit.

Chapitre 5 Discussion et conclusion

L'articulation est une composante de la production de la parole fréquemment altérée chez les patients atteints de la maladie de Parkinson et présentant une dysarthrie hypokinétique. Dans le cadre de ce mémoire, nous nous sommes intéressés à cette altération, plus précisément aux caractéristiques acoustiques vocaliques d'individus parkinsoniens ayant une parole dysarthrique. L'utilisation d'un paradigme d'analyse qui tient compte de l'évolution temporelle de différents indices acoustiques s'est avérée efficace pour la caractérisation de voyelles produites par des locuteurs ayant une parole dite normale (Andruski et Nearey, 1992; Arnaud et coll., 2011; Hillenbrand et coll., 1995, 2001; Nearey et Assmann, 1986, etc.). Conséquemment, nous nous sommes demandé si l'utilisation d'un tel paradigme pourrait également enrichir la description acoustique de voyelles produites par des locuteurs parkinsoniens dysarthriques et bonifier la compréhension de l'atteinte articulatoire consécutée à la dysarthrie de ces derniers. Dans cette recherche exploratoire, nous cherchions donc à répondre aux deux sous-objectifs de recherche suivants : a) déterminer si les caractéristiques acoustiques vocaliques de sujets parkinsoniens dysarthriques sont différentes après qu'ils aient bénéficié d'un traitement orthophonique, le LSVT®, et b) déterminer si les caractéristiques acoustiques vocaliques de ces individus et celles de participants sains présentent des différences notables d'un point de vue dynamique. Pour ce faire, un corpus de phrases porteuses lues par cinq sujets parkinsoniens présentant une dysarthrie hypokinétique, francophones, de sexe masculin et relativement âgés ainsi qu'un corpus de phrases porteuses lues par trois sujets présentant les mêmes caractéristiques, mais n'ayant aucun trouble neurologique et aucun trouble de la parole connus ont été mis à profit, le premier ayant été récolté par Martel Sauvageau et coll. (2015). Les occurrences vocaliques produites par les patients parkinsoniens dysarthriques appartenaient aux classes phonémiques /a/, /i/ et /u/ et celles produites par les locuteurs dits normaux appartenaient aux classes /a/, /i/, /ɛ/ et /u/. Les trois premiers formants de chaque occurrence ont été relevés à 25 % et à 75 % de leur durée afin que la dispersion vocalique et l'espace vocalique maximal à 25 % et à 75 % de la durée vocalique de même que le mouvement formantique moyen de chaque classe vocalique de 25 % à 75 % de la durée des voyelles soient quantifiés. Les deux premières sous-sections de ce chapitre synthétisent les résultats de cette recherche en les liant à ceux des études antérieures. La sous-section subséquente est consacrée aux limites de cette étude ainsi qu'aux perspectives de recherche que celle-ci appelle. Enfin, dans la dernière section, les conclusions générales de ce mémoire sont exposées.

5.1 Discussion

5.1.1 Comparaisons entre les mesures avant traitement et celles après traitement du groupe expérimental

Tel que mentionné, la présente étude visait d'une part à déterminer si les caractéristiques acoustiques vocaliques de sujets parkinsoniens dysarthriques diffèrent avant et après le LSVT®. Sapir et coll. (2007, 2010), Wenke et coll. (2010) et Martel Sauvageau et coll. (2015) ont étudié les effets de ce traitement orthophonique sur l'articulation de locuteurs dysarthriques en considérant diverses mesures acoustiques. Sapir et coll. (2007) ont relevé les deux premiers formants des voyelles /a/, /i/ et /u/ moyennés à partir d'une section de 30 ms centrée à 50 % de la durée vocalique pour ensuite calculer la différence entre le F_1 et le F_2 pour chaque voyelle, le ratio F_2/F_1 de chaque voyelle, le ratio F_2/F_{2u} ainsi que l'espace vocalique maximal chez des individus parkinsoniens dysarthriques. Leurs résultats ont indiqué que seules les valeurs de ratio F_2/F_{2u} et de F_2 de /u/ étaient significativement différentes après le LSVT®, ces dernières allant dans le sens des valeurs dites normales. Dans une étude subséquente, Sapir et coll. (2010) ont comparé les valeurs de ratio F_2/F_{2u} et celles de divers paramètres rendant compte du contraste entre les voyelles /a/, /i/ et /u/ (ratio de centralisation de formants, espace vocalique maximal, espace vocalique maximal calculé à partir d'une échelle logarithmique) de patients parkinsoniens dysarthriques avant et après le LSVT®. Ils ont montré que le ratio F_2/F_{2u} était significativement plus faible après l'intervention orthophonique et que le contraste entre les trois classes vocaliques périphériques était significativement agrandi après la thérapie orthophonique, peu importe la mesure exploitée. La taille de l'effet était cependant plus importante pour le ratio de centralisation de formants. Wenke et coll. (2010), quant à eux, n'ont relevé aucune différence significative après le LSVT® en ce qui a trait aux valeurs des deux premiers formants de /a/, /i/, /u/ et /æ/ moyennés à partir d'une section de 30 ms centrée à 50 % de la durée des voyelles chez des locuteurs présentant une dysarthrie caractérisée par une atteinte respiratoire/phonatoire. Toutefois, l'espace vocalique maximal de ces participants, délimité par les quatre voyelles à l'étude, présentait une augmentation significative après le traitement orthophonique. Enfin, le relevé des deux premiers formants des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ moyennés à partir d'une section de 25 ms centrée au pont milieu de l'état stable des voyelles a permis à Martel Sauvageau et coll. (2015) de calculer l'espace vocalique maximal de sujets parkinsoniens francophones présentant une dysarthrie hypokinétique. Selon leurs résultats, l'espace vocalique maximal de ces individus est significativement plus étendu après le LSVT®. Tous ces changements acoustiques témoignent, d'après ces auteurs, de l'amélioration de l'articulation vocalique de locuteurs dysarthriques à la suite du LSVT®.

À l'instar des chercheurs mentionnés ci-dessus, nous avons exploité le paramètre d'espace vocalique maximal. Toutefois, plutôt que de le calculer à partir des valeurs formantiques moyennes des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ relevées à 50 % de la durée des voyelles ou au point milieu de leur état stable, nous

l'avons calculé à partir de celles relevées à 25 % et à 75 % de leur durée. Nos analyses comparatives, qui ont porté sur les valeurs d'espace vocalique maximal moyennées aux deux temps de mesure (voir section 4.3), ont montré que le contraste vocalique des participants parkinsoniens dysarthriques est significativement réduit à la suite du LSVT®. Cela signifie que ces locuteurs utilisent un espace articulaire moins étendu pour produire leurs voyelles après la thérapie. Ce résultat semble ainsi suggérer que les caractéristiques acoustiques de voyelles périphériques des patients parkinsoniens dysarthriques ne se seraient pas améliorées après le LSVT® et que des difficultés subsisteraient et seraient plus marquées malgré le traitement orthophonique, ce qui est opposé à ce qu'avaient conclu Sapir et coll. (2007, 2010), Wenke et coll. (2010) et Martel Sauvageau et coll. (2015). Que notre résultat soit inverse à celui de ces quatre études pourrait être expliqué par les différences entre la méthodologie adoptée dans cette contribution et celle adoptée dans les quatre études citées ci-haut. En effet, le fait que la tâche sélectionnée et la procédure de notre étude diffèrent de celles des recherches antérieures pourrait être à l'origine des différences de résultats entre les études. Les candidats des travaux de Sapir et coll. (2010), Wenke et coll. (2010) et Martel Sauvageau et coll. (2015) ont effectué respectivement des tâches de lecture de phrases non porteuses, de lecture de mots isolés et de lecture de texte, et ce, selon des procédures distinctes. La tâche sélectionnée dans notre recherche en est une de lecture de phrases porteuses; la même phrase porteuse a été répétée de nombreuses fois dans les 12 enregistrements différents (deux avant, sept pendant et trois après traitement) et l'ordre de présentation des phrases était le même d'un enregistrement à l'autre. De ce fait, la tâche et la procédure de notre contribution ont pu engendrer un effet d'entraînement au corpus, effet qui a pu affecter négativement l'articulation des locuteurs participant à cette recherche. Cet effet d'entraînement n'aurait pas été constaté ou aurait été moindre dans les études antérieures étant donné que les tâches utilisées par les auteurs dans ces études ne demandent pas la répétition d'une même phrase à plusieurs reprises. En outre, il se pourrait que le paramètre acoustique d'espace vocalique maximal soit imparfait pour relever des changements après le LSVT® lorsqu'il est calculé à partir de valeurs relevées en des temps de mesure différents de ceux communément utilisés (25 % et 75 % de la durée vocalique au lieu de 50 % de la durée vocalique) et que les comparaisons portent sur les valeurs de ce paramètre moyennées à ces temps de mesure.

Les résultats en lien avec les mesures acoustiques non exploitées dans les études précédant celle-ci, soit la dispersion vocalique globale, calculée à 25 % et à 75 % de la durée vocalique, de même que l'amplitude et la direction des mouvements formantiques moyens des voyelles /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % de leur durée, mettent, quant à eux, en évidence une autre interprétation. D'une part, pour ce qui est de la dispersion vocalique globale, nos analyses statistiques n'ont révélé aucune différence significative entre les valeurs de cette mesure, moyennées à 25 % et à 75 % de la durée vocalique, avant traitement et celles après traitement. Plus précisément, d'après nos observations, une tendance générale ne semblait pas émaner; pour deux sujets, la dispersion vocalique globale diminuait après la thérapie, suggérant qu'ils réalisaient leurs voyelles de

manière plus stable à la suite de l'intervention, tandis que pour les trois autres, la dispersion vocalique était semblable avant et après le traitement ou variait selon la voyelle. Ainsi, la non-atteinte du seuil de significativité relevée est probablement attribuable à cette absence de tendance générale, qui, elle, pourrait être conséquente, du moins en partie, à l'effectif réduit de l'échantillon. Des analyses statistiques complémentaires, dans lesquelles nous avons comparé les valeurs moyennées (à 25 % et à 75 % de la durée des voyelles) de dispersion de chacune des trois classes vocaliques avant thérapie avec celles après thérapie, ont indiqué que seule la dispersion vocalique de la classe /u/ actualise une diminution significative après le traitement ($p < 0,05$; voir le Tableau 27 de l'Annexe 2). Ce résultat suggère que cette voyelle pourrait être produite de façon plus stable ou précise après le LSVT®. L'amélioration à la suite du traitement pourrait donc ne pas impliquer toutes les voyelles, mais être spécifique à une ou à certaines d'entre elles, par exemple les plus atteintes. Selon Rusz et coll. (2013 : 2179), conséquemment à la dysarthrie hypokinétique, la voyelle /u/ serait plus affectée que les voyelles /i/ et /a/, et ce, même si le trouble moteur de la parole du locuteur parkinsonien est jugé léger. De ce fait, si le LSVT® permet d'atteindre un même niveau de récupération pour toutes les voyelles, mais qu'une des voyelles est plus atteinte au départ, en l'occurrence /u/, son amélioration sera plus importante que celle des autres après le traitement, ce qui peut expliquer pourquoi la différence ne se révèle significative que pour cette voyelle à la suite de la thérapie orthophonique. À ce sujet, Sapir et coll. (2007) ont montré que le F_2 moyen des /u/ d'individus parkinsoniens anglophones présentant une dysarthrie hypokinétique différait statistiquement suite au LSVT®, celui-ci diminuant et se rapprochant des valeurs normales, ce qui n'était pas le cas pour les F_1 et F_2 moyens des /i/ ou des /a/.⁵² Par conséquent, ces résultats semblent aussi démontrer que la voyelle /u/ présente des changements positifs notables après le traitement orthophonique et que ces changements sont significativement plus importants que ceux affectant les autres voyelles. Logemann et coll. (1978) ont étudié la fréquence d'occurrence de manifestations sur le plan de la parole et de la voix de 200 patients parkinsoniens et ils se sont entre autres intéressés à l'articulation de consonnes. L'atteinte potentiellement plus marquée de la voyelle postérieure /u/ comparativement aux voyelles antérieures /a/ et /i/ pourrait être mise en lien avec ce qu'ont observé Logemann et coll. (1978) en ce qui a trait à l'articulation de consonnes, soit que l'altération de l'articulation progresserait de l'arrière vers l'avant de la cavité buccale. D'autre part, en ce qui a trait à l'amplitude des mouvements formantiques moyens des trois classes vocaliques périphériques, une absence de différence significative a été constatée après la thérapie orthophonique. De plus, les directions des changements spectraux moyens de ces mêmes classes vocaliques étaient similaires avant et après l'intervention orthophonique. Ainsi, nos résultats pourraient suggérer que si la dynamique spectrale est atteinte avant le LSVT®, celle-ci le demeurerait après le traitement ou à l'inverse, que si elle est non affectée avant le LSVT®, celle-ci le demeurerait à la suite du traitement. Ceci

⁵² Notez que leur comparaison des valeurs de ratio F_{2i}/F_{2u} entre les enregistrements avant et après traitement a, elle aussi, révélé une différence significative.

dit, rappelons que la cible du LSVT® n'est pas l'articulation. Les résultats présentés à la section 5.1.2 aideront à déterminer si, d'un point de vue dynamique, les caractéristiques acoustiques de locuteurs parkinsoniens dysarthriques sont différentes de celles de locuteurs sains, voire atteintes.

En résumé, les résultats en lien avec les mesures non exploitées auparavant (dispersion vocalique globale, dispersion de chacune des classes vocaliques, amplitude et direction des changements spectraux) montrent que les caractéristiques acoustiques des voyelles périphériques produites par les sujets du groupe expérimental ne diffèrent pas significativement après le LSVT®, excepté celles de la classe vocalique /u/, dont la production s'améliorerait après le traitement. Or, le fait que les espaces vocaliques maximaux des locuteurs parkinsoniens dysarthriques participant à cette étude diminuent significativement après l'intervention orthophonique contredit cette interprétation et suggérerait plutôt une détérioration des caractéristiques acoustiques des voyelles périphériques produites par ces patients après la thérapie orthophonique. Les choix méthodologiques pour lesquels nous avons opté dans cette recherche pourraient néanmoins être responsables de ce résultat. Ainsi, nous ne pouvons conclure que le LSVT® a entraîné l'amélioration de l'articulation de toutes les voyelles périphériques produites par les locuteurs parkinsoniens dysarthriques francophones de cette étude, plus exactement de leurs caractéristiques acoustiques. Toutefois, l'amélioration potentielle des caractéristiques de la voyelle /u/ à la suite du traitement suggère que les effets positifs du LSVT® pourraient être propres à une ou à certaines voyelles définies et ne pas s'appliquer à l'ensemble de celles-ci.

5.1.2 Comparaisons entre les mesures du groupe expérimental et celles du groupe contrôle

La présente recherche visait également à déterminer si, d'un point de vue dynamique, les caractéristiques acoustiques vocaliques de patients parkinsoniens dysarthriques sont distinctes de celles d'individus ne présentant aucun trouble neurologique et aucun trouble de la parole connus. Les études antérieures, qui se sont appuyées sur l'examen des deux premiers formants et des transitions formantiques, ont montré que les F_1 et F_2 des /a/ de sujets ayant une dysarthrie hypokinétique et ceux de sujets dits normaux diffèrent (Connor et coll., 1989) et que les transitions de F_1 et de F_2 de voyelles dites monophthonguées ou diphtonguées produites par des patients parkinsoniens présentant une dysarthrie hypokinétique sont réduites en comparaison de celles d'individus sains (Connor et coll., 1989; Flint et coll., 1992; Forrest et coll., 1989; Tjaden et Wilding, 2004). Rusz et coll. (2013), pour leur part, ont rapporté que le F_2 moyen des /u/ de locuteurs parkinsoniens dysarthriques est significativement supérieur à celui de locuteurs n'ayant aucun trouble de la parole. Plus récemment, d'autres paramètres acoustiques, parmi lesquels le ratio F_{2i}/F_{2u} , l'espace vocalique maximal, le VAI (ou ratio de centralisation de formants) et la dispersion vocalique, ont aussi été pris en compte. Les résultats de Rusz et coll. (2013) ont indiqué que le ratio F_{2i}/F_{2u} de participants parkinsoniens

dysarthriques s'avère significativement différent en comparaison de celui de participants dits normaux. Weismer et coll. (2001) et McRae et coll. (2002) ont, quant à eux, constaté une tendance de sujets ayant une dysarthrie hypokinétique à présenter un espace vocalique maximal réduit comparativement à des sujets ayant une parole normale, tendance toutefois non significative. À l'inverse, Tjaden et Wilding (2004), Skodda et coll. (2011) et Rusz et coll. (2013) ont réussi à atteindre le seuil de significativité; l'espace vocalique maximal de leurs patients parkinsoniens dysarthriques était statistiquement restreint par opposition à celui d'individus sains. En outre, Skodda et coll. (2011) et Rusz et coll. (2013) ont montré que les valeurs de VAI de locuteurs parkinsoniens dysarthriques sont significativement inférieures à celles de locuteurs dits normaux. Enfin, selon les résultats d'Audibert et Fougeron (2012), l'espace vocalique maximal, délimité par les voyelles /a/, /i/, /u/, /ɛ/ et /ɔ/, de sujets parkinsoniens francophones présentant une dysarthrie hypokinétique est moins étendu que celui de sujets sains francophones et la dispersion de voyelles est davantage importante chez les patients parkinsoniens dysarthriques que chez les individus dits normaux.⁵³ Les chercheurs susmentionnés avancent ainsi que ces différences acoustiques témoignent de l'altération de la composante articulatoire de la parole de locuteurs présentant une dysarthrie hypokinétique.

