

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

ÉTUDE ACOUSTIQUE ET ARTICULATOIRE DE LA PRODUCTION DE
VOYELLES CHEZ DES LOCUTEURS ATTEINTS DE LA MALADIE DE
PARKINSON

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN LINGUISTIQUE

PAR

GABRIELLE RICHARD

AOÛT 2009

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Tout d’abord, merci à Lucie qui m’a donné la chance de faire part du laboratoire de phonétique de l’UQAM, où j’ai eu l’opportunité de participer à divers projets. Merci d’avoir accepté de me diriger, et de m’avoir donné le goût de la recherche, j’ai beaucoup appris pendant les 2 dernières années.

Merci à Mélanie Thibeault, pour ses nombreux conseils techniques et son aide quasi quotidienne en ce qui a trait à tous les aspects de mon mémoire. Merci aussi pour le support moral, les connaissances partagées et ta sagesse!

Merci à Amélie Brisebois avec qui j’ai eu la chance de faire les 2 ans de maîtrise. Lundi matins, doubles lattés soya, support moral, rédaction, conseils professionnels et personnels, aide pendant les enregistrements et pendant les cours de la première année de la maîtrise. On a survécu!

Merci à Aude Noiray, des Laboratoires Haskins, qui m’a accueillie pendant les 3 mois de mon stage l’hiver dernier, et qui m’a beaucoup conseillée et aidée pendant les analyses. Merci de ton écoute et de tes conseils.

Merci à Doug Whalen et Khalil Iskarous, de Haskins Laboratories, pour leur intérêt envers mon projet, les questions et commentaires sur mes démarches, les discussions, et l’aide dans les analyses.

Merci aux autres du labo de phonétique de l’UQAM – Jérôme, Corinne, Serge, Tatiana, Caro et Annie.

Finalement, merci à Henri Cohen et à Charles Garneau pour la collaboration avec les sujets parkinsoniens (clinique Ste-Anne Mémoire et Mouvement de Québec).

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES	vi
LISTE DES TABLEAUX	ix
RÉSUMÉ	xi
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I CADRE THÉORIQUE	3
1.1 Production de la parole	4
1.2 La maladie de Parkinson	5
1.2.1 Anatomie de la MP	6
1.2.2 Symptômes de la MP	7
1.2.3 La MP et ses effets sur la production de la parole	10
1.3 Ultrason	26
1.4 Emphase contrastive	29
CHAPITRE II PROCÉDURE EXPÉRIMENTALE	33
2.1 Participants	33
2.1.1 Participants atteints de la maladie de Parkinson (groupe P)	34
2.1.2 Participants du groupe contrôle (groupe C)	35
2.2 Corpus expérimental	36
2.3 Procédures d'enregistrement	37

2.3.1	Montage	38
2.3.2	Équipement	39
2.3.3	Déroulement de l'expérience	39
2.4	Traitement des données	39
2.4.1	Traitement acoustique	39
2.4.2	Locus	45
2.4.3	Traitement articulatoire	47
CHAPITRE III RÉSULTATS ACOUSTIQUES		53
3.1	Formants	53
3.2	Écarts types	61
3.3	Distances euclidiennes	66
3.4	Locus	70
CHAPITRE IV RÉSULTATS ARTICULATOIRES		73
4.1	Asymétrie	73
4.2	Courbure	78
4.3	Angles	81
4.3.1	Angle A	82
4.3.2	Angle B	86
4.3.3	Angle C	90
CHAPITRE V DISCUSSION		93
5.1	Mesures acoustiques	93
5.1.1	Formants	93
5.1.2	Variabilité des productions	95
5.1.3	Distances euclidiennes	95
5.1.4	Locus	97
5.2	Mesures articulatoires	97
5.2.1	Asymétrie	97

5.2.2	Courbure.....	98
5.2.3	Angles	98
5.3	Résumé des résultats	99
5.4	Remarques.....	100
CONCLUSION		102
APPENDICE A DONNÉES ACOUSTIQUES		105
APPENDICE B DONNÉES ARTICULATOIRES.....		121
RÉFÉRENCES		161