Les paramètres d'espace vocalique maximal et de dispersion vocalique ont également fait l'objet de comparaisons dans cette étude. Toutefois, ces comparaisons n'ont pas porté sur les valeurs de ces mesures à 50 % de la durée vocalique comme dans les recherches mentionnées ci-dessus, mais sur les valeurs moyennées à 25 % et à 75 % de la durée vocalique. D'une part, en ce qui concerne l'espace vocalique maximal, comme pour Weismer et coll. (2001) et McRae et coll. (2002), aucune différence significative n'a été relevée dans notre étude entre les contrastes vocaliques des participants parkinsoniens dysarthriques et ceux des participants sains. Autrement dit, l'espace articulatoire ne serait pas plus restreint chez les locuteurs parkinsoniens que chez les locuteurs ne présentant aucun trouble de la parole. D'après nos observations, relativement aux participants sains, l'espace vocalique maximal de trois des cinq participants du groupe expérimental était petit tandis qu'il était plutôt moyen/étendu pour les deux autres, l'un d'eux ayant même un plus grand espace vocalique maximal qu'un des candidats du groupe contrôle. Cette absence de tendance applicable à tous les membres de chaque groupe, probablement accentuée par la taille restreinte des échantillons, a pu contribuer à la non-atteinte du seuil de significativité dans nos tests statistiques. On pourrait aussi interpréter cette différence entre notre résultat et ceux de Tjaden et Wilding (2004), Skodda et coll. (2011) et Rusz et coll. (2013) ainsi : les différences acoustiques entre les patients parkinsoniens dysarthriques et les individus dits normaux seraient plus marquées à la cible articulatoire des voyelles que près de leur établissement ou de leur queue. Cependant, comme cette mesure n'a pas été prise aux mêmes points dans cette étude et dans celles de Tjaden et Wilding (2004), de Skodda et coll. (2011) et de Rusz et coll. (2013),

⁵³ Notez qu'Audibert et Fougeron (2012) n'ont pas considéré que ces deux paramètres; six autres ont été pris en compte.

cela rend notre résultat difficilement comparable aux leurs. D'autre part, concernant la dispersion vocalique globale, nos résultats ont indiqué une absence de différence significative, c'est-à-dire que la variation intra-individuelle entre les diverses productions appartenant à une même classe vocalique serait semblable chez les patients parkinsoniens et chez les individus dits normaux. Encore une fois, l'absence de significativité relevée pourrait s'expliquer, comme dans le cas de l'espace vocalique maximal, par la variabilité à l'intérieur des groupes quant au paramètre de dispersion vocalique globale, variabilité qui, elle, pourrait être en partie consécutive à l'effectif réduit des échantillons. En effet, selon nos observations, certains sujets ayant une parole dite normale présentaient une dispersion vocalique globale semblable à celle de sujets parkinsoniens alors que d'autres en présentaient une plus faible et d'autres une plus importante. Cette différence entre notre résultat et le résultat de Audibert et Fougeron (2012) pourrait être due au fait que leurs analyses ont porté sur deux classes phonémiques ne constituant pas le corpus de notre recherche, soit /ɛ/ et /ɔ/.

Nous avons également examiné la façon dont les paramètres acoustiques de dispersion et de contraste vocalique agissent de 25 % à 75 % de la durée vocalique chez les sujets des groupes expérimental et contrôle. D'une part, aussi bien pour les locuteurs ayant une parole dite normale que pour les locuteurs parkinsoniens ayant une parole dysarthrique, il apparaît que la dispersion vocalique tend à diminuer du premier au deuxième temps de mesure, particulièrement celle des classes /a/ et /u/. Cela signifie que les occurrences d'une même classe vocalique tendent à être produites de plus en plus précisément en cours d'émission ou que la variation intra-individuelle entre les productions appartenant à une même classe vocalique est moins importante près de la queue des voyelles que près de leur amorce. Rappelons que dans les corpus des groupes expérimental et contrôle, le contexte de production suivant les voyelles analysées (donc près de 75 % de la durée vocalique) était toujours le même alors que celui les précédant (donc près de 25 % de la durée vocalique) variait d'une occurrence à l'autre (six contextes consonantiques possibles). Ainsi, la constitution des corpus et le fait que le contexte de production devant la voyelle influence moins les valeurs formantiques à 75 % qu'à 25 % pourraient expliquer notre résultat. D'autre part, il semble que la tendance en ce qui a trait au contraste entre les voyelles /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % de la durée vocalique des participants du groupe expérimental soit inverse à celle des participants du groupe contrôle. En effet, l'étendue du contraste vocalique diminue de 25 % à 75 % de la durée vocalique chez les patients parkinsoniens dysarthriques, suggérant une centralisation des valeurs formantiques des voyelles périphériques à travers leur durée ou un rapprochement de ces dernières les unes des autres en cours d'émission, tandis qu'il augmente chez les individus dits normaux, ce qui suggère un déplacement vers la périphérie des valeurs formantiques des catégories vocaliques périphériques ou un éloignement de ces dernières les unes des autres en cours d'émission. En lien avec ce résultat, il a été constaté que la direction du mouvement formantique moyen caractérisant les classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ tend généralement à être inverse entre les participants des deux groupes. Plus précisément, alors que les valeurs formantiques moyennes de la classe vocalique /u/ des

sujets parkinsoniens dysarthriques se centralisent, celles de deux des trois sujets sains affichent un déplacement vers la périphérie. La classe vocalique /i/, caractérisée toutefois par des mouvements formantiques moyens de très faible amplitude, actualise cette même tendance inverse (centralisation chez les locuteurs parkinsoniens et déplacement vers la périphérie chez les locuteurs dits normaux). Enfin, les changements spectraux de la classe vocalique /a/ sont orientés vers la périphérie pour tous les participants du groupe contrôle tandis qu'ils sont orientés autant vers la périphérie que vers le centre du système vocalique pour les participants atteints de la maladie de Parkinson. Comme nous, Nearey et Assmann (1986), Andruski et Nearey (1992), Hillenbrand et coll. (1995) et Hillenbrand et coll. (2001) ont montré que les voyelles /i/ et /u/, produites par des individus sains d'âge adulte tendent à se déplacer vers la périphérie en cours d'émission, mais ceux-ci étaient anglophones. En français québécois, ce résultat a également été appuyé par quelques chercheurs (Arnaud et coll., 2011; Sigouin, 2013). La classe vocalique /a/ n'a fait l'objet d'analyses acoustiques que dans les travaux de Hillenbrand et coll. (1995); ces chercheurs ont montré que le mouvement formantique moyen de cette voyelle est orienté vers le centre du système vocalique. Les différences entre les caractéristiques des locuteurs (langue, âge, etc.) ou entre les contextes consonantiques dans lesquels se trouvaient les occurrences vocaliques de /a/ pourraient être à l'origine de cette non-concordance de résultats quant à la voyelle /a/.

En ce qui concerne l'amplitude des mouvements formantiques moyens (en F_1 et F_2) de 25 % à 75 % de la durée vocalique, si, pour les sujets du groupe expérimental, elle semble généralement faible pour les voyelles /a/ et /i/ et marquée pour la voyelle /u/, pour les sujets du groupe contrôle, elle semble généralement importante pour les classes /a/ et /u/ et légère pour la classe /i/. Les tests statistiques ont d'ailleurs confirmé que la voyelle /a/ était caractérisée par des changements spectraux moyens d'amplitude significativement différente entre les individus des deux groupes. Les résultats des participants du groupe contrôle se rapprochent de ceux de travaux en français québécois effectués auprès d'une population adulte ayant une parole dite normale. En effet, alors que les classes vocaliques /i/ et /u/ de l'étude d'Arnaud et coll. (2011) actualisent toutes deux des changements spectraux d'amplitude jugée légère à modérée, la classe vocalique /u/ dans l'étude de Sigouin (2013) semble caractérisée par des changements spectraux d'amplitude plus marquée que la classe vocalique /i/. Que quelques caractéristiques des candidats sains de la présente contribution se distinguent de celles des candidats des autres études (âge, origine géographique, etc.) pourrait justifier pourquoi des différences subsistent malgré tout. Il apparaît néanmoins que les voyelles produites par les locuteurs du groupe expérimental et du groupe contrôle sont caractérisées par des changements spectraux en cours d'émission et que certaines voyelles françaises, en l'occurrence /u/ et possiblement /a/, pourraient présenter des changements spectraux d'amplitude plus marquée que d'autres. Dans cette recherche, les occurrences vocaliques analysées se trouvaient en position finale de logatome et étaient précédées de /p/, /t/, /k/, /b/, /d/ ou /g/. Il est connu que les fréquences formantiques des voyelles peuvent

être influencées par les caractéristiques des segments adjacents (mode articuloire, voisement, lieu d'articulation, etc.), et ce, dans diverses langues (Hillenbrand et coll., 2001; Stevens et House, 1963; Strange et coll., 2007), entre autres en français (Chafcouloff et coll., 1989; Strange et coll., 2007). Dans nos graphiques, nous avons choisi de ne pas différencier les occurrences vocaliques en fonction du contexte consonantique qui les précédait, mais des effets de contextes de production ont été observés lors d'analyses préliminaires malgré les précautions prises pour que ces effets soient moindres. Les changements spectraux caractérisant les voyelles étudiées semblent donc être attribuables, du moins en partie, aux effets coarticulatoires.

En résumé, aucune différence n'a été relevée entre les participants du groupe expérimental et les participants du groupe contrôle quant aux valeurs de dispersion vocalique globale et d'espace vocalique maximal. La dispersion vocalique globale de 25 % à 75 % de la durée vocalique semblait par ailleurs accuser une même tendance pour les sujets des deux groupes et les amplitudes de mouvement formantique moyen caractérisant les classes vocaliques /i/ et /u/ ne semblaient pas non plus différer entre les locuteurs du groupe expérimental et ceux du groupe contrôle. Toutefois, la direction des changements spectraux caractérisant les voyelles périphériques des patients parkinsoniens apparaît généralement inverse à celle des individus sains (centralisation des valeurs formantiques des voyelles produites par les locuteurs du groupe expérimental vs déplacement vers la périphérie des voyelles produites par les locuteurs du groupe contrôle). Par conséquent, la tendance est également inverse en ce qui a trait au contraste vocalique; l'espace vocalique maximal des participants du groupe expérimental tend à diminuer en cours d'émission alors que celui des participants du groupe contrôle tend à augmenter. De plus, la classe vocalique /a/ des candidats parkinsoniens présente des changements spectraux d'amplitude statistiquement plus faible que celle des candidats dits normaux. Ainsi, quelques caractéristiques acoustiques dynamiques des sujets du groupe expérimental semblent se distinguer de celles des sujets du groupe contrôle. La physiopathologie d'hypokinésie, qui sous-tend les caractéristiques perceptives de la dysarthrie hypokinétique (Duffy, 2013 : 166-167), pourrait vraisemblablement être à la base de quelques-unes de ces différences acoustiques. Étant donné cette physiopathologie, les locuteurs parkinsoniens présentant une dysarthrie hypokinétique pourraient avoir tendance à effectuer des mouvements linguaux d'ampleur réduite en contexte de production de la parole, ce qui entraînerait une utilisation plus restreinte de leur espace articuloire. Selon nos résultats, l'ampleur des mouvements linguaux de ces locuteurs serait même restreinte lors de la production de sons de la parole en particulier. Les études physiologiques de Hirose et coll. (1981, 1982), Caligiuri (1989), Ho, Bradshaw, et coll. (1998) et Yunusova et coll. (2008) ont effectivement montré qu'en contexte de production de la parole, les mouvements linguaux de patients parkinsoniens sont plus lents et d'ampleur moindre en comparaison de ceux d'individus sains. Néanmoins, la physiopathologie d'hypokinésie n'explique pas pourquoi les amplitudes des mouvements formantiques de toutes les classes vocaliques ne sont pas significativement plus faibles chez nos locuteurs

parkinsoniens ou encore pourquoi la direction des changements spectraux devient inverse à celle des locuteurs sains avec la dysarthrie.

5.1.3 Limites de l'étude et perspectives de recherche futures

Dans le cadre de nos travaux, une partie du corpus de Martel Sauvageau et coll. (2015) a été utilisé pour former le groupe expérimental. Des contraintes de temps et le fait que la durée d'analyse de la parole des locuteurs dysarthriques soit notablement augmentée par le caractère pathologique de cette parole nous ont conduits à ne sélectionner que cinq des dix patients recrutés par Martel Sauvageau et coll. (2015). Un échantillon déjà limité a donc été davantage restreint. De plus, bien qu'un effort considérable ait été fourni par Martel Sauvageau et coll. (2015) pour contrôler un grand nombre de variables extralinguistiques, certaines n'ont pas été contrôlées, et ce, sur une base volontaire, entre autres le nombre d'années depuis le diagnostic de la maladie de Parkinson, sa sévérité, la sévérité de la dysarthrie, les caractéristiques perceptuelles propres à chaque participant (ex. présence d'hypophonie de degré divers), l'origine géographique des candidats, leur niveau de scolarité, leur occupation et leur mobilité. Le non-contrôle de ces facteurs a ainsi pu générer de la variabilité interindividuelle à l'intérieur du groupe expérimental, et comme l'échantillon était peu nombreux, cette variabilité se manifestait davantage.⁵⁴ Les limites de temps imposées de même que le nombre élevé de critères de recrutement, découlant des caractéristiques des participants du groupe expérimental, sont deux facteurs qui expliquent également pourquoi le groupe de sujets sains est lui aussi peu nombreux. L'origine géographique des candidats dits normaux, leur niveau de scolarité, leur occupation et leur mobilité sont autant de facteurs extralinguistiques qui n'ont pas non plus été contrôlés lors du recrutement de ce groupe. Une certaine variabilité interindividuelle pourrait donc tout autant caractériser ce groupe. Bien que la taille réduite des groupes et leur certaine hétérogénéité soient justifiées, il n'en demeure pas moins que cela limite assurément la portée de cette étude. Toutes généralisations des caractéristiques acoustiques dynamiques identifiées à l'ensemble des locuteurs âgés parkinsoniens, de sexe masculin et présentant une dysarthrie hypokinétique et toutes généralisations des caractéristiques acoustiques dynamiques identifiées à l'ensemble des locuteurs âgés normaux de sexe masculin apparaissent prématurées. Le nombre de productions récolté n'est, en plus, pas nécessairement représentatif des usages des individus parkinsoniens et sains du français québécois. Cependant, les tendances relevées pourraient paraître plus clairement dans de futures contributions si les échantillons de ces dernières sont de plus grande taille et davantage homogènes.

Dans cette recherche, trois paramètres acoustiques ont été ciblés. Skodda et coll. (2011 : 471) émettaient l'hypothèse que certaines mesures acoustiques, notamment l'espace vocalique maximal, pourraient ne pas représenter parfaitement les déficits articulatoires vocaliques de locuteurs parkinsoniens dysarthriques. Afin

⁵⁴ Il va sans dire que des différences induites strictement par l'anatomie des locuteurs peuvent aussi avoir entraîné une certaine variabilité interlocuteur.

d'obtenir un portrait plus détaillé, des mesures acoustiques différentes, notamment le VAI ou le ratio F_{2i}/F_{2u} , pourraient être utilisées dans les recherches subséquentes et mesurées à 25 % et à 75 % de la durée des voyelles.

En outre, dans le cadre de ce mémoire, l'analyse acoustique des occurrences vocaliques des participants n'a été fondée que sur le relevé de F_1 , F_2 et F_3 à 25 % et à 75 % de la durée vocalique, ce qui représente un nombre limité d'indices acoustiques considérés parmi l'ensemble d'indices disponibles. En vue d'obtenir une description acoustique des voyelles périphériques produites par des individus francophones de sexe masculin présentant ou non un trouble de la parole d'autant plus riche et plus précise, bon nombre d'autres indices (durée des voyelles, fréquence fondamentale, etc.) ou encore un autre modèle de paramétrisation de la dynamique spectrale que celui de base *onset + offset* (relevé des valeurs des fréquences formantiques et de la fréquence fondamentale à trois points de mesure à l'intérieur de la durée des voyelles, calcul de la pente formantique, calcul de la direction du mouvement formantique, etc.; Morrison, 2013 : 33) pourraient être exploités dans les futures recherches.

Dans cette étude, les occurrences vocaliques analysées provenaient d'une tâche de lecture de phrases porteuses. Toutefois, il est possible que cette tâche convienne moins bien à l'objectivisation des déficits articulatoires d'un locuteur. Rusz et coll. (2013) ont tenté de déterminer parmi quatre tâches, soit une tâche de phonation soutenue de voyelles, une tâche de répétition de phrases, une tâche de lecture à voix haute d'un court texte et une conversation spontanée avec l'expérimentateur, celle qui permet de mieux détecter une articulation vocalique imprécise chez des locuteurs parkinsoniens. Ils ont conclu qu'une tâche spontanée, comparativement à une tâche non spontanée, est susceptible de mieux différencier l'articulation de voyelles de locuteurs parkinsoniens présentant une dysarthrie hypokinétique de celle de locuteurs n'ayant aucun trouble de la parole. Sapir et coll. (2007 : 909), quelques années auparavant, formulaient une remarque semblable : « [i]n general, conversational speech is more likely to show the true deficits in the speech of individuals with PD [(Parkinson's disease)] when compared with more structured and less automatic modes of speech, such as reading aloud ». En regard des résultats et remarques de ces auteurs, la sélection d'une tâche plus spontanée pourrait être envisagée dans d'éventuelles études subséquentes. Cependant, nous savons que l'utilisation d'une telle tâche limite la comparaison de résultats avec ceux d'études antérieures et que des défis méthodologiques importants émanent d'un tel choix, notamment trouver à l'intérieur du corpus récolté des contextes comparables d'un locuteur à un autre et chez un même locuteur.

Dans le but d'assurer la comparaison de nos résultats avec ceux d'études acoustiques ayant pour objet d'étude la parole parkinsonienne dysarthrique, nous avons choisi d'analyser des occurrences des mêmes classes vocaliques que celles explorées dans ces dernières, soit /a/, /i/ et /u/. Or, il s'agit d'un nombre limité

de voyelles pour poser des conclusions sur l'articulation vocalique en entier sachant qu'il y a plus d'une quinzaine de voyelles françaises. Dans les recherches subséquentes, si l'analyse acoustique d'occurrences d'un plus grand nombre de classe vocalique est réalisée chez des individus parkinsoniens dysarthriques, cela pourrait améliorer la compréhension de leur atteinte articuloire en permettant d'une part de dégager une description plus complète et d'autre part de déterminer si certaines classes vocaliques sont effectivement plus affectées que d'autres par la dysarthrie hypokinétique.

Par ailleurs, tel que Nearey et Assmann (1986), Andruski et Nearey (1992) et Hillenbrand et coll. (1995, 2001) l'avaient mis en lumière, les voyelles périphériques, en particulier /i/ et /u/, semblent actualiser des mouvements spectraux moins importants que les classes vocaliques moyennes. L'ajout de la voyelle moyenne /ɛ/ au corpus de locuteurs du groupe contrôle s'est avéré insuffisant pour confirmer ou infirmer ce constat en français. Toutefois, l'analyse acoustique dynamique d'occurrences de chaque classe vocalique française représente une perspective de recherche intéressante puisqu'elle permettrait de mieux vérifier ce constat. Elle permettrait également d'enrichir les descriptions acoustiques actuelles de l'ensemble des voyelles françaises et de déterminer si celles-ci présentent toutes des changements spectraux et si les tendances en français sont les mêmes qu'en anglais. En outre, aucun des travaux s'inscrivant dans le courant centré autour de l'hypothèse du VISC (Nearey et Assmann, 1986) et portant sur la parole dite normale de locuteurs du français québécois n'a étudié la structure acoustique dynamique de voyelles françaises produites isolément. Par conséquent, nous ignorons encore en français si les changements spectraux ont un caractère inhérent. Les futurs chercheurs visant à répondre à cette question ou à identifier en quelle proportion les caractéristiques inhérentes aux voyelles et la coarticulation influencent les changements spectraux devront donc veiller à constituer des corpus contenant des occurrences vocaliques produites aussi bien isolément qu'en contexte consonantique. Dans les futures études, la différenciation des occurrences vocaliques selon leur contexte consonantique pourrait d'ailleurs être envisagée. Cela permettrait de vérifier si la direction ou l'amplitude des changements spectraux diffèrent en fonction des caractéristiques du contexte (lieu d'articulation, voisement, etc.).

Pour terminer, dans cette étude, certains corrélats acoustiques ont été exploités pour tirer des conclusions sur l'articulation de voyelles de locuteurs. Cependant, il est connu que les corrélats acoustiques ne nous informent que partiellement sur les difficultés physiologiques sous-jacentes ou sur les effets d'un traitement orthophonique en ce qui a trait à l'articulation vocalique. Le lien entre les corrélats acoustiques dynamiques et l'articulation est d'ailleurs encore plus complexe. Par conséquent, la réalisation d'études physiologiques (cinématiques, électromyographiques, etc.) rendrait probablement mieux compte des effets de la dysarthrie hypokinétique ou du LSVT® sur les mouvements labiaux, linguaux, maxillaires, suprahyoïdiens, laryngés, etc. pendant la production de la parole. Quelques recherches physiologiques cherchant à déterminer les

différences entre l'articulation de locuteurs sains et celle de locuteurs parkinsoniens dysarthriques existent en anglais (Caligiuri, 1989; Forrest et coll., 1989; Hirose et coll., 1981, 1982; Hunker et coll., 1982; Robertson et Hammerstad, 1996; Yunusova et coll., 2008), mais à notre connaissance, ce n'est pas le cas en français. De même, il n'en existe pas qui évaluent les effets du LSVT® sur l'articulation de voyelles, que ce soit en anglais ou en français.

5.2 Conclusions générales

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons proposé une description acoustique exploratoire des voyelles périphériques /a/, /i/ et /u/ de patients âgés francophones parkinsoniens présentant une dysarthrie hypokinétique (avant et après le LSVT®) et des voyelles /a/, /i/, /ɛ/ et /u/ de sujets âgés francophones sains. D'une part, nos résultats indiquent que les caractéristiques acoustiques vocaliques de locuteurs parkinsoniens dysarthriques restent similaires après que ces derniers aient suivi le traitement orthophonique, à l'exception possible de celles de la voyelle /u/, dont la production s'améliorerait après la thérapie. Nos résultats indiquent également que les caractéristiques acoustiques d'individus parkinsoniens dysarthriques se distinguent de celles d'individus sains, et ce, d'un point de vue dynamique. En effet, des différences entre les sujets des deux groupes quant à la direction et à l'amplitude des mouvements formantiques caractérisant les voyelles à l'étude et quant à la taille de l'espace vocalique maximal de 25 % à 75 % de la durée des voyelles ont été constatées. Toutefois, considérant les différentes limites de cette étude, de futures recherches devront être menées afin de vérifier la significativité statistique des résultats qualitatifs présentés dans cette contribution et d'infirmes ou confirmer les conclusions exposées.

Il apparaît néanmoins que la prise en compte de la dynamique spectrale lors de nos analyses acoustiques a bonifié la description acoustique des voyelles périphériques de patients parkinsoniens dysarthriques. Par conséquent, cette étude exploratoire enrichit l'état actuel des connaissances sur l'atteinte articuloire consécutive à la dysarthrie hypokinétique d'individus atteints de la maladie de Parkinson. De plus, de façon générale, la présente recherche montre que l'exploitation d'un paradigme expérimental prenant en compte les trajectoires formantiques s'avère intéressante pour la caractérisation acoustique des segments vocaliques de sujets parkinsoniens dysarthriques et de sujets normaux, et que, de ce fait, les voyelles de locuteurs sains, mais aussi celles de locuteurs parkinsoniens dysarthriques, auraient avantage à être décrites comme des trajectoires plutôt que comme des cibles acoustiques statiques, tel que plusieurs chercheurs avant nous l'ont proposé en ce qui concerne la parole normale.

Pour conclure, une intensification prochaine des contributions s'inscrivant dans le courant centré autour de l'hypothèse du VISC (Nearey et Assmann, 1986) est selon nous à anticiper étant donné les questions qui persistent et les perspectives de recherche intéressantes que ce courant offre.

Bibliographie

- Ackermann, Hermann, Ingo Hertrich et Thomas Hehr (1995), « Oral diadochokinesis in neurological dysarthrias », *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, vol. 47, n° 1, p. 15–23.
- Ackermann, Hermann et Wolfram Ziegler (1991), « Articulatory deficits in parkinsonian dysarthria: An acoustic analysis », *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, vol. 54, n° 12, p. 1093–1098.
- Adams, Scott G. et Allyson D. Dykstra (2009), « Hypokinetic dysarthria », dans McNeil, Malcolm R. (dir.), *Clinical Management of Sensorimotor Speech Disorder*, New York, Thieme, p. 166–186.
- Adams, Scott G. et Mandar Jog (2009), « Parkinson's disease », dans McNeil, Malcolm R. (dir.), *Clinical Management of Sensorimotor Speech Disorder*, New York, Thieme, p. 365–368.
- Adams, Scott G. et Anthony E. Lang (1992), « Can the Lombard effect be used to improve low voice intensity in Parkinson's disease? », *European Journal of Disorders of Communication*, vol. 27, n° 2, p. 121–127.
- Agid, Yves, Pascale Cervera, Etienne Hirsch, France Javoy-Agid, Stéphane Lehericy, Rita Raisman et Merle Ruberg (1989), « Biochemistry of Parkinson's disease 28 years later: A critical review », *Movement Disorders*, vol. 4, n° 1, p. S126–S144.
- Allan, Christine M. (1970), « Treatment of non-fluent speech resulting from neurological disease: Treatment of dysarthria », *British Journal of Disorders of Communication*, vol. 5, n° 1, p. 3–5.
- Andruski, Jean E. et Terrance M. Nearey (1992), « On the sufficiency of compound target specification of isolated vowels and vowels in /bVb/ syllables », *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 91, n° 1, p. 390–410.
- Archibald, Neil, Nick Miller et Lynn Rochester (2013), « Neurorehabilitation in Parkinson disease », dans Barnes, Micheal P. et David C. Good (dir.), *Handbook of Clinical Neurology*, vol. 110, Neurological Rehabilitation, Amsterdam, Elsevier B.V., p. 435–442.
- Arnaud, Vincent, Caroline Sigouin et Johanna-Pascale Roy (2011), « Acoustic description of Quebec French high vowels: First results », *Proceedings of the 17th International Congress of Phonetic Sciences*, Hong Kong, p. 244–247.
- Assmann, Peter F. et Geoffrey Stewart Morrison (2013), « Introduction », dans Morrison, Geoffrey S. et Peter F. Assmann (dir.), *Vowel Inherent Spectral Change*, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, p. 1–6.
- Audibert, Nicolas et Cécile Fougeron (2012), « Distorsions de l'espace vocalique : quelles mesures? - Application à la dysarthrie », *Actes de la conférence conjointe JEP-TALN-RECITAL*, Grenoble, vol. 1, n° 1, p. 217–224.
- Baker, Kristin K., Lorraine O. Ramig, Antonia B. Johnson et Curt R. Freed (1997), « Preliminary voice and speech analysis following fetal dopamine transplants in 5 individuals with Parkinson disease », *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, vol. 40, n° 3, p. 615–626.
- Baker, Kristin K., Lorraine O. Ramig, Shimon Sapir, Erich S. Luschei et Marshall E. Smith (2001), « Control of vocal loudness in young and old adults », *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, vol. 44, n° 2, p. 297–305.
- Baumgartner, Christina A., Shimon Sapir et Lorraine O. Ramig (2001), « Voice quality changes following phonatory-respiratory effort treatment (LSVT) versus respiratory effort treatment for individuals with Parkinson disease », *Journal of Voice*, vol. 15, n° 1, p. 105–114.
- Berardelli, Alfredo, John C. Rothwell, Philip D. Thompson et Mark Hallett (2001), « Pathophysiology of bradykinesia in Parkinson's disease », *Brain*, vol. 124, n° 11, p. 2131–2146.
- Bernheimer, H., Walther Birkmayer, Oleh Hornykiewicz, K. Jellinger et F. Seitelberger (1973), « Brain dopamine and the syndromes of Parkinson and Huntington: Clinical, morphological and neurochemical

- correlations », *Journal of the Neurological Sciences*, vol. 20, n° 4, p. 415–455.
- Blitzer, Andrew, Mitchell F. Brin et Marija Velickovic (2011), « Parkinson disease: Symptoms and medical management », dans Theodoros, Deborah G. et Lorraine O. Ramig (dir.), *Communication and Swallowing in Parkinson's Disease*, San Diego, Plural Publishing, p. 1–18.
- Boersma, Paul et David Weenink (2013), *Praat: Doing Phonetics by Computer*, version 5.3.x. Disponible au <http://www.praat.org>
- Caligiuri, Michael P. (1989), « The influence of speaking rate on articulatory hypokinesia in parkinsonian dysarthria », *Brain and Language*, vol. 36, n° 3, p. 493–502.
- Chafcouloff, Michel, Alain Marchal et Thami Benkirane (1989), « Coarticulatory patterns in stop sequences », *Proceedings of the First European Conference on Speech Communication and Technology, Eurospeech 1989*, Paris, p. 304–307.
- Connor, Nadine P., Christy L. Ludlow et GERALYN M. SCHULZ (1989), « Stop consonant production in isolated and repeated syllables in Parkinson's disease », *Neuropsychologia*, vol. 27, n° 6, p. 829–838.
- D'Alatri, Lucia, Gaetano Paludetti, M. Fiorella Contarino, Stefania Galla, Maria Rafaella Marchese et Anna Rita Bentivoglio (2008), « Effects of bilateral subthalamic nucleus stimulation and medication on parkinsonian speech impairment », *Journal of Voice*, vol. 22, n° 3, p. 365–372.
- Darley, Frederic L., Arnold E. Aronson et Joe R. Brown (1969a), « Differential diagnostic patterns of dysarthria », *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, vol. 12, n° 2, p. 246–269.
- (1969b), « Clusters of deviant speech dimensions in the dysarthrias », *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, vol. 12, n° 3, p. 462–496.
- Delattre, Pierre (1948), « Un triangle acoustique des voyelles orales du français », *The French Review*, vol. 21, n° 6, p. 477–484.
- Le Dorze, Guylaine, Louise Dionne, John Ryalls, Marie Julien et Lisa Ouellet (1992), « The effects of speech and language therapy for a case of dysarthria associated with Parkinson's disease », *European Journal of Disorders of Communication*, vol. 27, n° 4, p. 313–324.
- Downie, Allan W., John M. Low et Duncan D. Lindsay (1981), « Speech disorder in Parkinsonism - usefulness of delayed auditory feedback in selected cases », *British Journal of Disorders of Communication*, vol. 16, n° 2, p. 135–139.
- Duffy, Joseph R. (2013), *Motor Speech Disorders: Substrates, Differential Diagnosis and Management*, 3^e édition, St-Louis, Elsevier Mosby.
- Dumas, Denis (1986), « Le statut des « deux a » en français québécois », *Revue québécoise de linguistique*, vol. 15, n° 2, p. 167–196.
- Ehringer, Herbert et Oleh Hornykiewicz (1960), « Verteilung von Noradrenalin und Dopamin (3-Hydroxytyramin) im Gehirn des Menschen und ihr Verhalten bei Erkrankungen des extrapyramidalen Systems », *Klinische Wochenschrift*, vol. 38, n° 24, p. 1236–1239.
- Ferguson, Sarah Hargus et Diane Kewley-Port (2002), « Vowel intelligibility in clear and conversational speech for normal-hearing and hearing-impaired listeners », *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 112, n° 1, p. 259–271.
- Flint, Alastair J., Sandra E. Black, Irene Campbell-Taylor, Gillian F. Galley et Carey Levinton (1992), « Acoustic analysis in the differentiation of Parkinson's disease and major depression », *Journal of Psycholinguistic Research*, vol. 21, n° 5, p. 383–399.
- Forrest, Karen, Gary Weismer et Greg S. Turner (1989), « Kinematic, acoustic and perceptual analyses of connected speech produced by parkinsonian and normal geriatric adults », *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 85, n° 6, p. 2608–2622.

- Fox, Robert A. et Ewa Jacewicz (2009), « Cross-dialectal variation in formant dynamics of American English vowels », *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 126, n° 5, p. 2603–2618.
- Gallena, Sally, Paul J. Smith, Thomas Zeffiro et Christy L. Ludlow (2001), « Effects of levodopa on laryngeal muscle activity for voice onset and offset in Parkinson disease », *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, vol. 44, n° 6, p. 1284–1299.
- Gan, Jing, Jing Xie-Brustolin, Patrick Mertens, Gustavo Polo, Hélène Klinger, Hélène Mollion, Isabelle Benatru, Emmanuel Henry, Emmanuel Broussolle et Stéphane Thobois (2007), « Bilateral subthalamic nucleus stimulation in advanced Parkinson’s disease: Three years follow-up », *Journal of Neurology*, vol. 254, n° 1, p. 99–106.
- Gazewood, John D., D. Roxanne Richards et Karl Clebak (2013), « Parkinson disease: An update », *American Family Physician*, vol. 87, n° 4, p. 267–273.
- Gentil, Mich el e, Pedro Garcia-Ruiz, Pierre Pollak et Alim-Louis Benabid (1999), « Effect of stimulation of the subthalamic nucleus on oral control of patients with parkinsonism », *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, vol. 67, n° 3, p. 329–333.
- Gentil, Mich el e, Serge Pinto, Pierre Pollak et Alim-Louis Benabid (2003), « Effect of bilateral stimulation of the subthalamic nucleus on parkinsonian dysarthria », *Brain and Language*, vol. 85, n° 2, p. 190–196.
- Glass, Gene V. et Kenneth D. Hopkins (1996), *Statistical Methods in Education and Psychology*, 3^e  dition, Boston, Allyn and Bacon.
- Goberman, Alexander M. et Carl Coelho (2002), « Acoustic analysis of parkinsonian speech I: Speech characteristics and L-Dopa therapy », *NeuroRehabilitation*, vol. 17, n° 3, p. 237–46.
- Gottfried, Michael, James D. Miller et Donald J. Meyer (1993), « Three approaches to the classification of American English diphthongs », *Journal of Phonetics*, vol. 21, n° 3, p. 205–229.
- Greene, Margaret C. L. (1980), *The Voice and its Disorders*, 4^e  dition, Philadelphia, Lippincott.
- Hammer, Michael J., Steven M. Barlow, Kelly E. Lyons et Rajesh Pahwa (2010), « Subthalamic nucleus deep brain stimulation changes speech respiratory and laryngeal control in Parkinson’s disease », *Journal of Neurology*, vol. 257, n° 10, p. 1692–1702.
- Hartelius, Lena et Per Svensson (1994), « Speech and swallowing symptoms associated with Parkinson’s disease and multiple sclerosis: A survey », *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, vol. 46, n° 1, p. 9–17.
- Hill, Amy N., Joseph Jankovic, Kevin D. A. T. Vuong et Don Donovan (2003), « Treatment of hypophonia with collagen vocal cord augmentation in patients with parkinsonism », *Movement Disorders*, vol. 18, n° 10, p. 1190–1192.
- Hillenbrand, James M. (2013), « Static and dynamic approaches to vowel perception », dans Morrison, Geoffrey S. et Peter F. Assmann (dir.), *Vowel Inherent Spectral Change*, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, p. 9–30.
- Hillenbrand, James M., Michael J. Clark et Terrance M. Nearey (2001), « Effects of consonant environment on vowel formant patterns », *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 109, n° 2, p. 748–763.
- Hillenbrand, James M. et Robert T. Gayvert (1993), « Identification of steady-state vowels synthesized from the Peterson and Barney measurements », *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 94, n° 2, p. 668–674.
- Hillenbrand, James M., Laura A. Getty, Michael J. Clark et Kimberlee Wheeler (1995), « Acoustic characteristics of American English vowels », *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 97, n° 5, p. 3099–3111.
- Hillenbrand, James M. et Terrance M. Nearey (1999), « Identification of resynthesized /hVd/ utterances: Effects of formant contour », *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 105, n° 6, p. 3509–3523.

- Hirose, Hajime, Shigeru Kiritani et Masayuki Sawashima (1982), « Velocity of articulatory movements in normal and dysarthric subjects », *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, vol. 34, n° 4, p. 210–215.
- Hirose, Hajime, Shigeru Kiritani, Tatsujiro Ushijima, Hirohide Yoshioka et Masayuki Sawashima (1981), « Patterns of dysarthric movements in patients with Parkinsonism », *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, vol. 33, n° 4, p. 204–215.
- Ho, Aileen K., John L. Bradshaw, Ross Cunnington, Jim G. Phillips et Robert Iansek (1998), « Sequence heterogeneity in Parkinsonian speech », *Brain and Language*, vol. 64, n° 1, p. 122–145.
- Ho, Aileen K., John L. Bradshaw et Robert Iansek (2008), « For better or worse: The effect of levodopa on speech in Parkinson's disease », *Movement Disorders*, vol. 23, n° 4, p. 574–580.
- Ho, Aileen K., Robert Iansek, Caterina Marigliani, John L. Bradshaw et Sandra Gates (1998), « Speech impairment in a large sample of patients with Parkinson's disease », *Behavioural Neurology*, vol. 11, n° 3, p. 131–137.
- Hornykiewicz, Oleh (1963), « Die topische Lokalisation und das Verhalten von Noradrenalin und Dopamin (3-Hydroxytyramin) in der Substantia nigra des normalen und Parkinsonkranken Menschen », *Wiener Klinische Wochenschrift*, vol. 75, p. 309–312.
- (2006), « The discovery of dopamine deficiency in the parkinsonian brain », *Journal of Neural Transmission. Supplementum*, n° 70, p. 9–15.
- Hughes, Andrew J., Susan E. Daniel, Linda Kilford et Andrew J. Lees (1992), « Accuracy of clinical diagnosis of idiopathic Parkinson's disease: A clinico-pathological study of 100 cases », *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, vol. 55, n° 3, p. 181–184.
- Hunker, Chauncey J., James H. Abbs et Steven M. Barlow (1982), « The relationship between parkinsonian rigidity and hypokinesia in the orofacial system: A quantitative analysis », *Neurology*, vol. 32, n° 7, p. 749–754.
- Jacewicz, Ewa et Robert A. Fox (2013), « Cross-dialectal differences in dynamic formant patterns in American English vowels », dans Morrison, Geoffrey S. et Peter F. Assmann (dir.), *Vowel Inherent Spectral Change*, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, p. 177–198.
- Jacewicz, Ewa, Robert A. Fox et Joseph Salmons (2011a), « Cross-generational vowel change in American English », *Language, Variation and Change*, vol. 23, n° 1, p. 45–86.
- (2011b), « Vowel change across three age groups of speakers in three regional varieties of American English », *Journal of Phonetics*, vol. 39, n° 4, p. 683–693.
- Jacewicz, Ewa et Robert Allen Fox (2012), « The effects of cross-generational and cross-dialectal variation on vowel identification and classification », *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 131, n° 2, p. 1413–1433.
- Jankovic, Joseph (2008), « Parkinson's disease: Clinical features and diagnosis », *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, vol. 79, n° 4, p. 368–376.
- Jenkins, James J. et Winifred Strange (1999), « Perception of dynamic information for vowels in syllable onsets and offsets », *Perception & Psychophysics*, vol. 61, n° 6, p. 1200–1210.
- Jenkins, James J., Winifred Strange et Thomas R. Edman (1983), « Identification of vowels in "vowelless" syllables », *Perception & Psychophysics*, vol. 34, n° 5, p. 441–450.
- Jiang, Jack J., Emily Lin, Jian Wang et David G. Hanson (1999), « Glottographic measures before and after levodopa treatment in Parkinson's disease », *Laryngoscope*, vol. 109, n° 8, p. 1287–1294.
- Johnson, Julie A. et Tim R. Pring (1990), « Speech therapy and Parkinson's disease: A review and further data », *British Journal of Disorders of Communication*, vol. 25, n° 2, p. 183–194.
- Joos, Martin (1948), « Acoustic phonetics », *Language*, vol. 24, n° 2, p. 5–136.

- Katzenschlager, Regina et Andrew J. Lees (2002), « Treatment of Parkinson's disease: Levodopa as the first choice », *Journal of Neurology*, vol. 249, n° 2 (Suppl.), p. II/19-II/24.
- Kendall, Katherine (2007), « Presbyphonia: A review », *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*, vol. 15, n° 3, p. 137–140.
- Kent, Ray D. et Yun Jung Kim (2003), « Toward an acoustic typology of motor speech disorders », *Clinical Linguistics & Phonetics*, vol. 17, n° 6, p. 427–445.
- Klostermann, Fabian, Felicitas Ehlen, Jan Vesper, K. Nubel, Maurice Gross, Frank Marzinzik, Gabriel Curio et Tanja Sappok (2008), « Effects of subthalamic deep brain stimulation on dysarthrophonia in Parkinson's disease », *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, vol. 79, n° 5, p. 522–529.
- Kompoliti, Katie, Emily Q. Wang, Christopher G. Goetz, Sue Leurgans et Rema Raman (2000), « Effects of central dopaminergic stimulation by apomorphine on speech in Parkinson's disease », *Neurology*, vol. 54, n° 2, p. 458–462.
- Krack, Paul, Alina Batir, Nadège Van Blercom, Stephan Chabardes, Valérie Fraix, Claire Ardouin, Adnan Koudsie, Patricia Limousin, Abdelhamid Benazzouz, Jean-François LeBas, Alim-Louis Benabid et Pierre Pollak (2003), « Five-year follow-up of bilateral stimulation of the subthalamic nucleus in advanced Parkinson's disease », *The New England Journal of Medicine*, vol. 349, n° 20, p. 1925–1934.
- Laitinen, Lauri V., A. Tommy Bergenheim et Marwan I. Hariz (1992), « Ventroposterolateral pallidotomy can abolish all parkinsonian symptoms », *Stereotactic and Functional Neurosurgery*, vol. 58, n° 1–4, p. 14–21.
- Van Lancker Sidtis, Diana, Tiffany Rogers, Violette Godier, Michele Tagliati et John J. Sidtis (2010), « Voice and fluency changes as a function of speech task and deep brain stimulation », *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, vol. 53, n° 5, p. 1167–1177.
- Leanderson, Rolf, Björn A. Meyerson et Annette Persson (1971), « Effect of L-dopa on speech in Parkinsonism: An EMG study of labial articulatory function », *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, vol. 34, n° 6, p. 679–681.
- De Letter, Miet, Patrick Santens, Marc De Bodt, Georges Van Maele, John Van Borsel et Paul Boon (2007), « The effect of levodopa on respiration and word intelligibility in people with advanced Parkinson's disease. », *Clinical Neurology and Neurosurgery*, vol. 109, n° 6, p. 495–500.
- De Letter, Miet, Patrick Santens et John Van Borsel (2003), « The effects of levodopa on tongue strength and endurance in patients with Parkinson's disease », *Acta Neurologica Belgica*, vol. 103, n° 1, p. 35–38.
- (2005), « The effects of levodopa on word intelligibility in Parkinson's disease », *Journal of Communication Disorders*, vol. 38, n° 3, p. 187–196.
- Lewis, Simon J. G. et Roger A. Barker (2009), « Understanding the dopaminergic deficits in Parkinson's disease: Insights into disease heterogeneity », *Journal of Clinical Neuroscience*, vol. 16, n° 5, p. 620–625.
- Lindblom, Björn E. F. et Michael Studdert-Kennedy (1967), « On the role of formant transitions in vowel recognition », *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 42, n° 4, p. 830–843.
- Lindblom, Björn E. F. et Johan E. F. Sundberg (1971), « Acoustical consequences of lip, tongue, jaw, and larynx movement », *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 50, n° 4, part. 2, p. 1166–1179.
- Logemann, Jeri A., Hilda B. Fisher, Benjamin Boshes et E. Richard Blonsky (1978), « Frequency and cooccurrence of vocal tract dysfunctions in the speech of a large sample of Parkinson patients », *Journal of Speech and Hearing Disorders*, vol. 43, n° 1, p. 47–57.
- Maddieson, Ian (1984), *Patterns of sounds*, 1re édition, Cambridge, Cambridge University Press.
- Marsden, Charles D. (1992), « Parkinson's disease », *Postgraduate Medical Journal*, vol. 68, n° 801, p. 538–

543.

- (1994), « Parkinson's disease », *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, vol. 57, n° 6, p. 672–681.
- Martel Sauvageau, Vincent, Johanna-Pascale Roy, Mélanie Langlois et Joël Macoir (2015), « Impact of the LSVT® on vowel articulation and coarticulation in Parkinson's disease », *Clinical Linguistics & Phonetics*, vol. 29, n° 6, p. 424–440.
- Matsumoto, Keizo, Taku Asano, Toru Baba, Toshihiko Miyamoto et Takashi Ohmoto (1976), « Long-term follow-up results of bilateral thalamotomy for parkinsonism », *Stereotactic and Functional Neurosurgery*, vol. 39, n° 3–4, p. 257–260.
- Mawdsley, C. et Charlotte V. Gamsu (1971), « Periodicity of speech in Parkinsonism », *Nature*, vol. 231, n° 5301, p. 315–316.
- Max, Ludo et Patrick Onghena (1999), « Some issues in the statistical analysis of completely randomized and repeated measures designs for speech, language and hearing research », *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, vol. 42, n° 2, p. 261–270.
- McRae, Paul A., Kris Tjaden et Barbra Schoonings (2002), « Acoustic and perceptual consequences of articulatory change in Parkinson disease », *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, vol. 45, n° 1, p. 35–50.
- Morrison, Geoffrey S. (2013), « Theories of vowel inherent spectral change », dans Morrison, Geoffrey S. et Peter F. Assmann (dir.), *Vowel Inherent Spectral Change*, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, p. 31–47.
- Morrison, Geoffrey S. et Terrance M. Nearey (2007), « Testing theories of vowel inherent spectral change », *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 122, n° 1, p. EL15-EL22.
- Mortensen, Linda, Antje S. Meyer et Glyn W. Humphreys (2006), « Age-related effects on speech production: A review », *Language and Cognitive Processes*, vol. 21, n° 1, p. 238–290.
- Müller, Jörg, Gregor K. Wenning, Kurt Jellinger, Ann McKee, Werner Poewe et Irene Litvan (2000), « Progression of Hoehn and Yahr stages in parkinsonian disorders: A clinicopathologic study », *Neurology*, vol. 55, n° 6, p. 888–891.
- Müller, Jörg, Gregor K. Wenning, Marc Verny, Ann McKee, K. Ray Chaudhuri, Kurt Jellinger, Werner Poewe et Irene Litvan (2001), « Progression of dysarthria and dysphagia in postmortem-confirmed parkinsonian disorders », *Archives of Neurology*, vol. 58, n° 2, p. 259–264.
- Nearey, Terrance M. et Peter F. Assmann (1986), « Modeling the role of inherent spectral change in vowel identification », *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 80, n° 5, p. 1297–1308.
- Obeso, Jose A., Maria C. Rodríguez-Oroz, Beatriz Benitez-Temino, Francisco J. Blesa, Jorge Guridi, Concepción Marin et Manuel Rodríguez (2008), « Functional organization of the basal ganglia: Therapeutic implications for Parkinson's disease », *Movement Disorders*, vol. 23, n° 3 (Suppl.), p. S548–S559.
- Peterson, Gordon E. et Harold L. Barney (1952), « Control methods used in a study of the vowels », *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 24, n° 2, p. 175–184.
- Philipobar, Sue Ann, Donald A. Robin et Erich S. Luschei (1989), « Limb, jaw, and vocal tremor in Parkinson's patients », dans Yorkston, Kathryn M. et David R. Beukelman (dir.), *Recent Advances in Clinical Dysarthria*, Boston, College-Hill Press, p. 165–197.
- Pinto, Serge, Michèle Gentil, Valérie Fraix, Alim-Louis Benabid et Pierre Pollak (2003), « Bilateral subthalamic stimulation effects on oral force control in Parkinson's disease », *Journal of Neurology*, vol. 250, n° 2, p. 179–187.
- Pinto, Serge, Stéphane Thobois, Nicolas Costes, Didier Le Bars, Alim-Louis Benabid, Emmanuel Broussolle,

- Pierre Pollak et Michèle Gentil (2004), « Subthalamic nucleus stimulation and dysarthria in Parkinson's disease: A PET study », *Brain*, vol. 127, n° 3, p. 602–615.
- Plowman-Prine, Emily K., Michael S. Okun, Christine M. Sapienza, Rahul Shrivastav, Hubert H. Fernandez, Kelly D. Foote, Catherine Ellis, Amy D. Rodriguez, Lori M. Burkhead et John C. Rosenbek (2009), « Perceptual characteristics of parkinsonian speech: A comparison of the pharmacological effects of levodopa across speech and non-speech motor systems », *NeuroRehabilitation*, vol. 24, n° 2, p. 131–144.
- Poewe, Werner (2009), « Treatments for Parkinson disease: past achievements and current clinical needs », *Neurology*, vol. 72, n° 7 (Suppl. 2), p. S65–S73.
- Poluha, Patricia C., Hans-Leo Teulings et Robert H. Brookshire (1998), « Handwriting and speech changes across the levodopa cycle in Parkinson's disease », *Acta Psychologica*, vol. 100, n° 1, p. 71–84.
- Potter, Ralph K. et John C. Steinberg (1950), « Toward the specification of speech », *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 22, n° 6, p. 807–820.
- Quagliari, Charles E. et Gastone G. Celesia (1977), « Effect of thalamotomy and levodopa therapy on the speech of Parkinson patients », *European Neurology*, vol. 15, n° 1, p. 34–39.
- Ramig, Lorraine O., Carolyn M. Bonitati, J. H. Lemke et Yoshiyuki Horii (1994), « Voice treatment for patients with Parkinson disease: Development of an approach and preliminary efficacy data », *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, vol. 2, n° 3, p. 191–209.
- Ramig, Lorraine O., Stefanie Countryman, Christopher O'Brien, Margaret Hoehn et Laetitia L. Thompson (1996), « Intensive speech treatment for patients with Parkinson's disease: Short- and long-term comparison of two techniques », *Neurology*, vol. 47, n° 6, p. 1496–1504.
- Ramig, Lorraine O., Stefanie Countryman, Laetitia L. Thompson et Yoshiyuki Horii (1995), « Comparison of two forms of intensive speech treatment for Parkinson disease », *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, vol. 38, n° 6, p. 1232–1251.
- Ramig, Lorraine O., Yoshiyuki Horii et Carolyn M. Bonitati (1991), « The efficacy of voice therapy for patients with Parkinson's disease », dans Titze, Ingo (dir.), *NCVS Status and Progress Report*, vol. 1, Salt Lake City, National Center for Voice and Speech, p. 61–86.
- Ramig, Lorraine O., C. Mead, Ronald C. Scherer, Yoshiyuki Horii, K. Larson et D. Kohler (1988), « Voice therapy and Parkinson's disease: A longitudinal study of efficacy », *Clinical Dysarthria*, San Diego, p. 4–7.
- Ramig, Lorraine O., Annette A. Pawlas et Stefanie Countryman (1995), *The Lee Silverman Voice Treatment: A Practical Guide for Treating the Voice and Speech Disorders in Parkinson Disease*, Iowa, National Center for Voice and Speech.
- Ramig, Lorraine O., Shimon Sapir, Stefanie Countryman, Annette A. Pawlas, Christopher O'Brien, Margaret Hoehn et Laetitia L. Thompson (2001), « Intensive voice treatment (LSVT) for patients with Parkinson's disease: A 2 year follow up », *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, vol. 71, n° 4, p. 493–498.
- Ramig, Lorraine O., Shimon Sapir, Cynthia Fox et Stefanie Countryman (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*, vol. 16, n° 1, p. 79–83.
- Riverin-Coutlée, Josiane et Vincent Arnaud (2014), « Portrait acoustique d'une variation régionale en français québécois contemporain : l'ouverture de la voyelle /ɛ/ en finale de mot », *Actes des XXXes Journées d'étude sur la parole*, Le Mans.
- Robertson, Lee T. et John P. Hammerstad (1996), « Jaw movement dysfunction related to Parkinson's disease and partially modified by levodopa », *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*,

vol. 60, n° 1, p. 41–50.

- Robertson, Sandra J. et Fay Thomson (1984), « Speech therapy in Parkinson's disease: A study of the efficacy and long term effects of intensive treatment », *British Journal of Disorders of Communication*, vol. 19, n° 3, p. 213–224.
- Rodríguez-Oroz, María C., Jose A. Obeso, Anthony E. Lang, Jean-Luc Houeto, Pierre Pollak, Stig Rehncrona, Jaime Kulisevsky, Alberto Albanese, Jens Volkmann, Marwan I. Hariz, Niall P. Quinn, Johannes D. Speelman, Jurge Guridi, Ivana Zamarbide, Alexandre Gironell, Juan Molet, Berta Pascual-Sedano, Bernard Pidoux, Anne-Marie Bonnet, Yves Agid, Jing Xie-Brustolin, Alim-Louis Benabid, Andres M. Lozano, Jean A. Saint-Cyr, Luigi M. Romito, Maria F. Contarino, Massimo Scerrati, Valérie Fraix et Nadège Van Blercom (2005), « Bilateral deep brain stimulation in Parkinson's disease: A multicentre study with 4 years follow-up », *Brain*, vol. 128, n° 10, p. 2240–2249.
- Rousseaux, Marc, Pierre Krystkowiak, Odile Kozłowski, Canan Özsancak, Serge Blond et Alain Destée (2004), « Effects of subthalamic nucleus stimulation on parkinsonian dysarthria and speech intelligibility », *Journal of Neurology*, vol. 251, n° 3, p. 327–334.
- Rubow, Rick et Edie Swift (1985), « A microcomputer-based wearable biofeedback device to improve transfer of treatment in parkinsonian dysarthria », *Journal of Speech and Hearing Disorders*, vol. 50, n° 2, p. 178–185.
- Rusz, Jan, Roman Cmejla, Tereza Tykalova, Hana Ruzickova, Jiri Klempir, Veronika Majerova, Jana Picmausova, Jan Roth et Evzen Ruzicka (2013), « Imprecise vowel articulation as a potential early marker of Parkinson's disease: effect of speaking task », *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 134, n° 3, p. 2171–81.
- Sanabria, Jaime, Pedro G. Ruiz, Raimundo Gutierrez, Francisco Marquez, Paloma Escobar, Michèle Gentil et Carlos Cenjor (2001), « The effect of levodopa on vocal function in Parkinson's disease », *Clinical Neuropharmacology*, vol. 24, n° 2, p. 99–102.
- Santens, Patrick, Miet De Letter, John Van Borsel, Jacques De Reuck et Jacques Caemaert (2003), « Lateralized effects of subthalamic nucleus stimulation on different aspects of speech in Parkinson's disease », *Brain and Language*, vol. 87, n° 2, p. 253–258.
- Sapir, Shimon, Lorraine O. Ramig, Patricia Hyot, Christopher O'Brien et Margaret Hoehn (2002), « Speech loudness and quality 12 months after intensive voice treatment (LSVT) for Parkinson's disease: A comparison with an alternative speech treatment », *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, vol. 54, n° 6, p. 296–303.
- Sapir, Shimon, Lorraine O. Ramig, Jennifer L. Spielman et Cynthia Fox (2010), « Formant centralization ratio: A proposal for a new acoustic measure of dysarthric speech », *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, vol. 53, n° 1, p. 114–125.
- Sapir, Shimon, Jennifer L. Spielman, Lorraine O. Ramig, Brad H. Story et Cynthia Fox (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*, vol. 50, n° 4, p. 899–912.
- Sarno, Martha T. (1968), « Speech impairment in Parkinson's disease », *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 49, n° 5, p. 269–275.
- Schrag, Anette-Eleonore, Michael Samuel, E. Caputo, T. Scaravilli, M. Troyer, Charles D. Marsden, David G. T. Thomas, Andrew J. Lees, David J. Brooks et Niall P. Quinn (1999), « Unilateral pallidotomy for Parkinson's disease: Results after more than 1 year », *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, vol. 67, n° 4, p. 511–517.
- Schulz, GERALYN M. et Megan K. Grant (2000), « Effects of speech therapy and pharmacologic and surgical treatments on voice and speech in Parkinson's disease: A review of the literature », *Journal of*

Communication Disorders, vol. 33, n° 1, p. 59–88.

- Schulz, GERALYN M., MELVIN GREER et WILLIAM FRIEDMAN (2000), « Changes in vocal intensity in Parkinson's disease following pallidotomy surgery », *Journal of Voice*, vol. 14, n° 4, p. 589–606.
- Schulz, GERALYN M., TERI PETERSON, CHRISTINE M. SAPIENZA, MELVIN GREER et WILLIAM FRIEDMAN (1999), « Voice and speech characteristics of persons with Parkinson's disease pre- and post-pallidotomy surgery: Preliminary findings », *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, vol. 42, n° 5, p. 1176–1194.
- Schwartz, Jean-Luc, Denis Beautemps, Christian Abry et Pierre Escudier (1993), « Inter-individual and cross-linguistic strategies for the production of the [i] vs. [y] contrast », *Journal of Phonetics*, vol. 21, n° 4, p. 411–425.
- Scott, Richard, Ralph Gregory, Nic Hines, Camille Carroll, Nigel Hyman, Vakis Papanasstasiou, Cathy Leather, Jeremy Rowe, Peter Silburn et Tipu Aziz (1998), « Neuropsychological, neurological and functional outcome following pallidotomy for Parkinson's disease: A consecutive series of eight simultaneous bilateral and twelve unilateral procedures », *Brain*, vol. 121, n° 4, p. 659–675.
- Scott, Sheila et F. I. Caird (1983), « Speech therapy for Parkinson's disease », *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, vol. 46, n° 2, p. 140–144.
- El Sharkawi, A., Lorraine O. Ramig, Jeri A. Logemann, B. R. Pauloski, A. W. Rademaker, C. H. Smith, Annette A. Pawlas, S. Baum et C. Werner (2002), « Swallowing and voice effects of Lee Silverman Voice Treatment (LSVT): A pilot study », *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, vol. 72, n° 1, p. 31–36.
- Sigouin, Caroline (2013), *Caractéristiques acoustiques des voyelles fermées tendues, relâchées et allongées en français québécois*, mémoire de maîtrise, Université du Québec à Chicoutimi.
- Sigouin, Caroline et Vincent Arnaud (2014), « Les voyelles fermées tendues, relâchées et allongées du français québécois : la contribution d'indices statiques/dynamiques et absolus/normalisés à la détermination de leur identité acoustique », *Actes des XXXes Journées d'étude sur la parole*, Le Mans.
- (2015), « Quebec french close vowels in lengthening contexts: Tense, lax or diphthongised? An acoustic study », *Proceedings of the 18th International Congress of Phonetic Sciences*, Glasgow.
- Skodda, Sabine, Wenke Grönheit et Uwe Schlegel (2012), « Impairment of vowel articulation as a possible marker of disease progression in Parkinson's disease », *Public Library of Science One*, vol. 7, n° 2, p. 1–8.
- Skodda, Sabine, Wenke Visser et Uwe Schlegel (2010), « Short- and long-term dopaminergic effects on dysarthria in early Parkinson's disease », *Journal of Neural Transmission*, vol. 117, n° 2, p. 197–205.
- (2011), « Vowel articulation in Parkinson's disease », *Journal of Voice*, vol. 25, n° 4, p. 467–472.
- Smith, Marshall E., Lorraine O. Ramig, Christopher Dromey, Kathe S. Perez et Ráz Samandari (1995), « Intensive voice treatment in Parkinson disease: Laryngostroboscopic findings », *Journal of Voice*, vol. 9, n° 4, p. 453–459.
- Spencer, Kristie A., Kelly W. Morgan et Emily Blond (2009), « Dopaminergic medication effects on the speech of individuals with Parkinson's disease », *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, vol. 17, n° 3, p. 125–144.
- Spielman, Jennifer L., Joan C. Borod et Lorraine O. Ramig (2003), « The effects of intensive voice treatment on facial expressiveness in Parkinson disease: Preliminary data », *Cognitive and Behavioral Neurology*, vol. 16, n° 3, p. 177–188.
- Stathopoulos, Elaine T., Jessica E. Huber et Joan E. Sussman (2011), « Changes in acoustic characteristics of the voice across the life span: Measures from individuals 4-93 years of age », *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, vol. 54, n° 4, p. 1011–1021.

- Stevens, Kenneth N. et Arthur S. House (1963), « Perturbation of vowel articulations by consonantal context: An acoustical study », *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, vol. 6, n° 2, p. 111–128.
- Stewart, Celia, Linda Winfield, Ann Hunt, Susan B. Bressman, Stanley Fahn, Andrew Blitzer et Mitchell F. Brin (1995), « Speech dysfunction in early Parkinson's disease », *Movement Disorders*, vol. 10, n° 5, p. 562–565.
- Strange, Winifred (1989), « Dynamic specification of coarticulated vowels spoken in sentence context », *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 85, n° 5, p. 2135–2153.
- Strange, Winifred, James J. Jenkins et Thomas L. Johnson (1983), « Dynamic specification of coarticulated vowels », *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 74, n° 3, p. 695–705.
- Strange, Winifred, Andrea Weber, Erika S. Levy, Valeriy Shafiro, Miwako Hisagi et Kanae Nishi (2007), « Acoustic variability within and across German, French, and American English vowels: Phonetic context effects », *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 122, n° 2, p. 1111–1129.
- Tasker, Ronald R., J. Siqueira, Peter A. Hawrylyshyn et Leslie W. Organ (1983), « What happened to VIM thalamotomy for Parkinson's disease », *Stereotactic and Functional Neurosurgery*, vol. 46, n° 1–4, p. 68–83.
- Theodoros, Deborah G. (2011), « Speech disorder in Parkinson disease », dans Theodoros, Deborah G. et Lorraine O. Ramig (dir.), *Communication and Swallowing in Parkinson's Disease*, San Diego, Plural Publishing, p. 51–88.
- Theodoros, Deborah G., Elizabeth C. Ward, Bruce E. Murdoch, Peter Silburn et Jennifer B. Lethlean (2000), « The impact of pallidotomy on motor speech function in Parkinson disease », *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, vol. 8, n° 4, p. 315–322.
- Tiffany, William R. (1953), « Vowel recognition as a function of duration, frequency modulation and phonetic context », *Journal of Speech and Hearing Disorders*, vol. 18, n° 3, p. 289–301.
- Tjaden, Kris et Gregory E. Wilding (2004), « Rate and loudness manipulations in dysarthria: Acoustic and perceptual findings », *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, vol. 47, n° 4, p. 766–783.
- Trail, Marilyn, Cynthia M. Fox, Lorraine O. Ramig, Shimon Sapir, Julia Howard et Eugene C. Lai (2005), « Speech treatment for Parkinson's disease », *NeuroRehabilitation*, vol. 20, n° 3, p. 205–221.
- Trautmüller, Hartmut (1990), « Analytical expressions for the tonotopic sensory scale », *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 88, n° 1, p. 97–100.
- Tripoliti, Elina, Ludvic Zrinzo, Irene Martinez-Torres, Eleanor Frost, Serge Pinto, Thomas Foltynie, Etienne M. Holl, Erika A. Petersen, Michael Roughton, Marwan I. Hariz et Patricia Limousin (2011), « Effects of subthalamic stimulation on speech of consecutive patients with Parkinson disease », *Neurology*, vol. 76, n° 1, p. 80–86.
- Uitti, Ryan J., Robert E. Wharen, Joseph R. Duffy, John A. Lucas, S. L. Schneider, Julie D. Rippeth, Zbigniew K. Wszolek, Alois A. Obwegeser, Margaret F. Turk et Elizabeth J. Atkinson (2000), « Unilateral pallidotomy for Parkinson's disease: Speech, motor and neuropsychological outcome measurements », *Parkinsonism and Related Disorders*, vol. 6, n° 3, p. 133–143.
- Wang, Emily Q., Katie Kompoliti, Jack J. Jiang et Christopher G. Goetz (2000), « An instrumental analysis of laryngeal responses to apomorphine stimulation in Parkinson disease », *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, vol. 8, n° 3, p. 175–186.
- Watson, Catherine I. et Jonathan Harrington (1999), « Acoustic evidence for dynamic formant trajectories in Australian English vowels », *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 106, n° 1, p. 458–468.
- Weiner, William J. et Anthony E. Lang (1989), *Movement Disorders: A Comprehensive Survey*, Mount Kisco, Futura Publishing Company.

- Weismer, Gary, Jing-Yi Jeng, Jacqueline S. Laures, Ray D. Kent et Jane F. Kent (2001), « Acoustic and intelligibility characteristics of sentence production in neurogenic speech disorders », *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, vol. 53, n° 1, p. 1–18.
- Wenke, Rachel J., Petrea Cornwell et Deborah G. Theodoros (2010), « Changes to articulation following LSVT® and traditional dysarthria therapy in non-progressive dysarthria », *International Journal of Speech-Language Pathology*, vol. 12, n° 3, p. 203–220.
- Wolfe, Virginia I., John S. Garvin, Mary Bacon et William Waldrop (1975), « Speech changes in Parkinson's disease during treatment with L-dopa », *Journal of Communication Disorders*, vol. 8, n° 3, p. 271–279.
- Yorkston, Kathryn M., David R. Beukelman, Edythe A. Strand et Mark Hakel (2010), *Management of motor speech disorders in children and adults*, 3e édition, Austin, Texas, Pro-Ed.
- Yunusova, Yana, Gary Weismer, John R. Westbury et Mary J. Lindstrom (2008), « Articulatory movements during vowels in speakers with dysarthria and healthy controls », *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, vol. 51, n° 3, p. 596–612.
- Zahorian, Stephen A. et Amir J. Jagharghi (1991), « Speaker normalization of static and dynamic vowel spectral features », *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 90, n° 1, p. 67–75.
- (1993), « Spectral-shape features versus formants as acoustic correlates for vowels », *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 94, n° 4, p. 1966–1982.
- Zwirner, Petra et Gary J. Barnes (1992), « Vocal tract steadiness: A measure of phonatory and upper airway motor control during phonation in dysarthria », *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, vol. 35, n° 4, p. 761–768.

Annexe 1 Tableaux des caractéristiques des participants

Tableau 22 : Caractéristiques des participants du groupe expérimental au moment des enregistrements

Sujets	Sexe	Âge	Langue maternelle	Lieu de naissance	Lieu de résidence	Durée de résidence	Anciens lieux de résidence	Nombre d'années de scolarité	Occupation au cours de leur vie	Occupation actuelle	Nombre d'années depuis le diagnostic de MP	Trouble de la parole connu
PD1	M	58	Français	<i>Information non fournie</i>	Québec	Plus de 20 ans	<i>Information non fournie</i>	14 ans	Agent d'assurances	Retraité	4 ans	Dysarthrie hypokinétique
PD3	M	60	Français	Montréal	Québec	6 mois	Ontario	19 ans	Traducteur et interprète anglais/français	Retraité	7 ans	Dysarthrie hypokinétique
PD5	M	67	Français	<i>Information non fournie</i>	Québec	Au moins 40 ans	Mauricie Ontario	17 ans	Ingénieur et directeur de services techniques	Retraité	22 ans	Dysarthrie hypokinétique
PD6	M	64	Français	Québec	Québec	64 ans	–	14 ans	Propriétaire de dépanneur	Retraité	6 ans	Dysarthrie hypokinétique
PD10	M	66	Français	Lac St-Jean	Québec	Au moins 30 ans	–	20 ans	Médecin de famille et enseignant	Retraité	8 ans	Dysarthrie hypokinétique sans hypophonie ou dysarthrie mixte hypokinétique-flasque

Tableau 23 : Caractéristiques des participants du groupe contrôle au moment des enregistrements

Sujets	Sexe	Âge	Langue maternelle	Lieu de naissance	Lieu de résidence	Durée de résidence	Anciens lieux de résidence	Niveau de scolarité	Occupation au cours de leur vie	Occupation actuelle	Troubles neurologiques connus	Troubles de la parole connus
SPD1	M	61	Français	Québec	Stoneham	10 ans	Ontario	Universitaire (maîtrise)	Enseignant et traducteur	Retraité	Aucun	Aucun
SPD2	M	61	Français	Québec	Québec	61 ans	–	Universitaire (maîtrise)	Administrateur	Retraité	Aucun	Aucun
SPD3	M	64	Français	Québec	Île d'Orléans	<i>Information non fournie</i>	Mauricie Outaouais	Secondaire	Homme d'affaires	Retraité	Aucun	Aucun

Annexe 2 Tableaux complémentaires

Tableau 24 : Forme graphémique des logatomes présentés aux locuteurs du groupe expérimental

1	papa	7	pipi	13	poupou
2	baba	8	bibi	14	boubou
3	tata	9	titi	15	toutou
4	dada	10	didi	16	doudou
5	kaka	11	kiki	17	koukou
6	gaga	12	guigui	18	gougou

Tableau 25 : Forme graphémique des logatomes présentés aux locuteurs du groupe contrôle

1	papa	7	pipi	13	poupou	19	pèpè
2	baba	8	bibi	14	boubou	20	bèbè
3	tata	9	titi	15	toutou	21	tètè
4	dada	10	didi	16	doudou	22	dèdè
5	kaka	11	kiki	17	koukou	23	kèkè
6	gaga	12	guigui	18	gougou	24	guèguè

Tableau 26 : Résultats des tests de Wilcoxon appariant les valeurs de dispersion globale et de chaque voyelle de R1 à celles de R2 et les valeurs d'espace vocalique maximal de R1 à celles de R2

Variable indépendante	Variable dépendante	ρ	Z	
R (2 modalités)	Dispersion vocalique	a	0,3452	-0,94
		i	0,2249	-1,21
		u	0,5002	-0,67
	Trois classes	0,3452	-0,94	
	Espace vocalique maximal	0,8927	-0,14	

Tableau 27 : Résultats des tests de Wilcoxon appariant les valeurs de dispersion de chaque classe vocalique avant traitement à celles après traitement

Variable indépendante	Variable dépendante	ρ	Z	
Moments d'enregistrement (2 modalités)	Dispersion vocalique	a	0,6858	-0,41
		i	0,8927	0,14
		u	0,0431*	-2,02

Annexe 3 Figures complémentaires

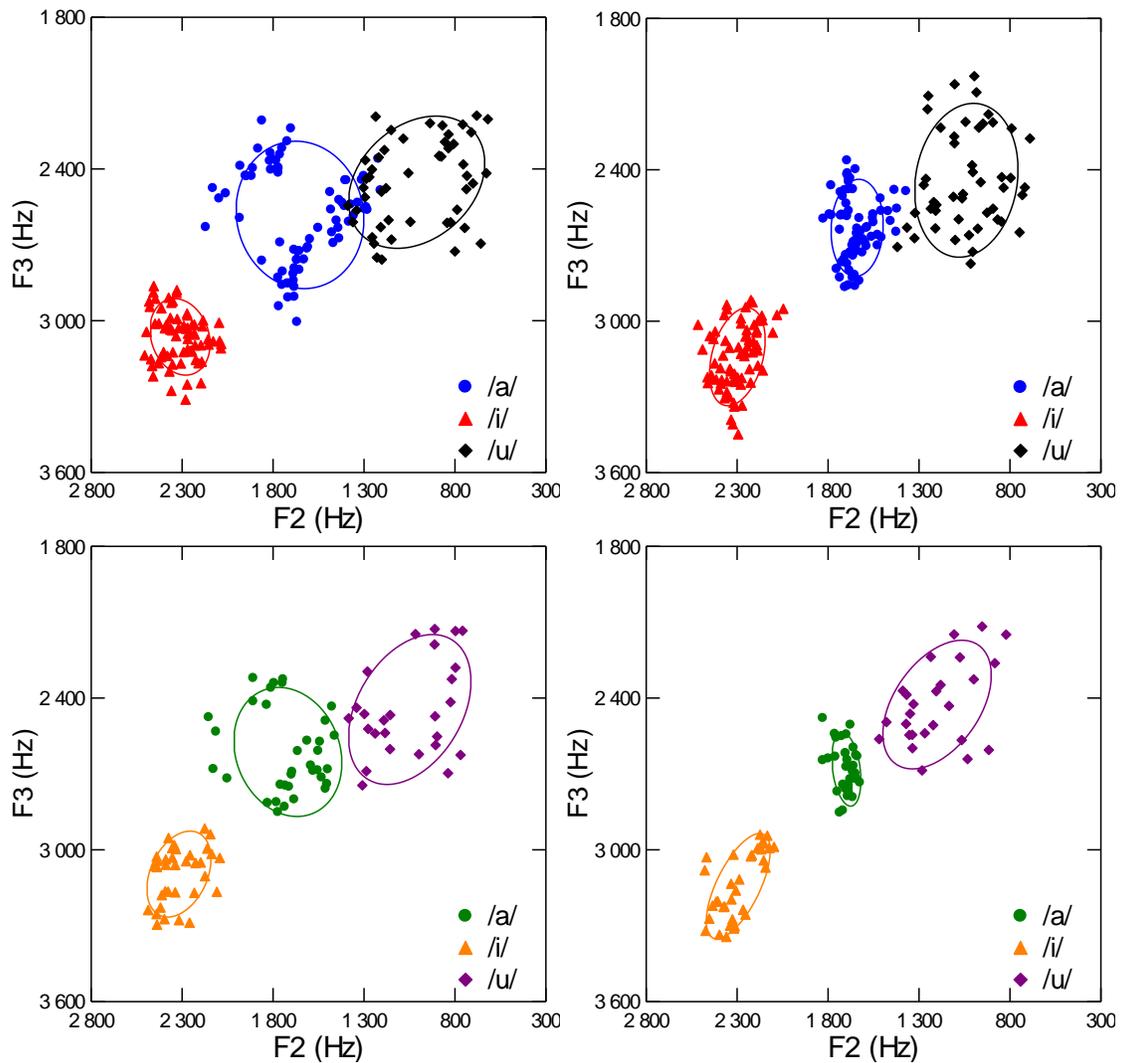


Figure 22 : Diagrammes bifonématiques F_2/F_3 (en Hz) présentant les valeurs formantiques de toutes les occurrences analysées à 25 % de la durée vocalique (à gauche) et à 75 % (à droite) pour le locuteur PD1 avant traitement (en haut) et après traitement (en bas) regroupées en fonction des trois classes vocaliques

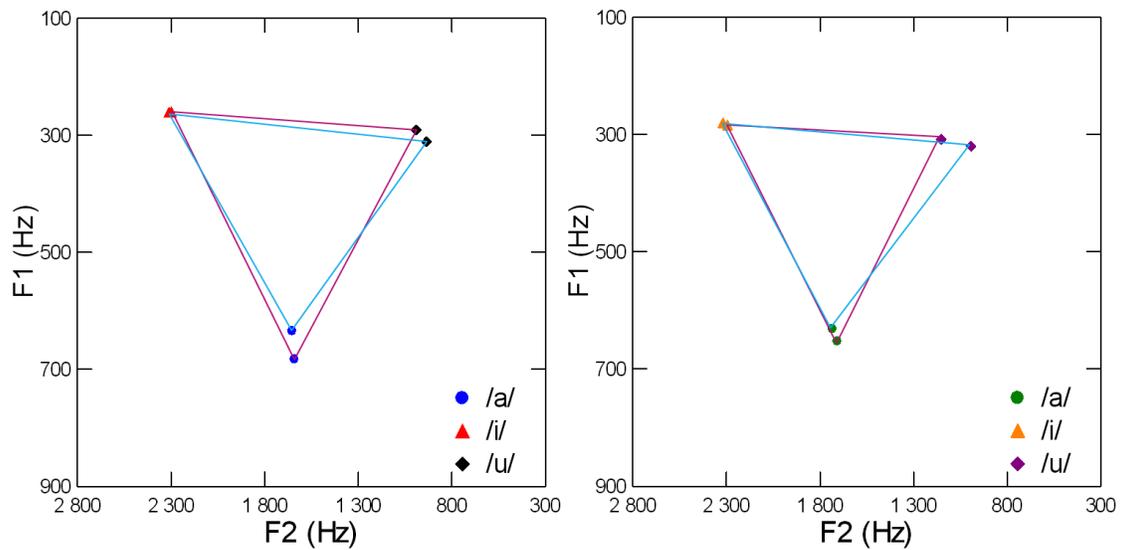


Figure 23 : Diagrammes bifonématiques F₁/F₂ (en Hz) présentant les espaces vocaux maximaux à 25 % (en bleu) et à 75 % (en rose) de la durée vocalique pour le locuteur PD1 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite)

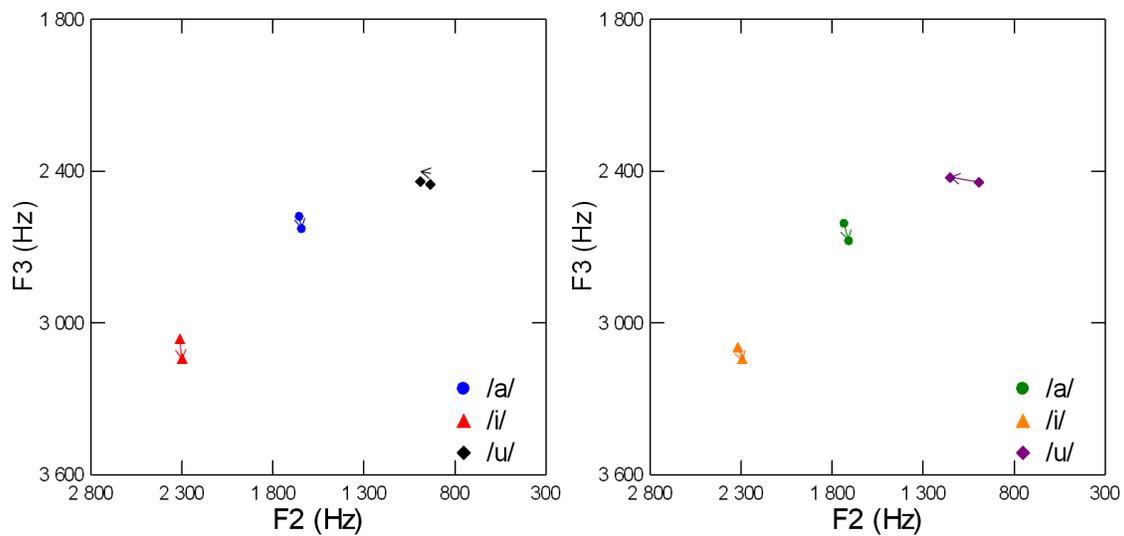


Figure 24 : Diagrammes bifonématiques F₂/F₃ (en Hz) présentant le mouvement formantique moyen des occurrences des classes vocales /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % (où la flèche pointe) de la durée vocalique pour le locuteur PD1 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite)

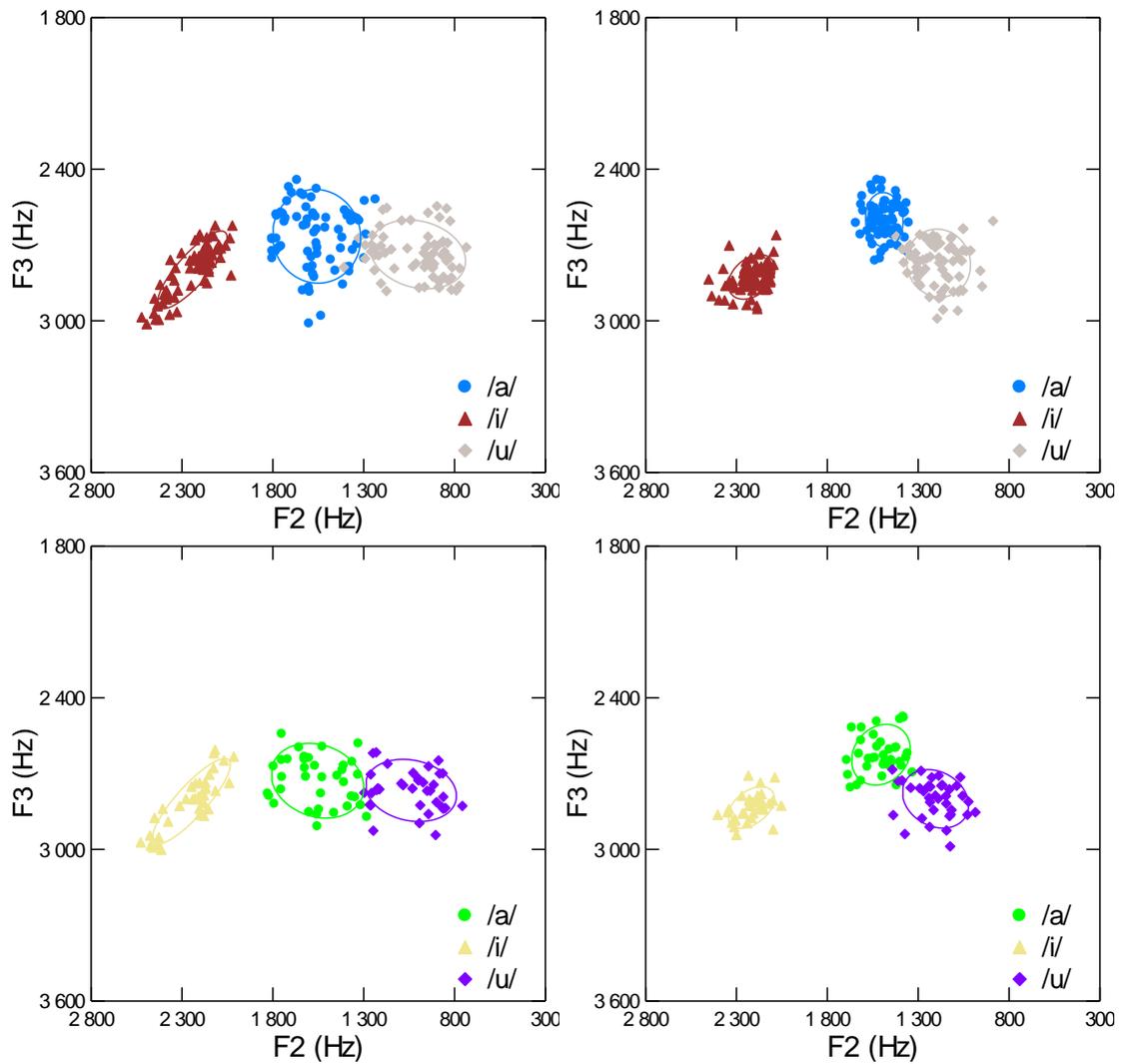


Figure 25 : Diagrammes bifonémiques F_2/F_3 (en Hz) présentant les valeurs formantiques de toutes les occurrences analysées à 25 % de la durée vocalique (à gauche) et à 75 % (à droite) pour le locuteur PD3 avant traitement (en haut) et après traitement (en bas) regroupées en fonction des trois classes vocaliques

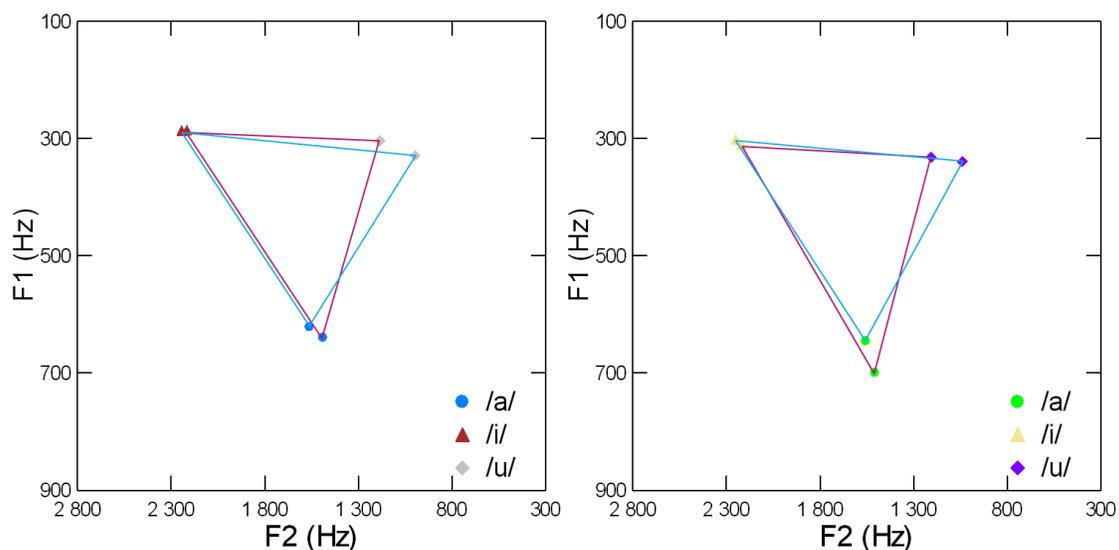


Figure 26 : Diagrammes biformantiques F₁/F₂ (en Hz) présentant les espaces vocaux maximaux à 25 % (en bleu) et à 75 % (en rose) de la durée vocalique pour le locuteur PD3 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite)

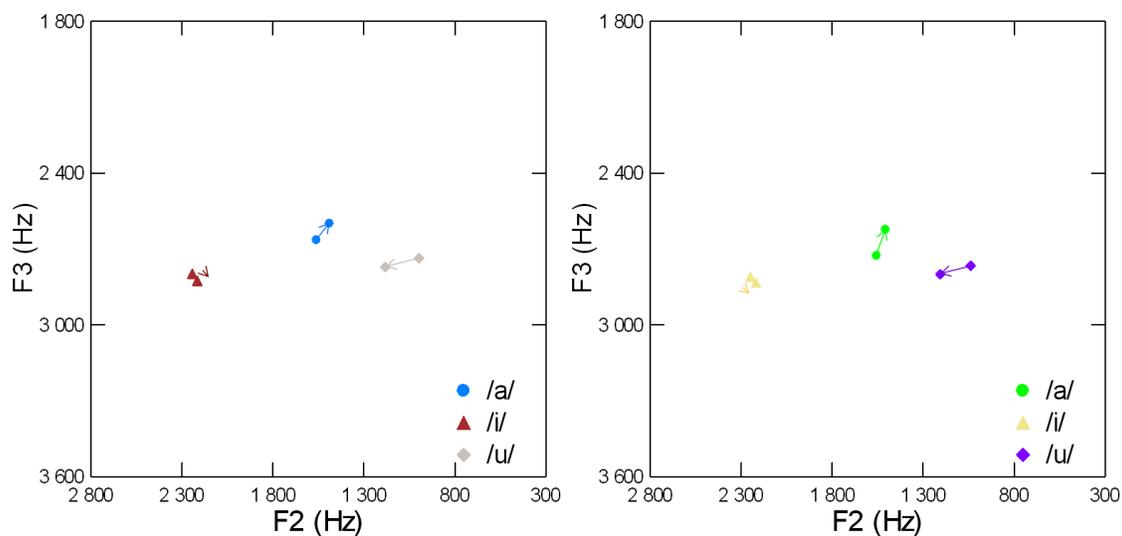


Figure 27 : Diagrammes biformantiques F₂/F₃ (en Hz) présentant le mouvement formantique moyen des occurrences des classes vocales /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % (où la flèche pointe) de la durée vocalique pour le locuteur PD3 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite)

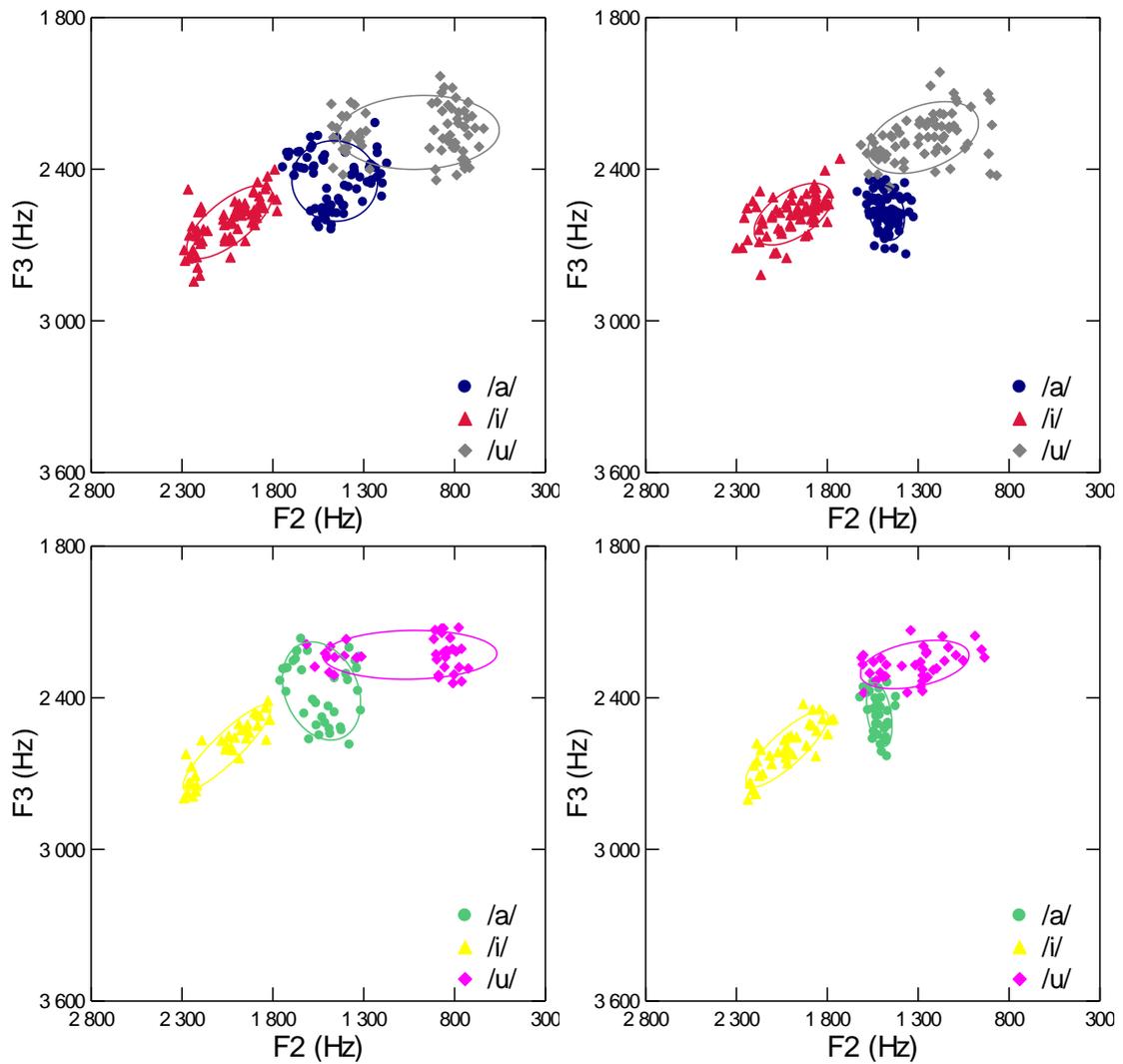


Figure 28 : Diagrammes bifonématiques F_2/F_3 (en Hz) présentant les valeurs formantiques de toutes les occurrences analysées à 25 % de la durée vocalique (à gauche) et à 75 % (à droite) pour le locuteur PD5 avant traitement (en haut) et après traitement (en bas) regroupées en fonction des trois classes vocaliques

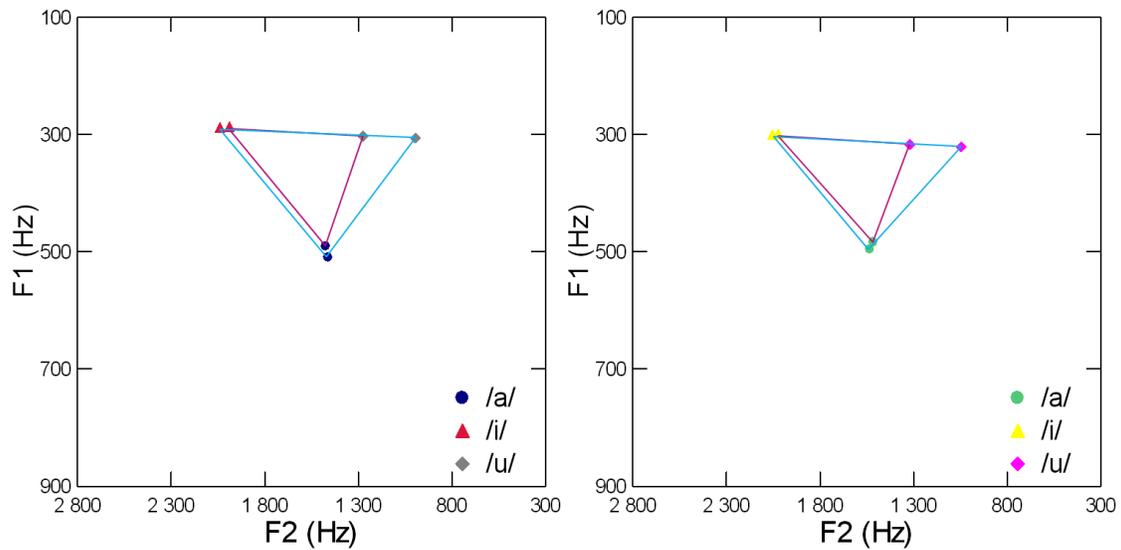


Figure 29 : Diagrammes bifonématiques F₁/F₂ (en Hz) présentant les espaces vocaliques maximaux à 25 % (en bleu) et à 75 % (en rose) de la durée vocalique pour le locuteur PD5 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite)

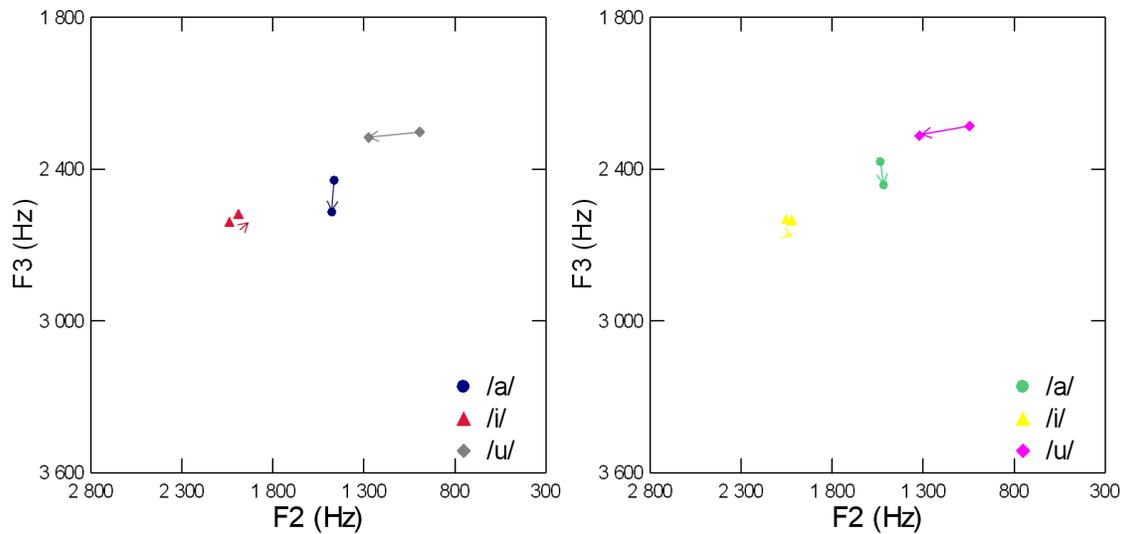


Figure 30 : Diagrammes bifonématiques F₂/F₃ (en Hz) présentant le mouvement formantique moyen des occurrences des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % (où la flèche pointe) de la durée vocalique pour le locuteur PD5 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite)

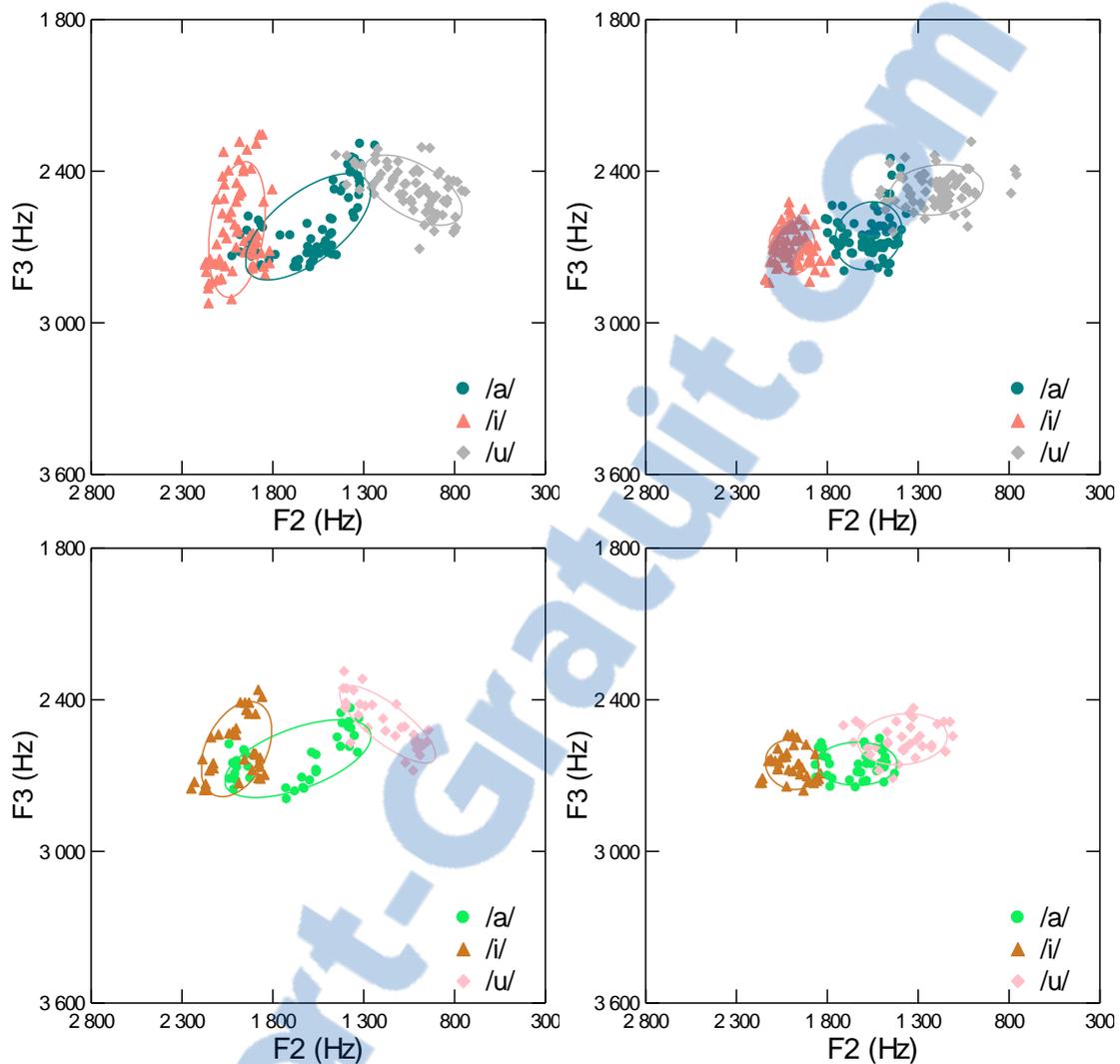


Figure 31 : Diagrammes bifonématiques F₂/F₃ (en Hz) présentant les valeurs formantiques de toutes les occurrences analysées à 25 % de la durée vocalique (à gauche) et à 75 % (à droite) pour le locuteur PD6 avant traitement (en haut) et après traitement (en bas) regroupées en fonction des trois classes vocaliques

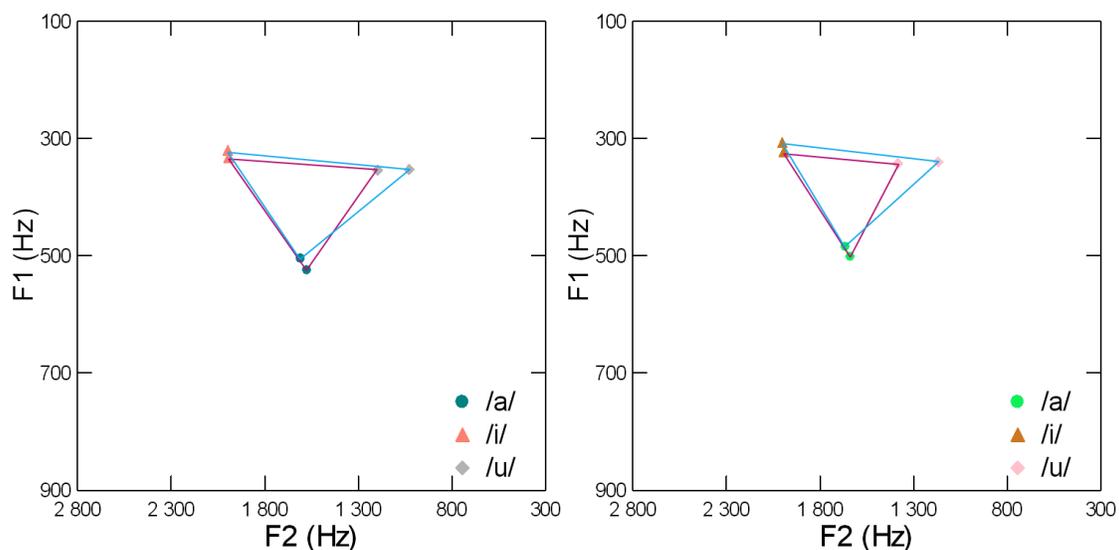


Figure 32 : Diagrammes bifonémiques F_1/F_2 (en Hz) présentant les espaces vocaliques maximaux à 25 % (en bleu) et à 75 % (en rose) de la durée vocalique pour le locuteur PD6 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite)

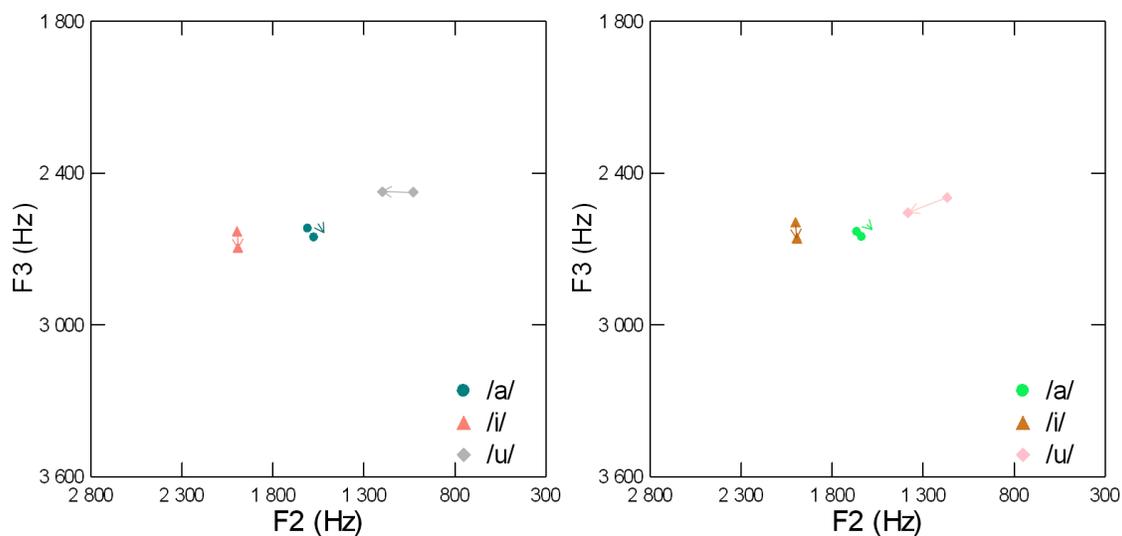


Figure 33 : Diagrammes bifonémiques F_2/F_3 (en Hz) présentant le mouvement formantique moyen des occurrences des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % (où la flèche pointe) de la durée vocalique pour le locuteur PD6 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite)

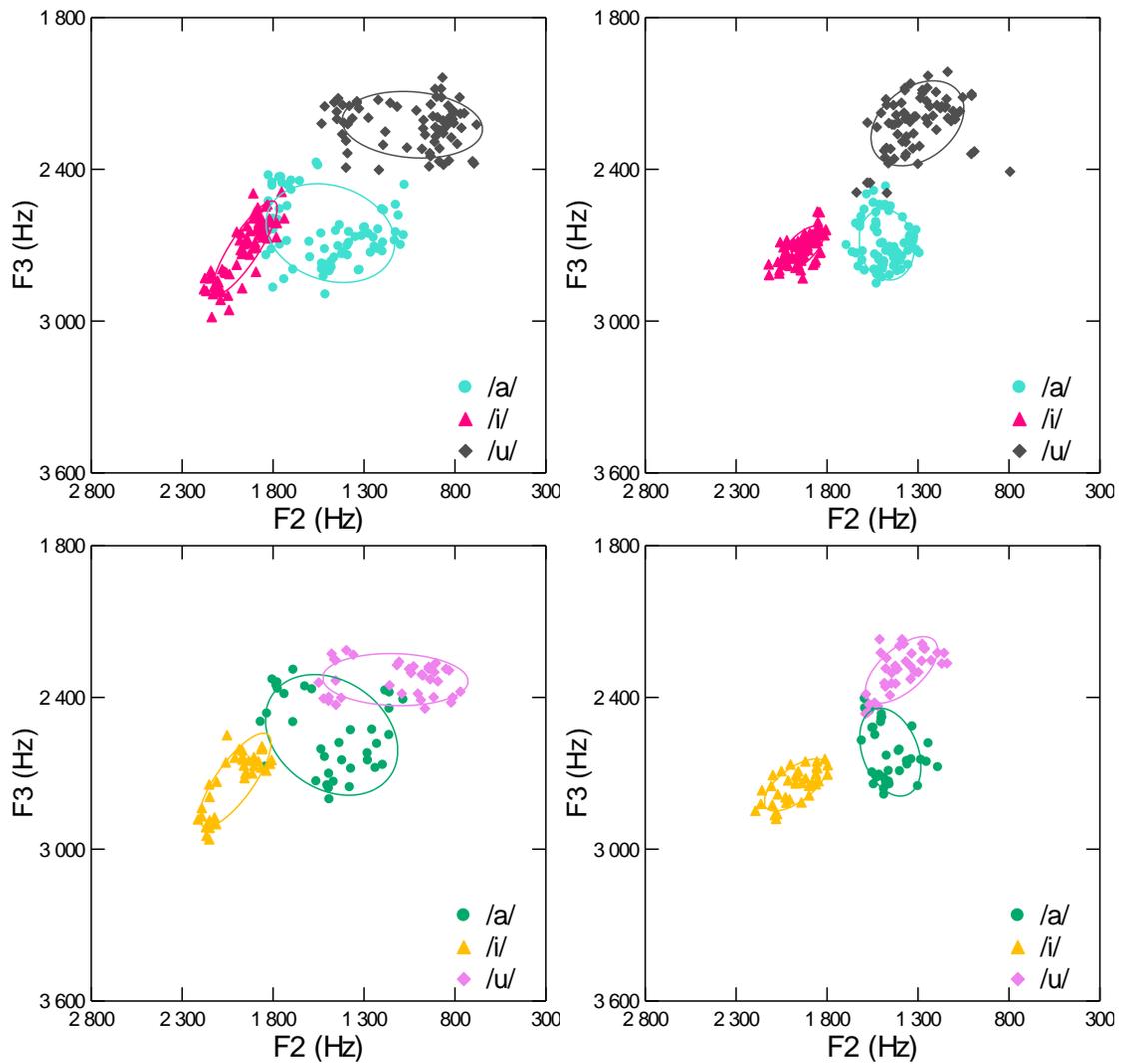


Figure 34 : Diagrammes biformantiques F_2/F_3 (en Hz) présentant les valeurs formantiques de toutes les occurrences analysées à 25 % de la durée vocalique (à gauche) et à 75 % (à droite) pour le locuteur PD10 avant traitement (en haut) et après traitement (en bas) regroupées en fonction des trois classes vocaliques



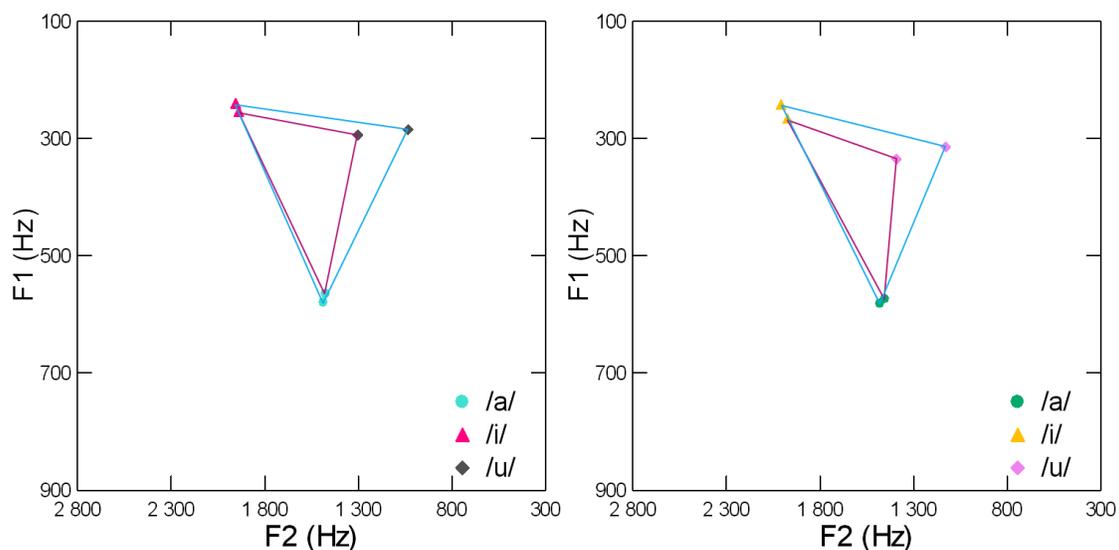


Figure 35 : Diagrammes bifonémiques F_1/F_2 (en Hz) présentant les espaces vocaux maximaux à 25 % (en bleu) et à 75 % (en rose) de la durée vocalique pour le locuteur PD10 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite)

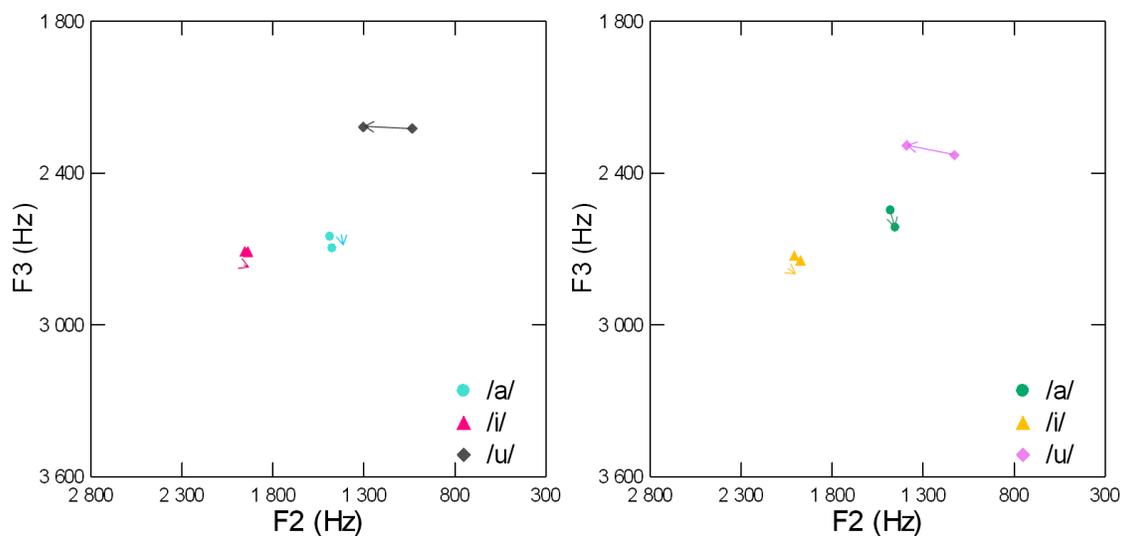


Figure 36 : Diagrammes bifonémiques F_2/F_3 (en Hz) présentant le mouvement formantique moyen des occurrences des classes vocaliques /a/, /i/ et /u/ de 25 % à 75 % (où la flèche pointe) de la durée vocalique pour le locuteur PD10 avant traitement (à gauche) et après traitement (à droite)

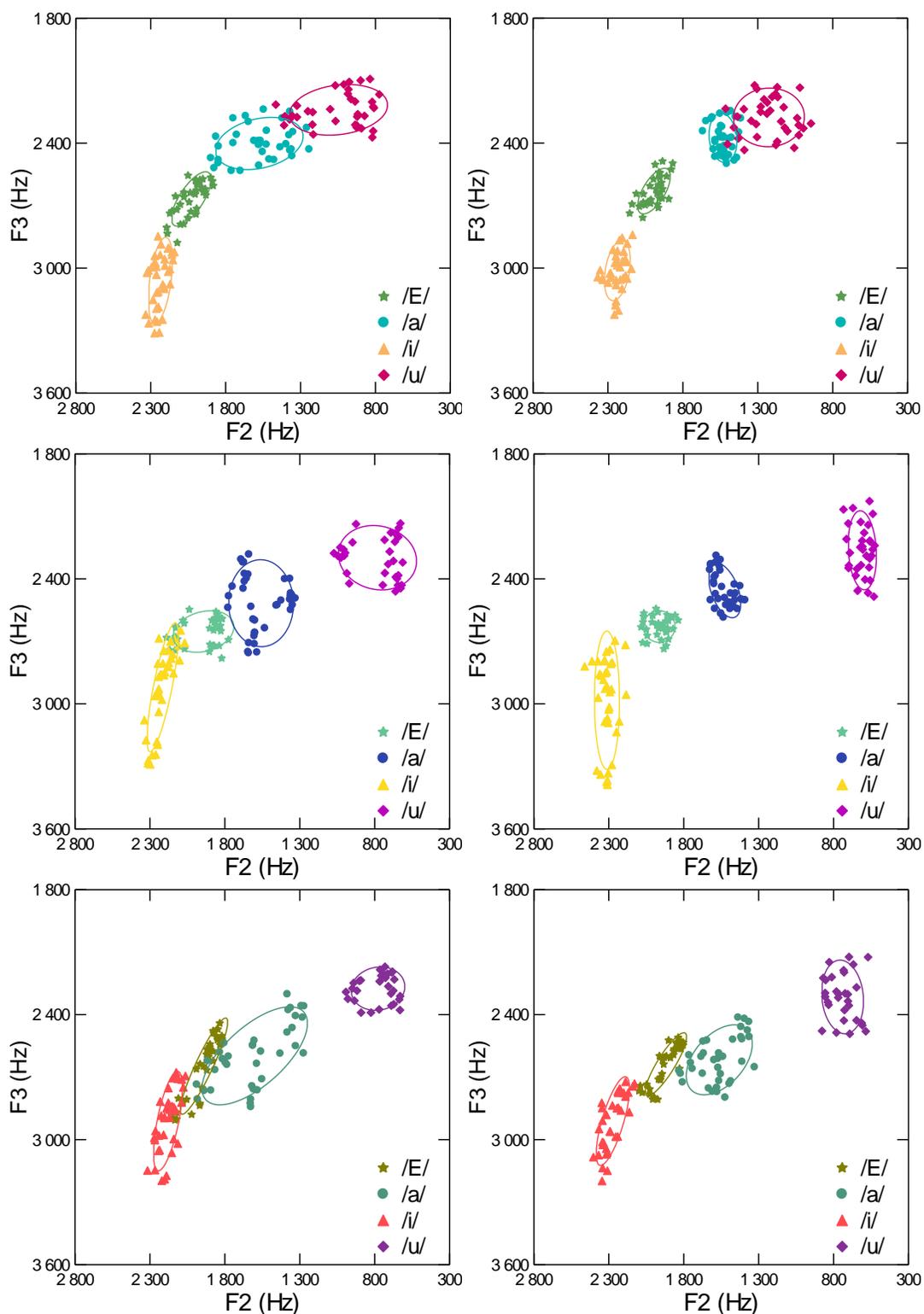


Figure 37 : Diagrammes bifonémiques F_2/F_3 (en Hz) présentant les valeurs formantiques de toutes les occurrences analysées à 25 % de la durée vocalique (à gauche) et à 75 % (à droite) pour les locuteurs SPD1 (en haut), SPD2 (au centre) et SPD3 (en bas) regroupées en fonction des quatre classes vocaliques

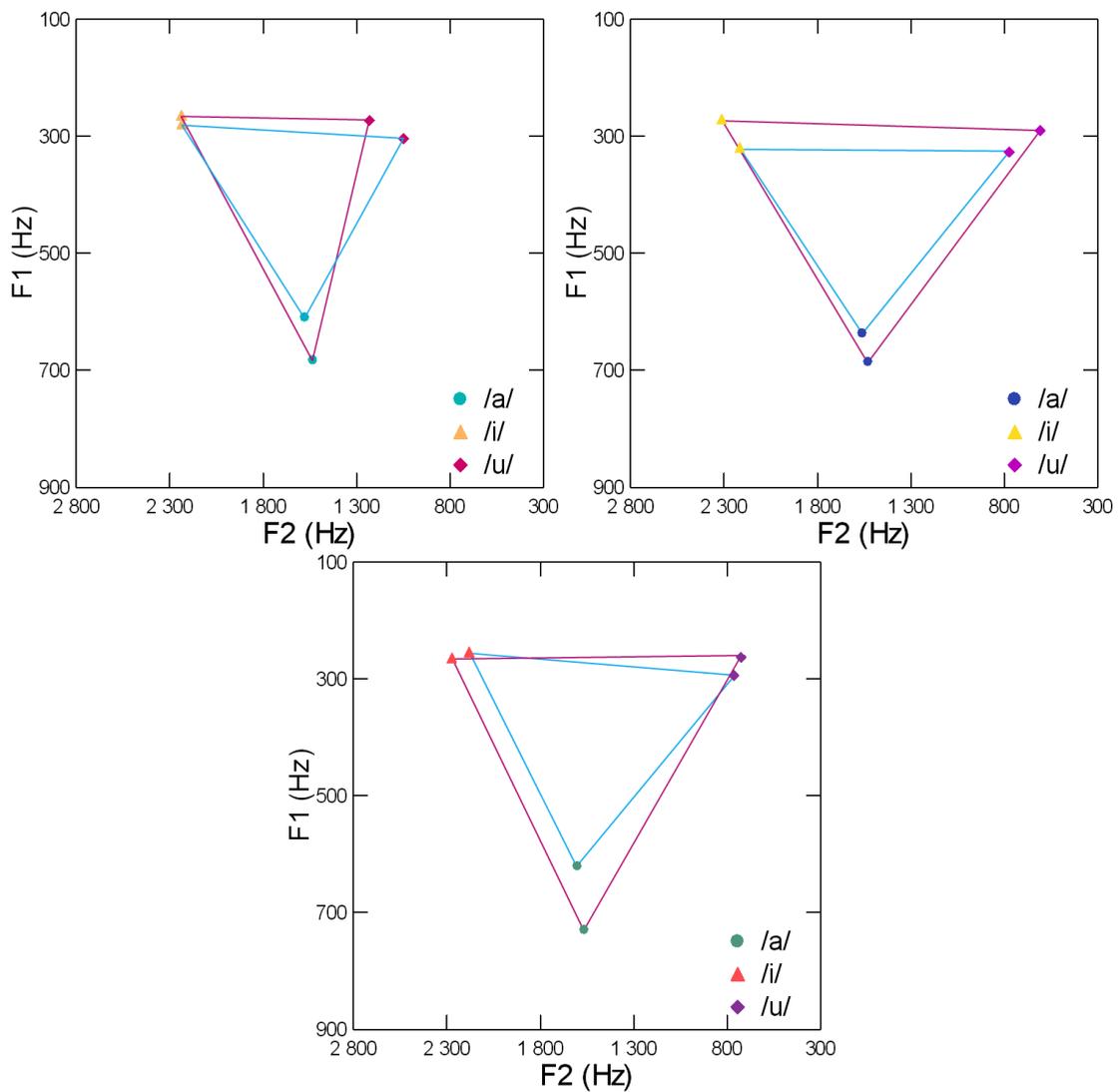


Figure 38 : Diagrammes bifonémiques F_1/F_2 (en Hz) présentant les espaces vocaliques maximaux à 25 % (en bleu) et à 75 % (en rose) de la durée vocalique pour les locuteurs SPD1 (coin supérieur gauche), SPD2 (coin supérieur droite) et SPD3 (en bas)

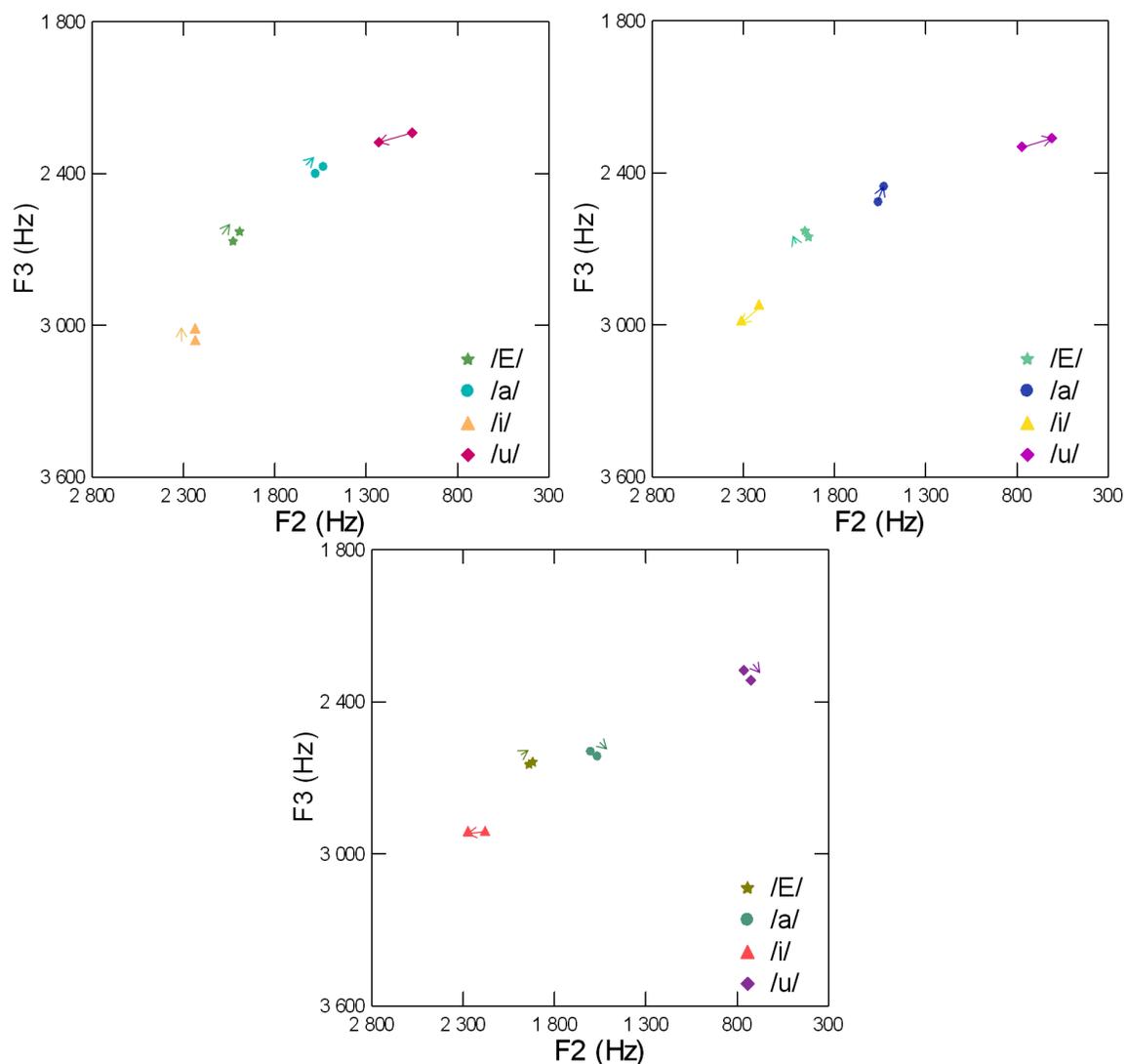


Figure 39 : Diagrammes bifonémiques F_2/F_3 (en Hz) présentant le mouvement formantique moyen des occurrences des classes vocaliques / ϵ /, / a /, / i / et / u / de 25 % à 75 % (où la flèche pointe) de la durée vocalique pour les locuteurs SPD1 (coin supérieur gauche), SPD2 (coin supérieur droite) et SPD3 (en bas)