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1.1: LE SYSTÈME RESPIRATOIRE, LE LARYNX ET LE SYSTÈME SUPRALARYNGÉ (TIRÉ DE KENT (1997))	4
FIGURE 1.2: RELATIONS HYPOTHÉTIQUES ENTRE L'ANATOMIE, LES DÉFICITS MOTEURS, LES CORRÉLATS PHYSIOLOGIQUES ET LES EFFETS SUR LES MESURES ACOUSTIQUES ET ARTICULATOIRES DE LA MP SUR LA PAROLE (ADAPTÉ DE GOBERMAN ET COELHO (2002)).....	12
FIGURE 2.1: MONTAGE	38
FIGURE 2.2: EXEMPLE DE FENÊTRE D'ANALYSE ET D'ÉTIQUETAGE DANS PRAAT	40
FIGURE 2.3: EXEMPLE DE FENÊTRE DE SÉLECTION DU SCRIPT, POUR LA VOYELLE ET LE SEXE DU LOCUTEUR	41
FIGURE 2.4: EXEMPLE DE FENÊTRE D'ANALYSE DU SCRIPT D'EXTRACTION DE FORMANTS	42
FIGURE 2.5: F1, F2 ET LEURS CORRÉLATS ARTICULATOIRES	43
FIGURE 2.6: EXEMPLE DE TRAPÈZE ACOUSTIQUE RÉDUIT (ROUGE=RÉDUIT)	44
FIGURE 2.7: EXEMPLE DE CALCUL DE DISTANCE EUCLIDIENNE.....	45
FIGURE 2.8: EXEMPLES DE PENTES D'ÉQUATION DU LOCUS (À GAUCHE: PENTE FAIBLE, DONC PEU DE COARTICULATION; À DROITE: PENTE ÉLEVÉE, DONC BEAUCOUP DE COARTICULATION)	46
FIGURE 2.9: EXEMPLE D'IMAGE DE LA LANGUE AVEC L'ULTRASON (LA PARTIE ANTÉRIEURE DE LA LANGUE CORRESPOND À LA DROITE, ET LA PARTIE POSTÉRIEURE CORRESPOND À LA GAUCHE)....	48
FIGURE 2.10: EXEMPLE DE TRACÉ DU CONTOUR DE LA LANGUE DANS EDGETrak (POINTS ROUGES)....	49
FIGURE 2.11: LINGUA PLACE LE CONTOUR DE LA LANGUE SUR UNE GRILLE RADIALE ET PLACE UN TRIANGLE SOUS CE CONTOUR	50
FIGURE 2.12: LA COURBURE (AB/CD) ET L'ASYMÉTRIE (AD/DB) (TIRÉ DE AUBIN (2006)).	51
FIGURE 2.13: LES ANGLES A, B ET C TELS QUE CALCULÉS PAR LINGUA	51
FIGURE 2.14: TRIANGLES ET ANGLES DES VOYELLES /a/, /i/ ET /u/ (TIRÉ DE AUBIN (2006))	52
FIGURE 3.1: F1 (EN MELS), EN CONTEXTE CONSONANTIQUE /b/	54
FIGURE 3.2: F1 (EN MELS), EN CONTEXTE CONSONANTIQUE /d/	54

FIGURE 3.3: F2 (EN MELS), EN CONTEXTE CONSONANTIQUE /B/ (C=CONTRÔLES, P=PARKINSON)	57
FIGURE 3.4: F2 (EN MELS), EN CONTEXTE CONSONANTIQUE /D/ (C=CONTRÔLES, P=PARKINSON)	58
FIGURE 3.5: ÉCART TYPE MOYEN POUR F1, EN CONTEXTE CONSONANTIQUE /B/ (C=CONTRÔLES, P=PARKINSON).....	61
FIGURE 3.6: ÉCART TYPE MOYEN POUR F1, EN CONTEXTE CONSONANTIQUE /D/ (C=CONTRÔLES, P=PARKINSON).....	62
FIGURE 3.7: ÉCART TYPE MOYEN POUR F2, EN CONTEXTE CONSONANTIQUE /B/ (C=CONTRÔLES, P=PARKINSON).....	64
FIGURE 3.8: ÉCART TYPE MOYEN POUR F2, EN CONTEXTE CONSONANTIQUE /D/ (C=CONTRÔLES, P=PARKINSON).....	64
FIGURE 3.9: DISTANCES EUCLIDIENNES ENTRE LES VALEURS DE FORMANTS DES VOYELLES /A/ ET /I/ (C=CONTRÔLES, P=PARKINSON).....	67
FIGURE 3.10: DISTANCES EUCLIDIENNES ENTRE LES VALEURS DE FORMANTS NEUTRE ET EMPHASE (C=CONTRÔLES, P=PARKINSON).....	69
FIGURE 3.11: PENTES DE L'ÉQUATION DU LOCUS (C=CONTRÔLES, P=PARKINSON).....	71
FIGURE 4.1: CONTOURS DE LANGUE DE LA LOCUTRICE C5, POUR LES VOYELLES /A/ (ROUGE) ET /I/ (BLEU), EN CONDITION EMPHASE ET EN CONTEXTE CONSONANTIQUE /B/.....	74
FIGURE 4.2: ASYMÉTRIE POUR LES VOYELLES EN CONTEXTE CONSONANTIQUE /B/ (C=CONTRÔLES, P=PARKINSON).....	75
FIGURE 4.3: ASYMÉTRIE POUR LES VOYELLES EN CONTEXTE CONSONANTIQUE /D/ (C=CONTRÔLES, P=PARKINSON).....	75
FIGURE 4.4: CONTOURS DE LANGUE DE LA LOCUTRICE C5, POUR LES VOYELLES /A/ (ROUGE) ET /I/ (BLEU), EN CONDITION EMPHASE ET EN CONTEXTE CONSONANTIQUE /B/.....	78
FIGURE 4.5: COURBURE POUR LES VOYELLES EN CONTEXTE CONSONANTIQUE /B/ (C=CONTRÔLES, P=PARKINSON).....	79
FIGURE 4.6: COURBURE POUR LES VOYELLES EN CONTEXTE CONSONANTIQUE /D/ (C=CONTRÔLES, P=PARKINSON).....	79
FIGURE 4.7: LES ANGLES DU TRIANGLE TELS QUE CALCULÉS PAR LINGUA	81
FIGURE 4.8: CONTOURS ET TRIANGLES AVEC LEURS ANGLES A, B ET C DANS LINGUA, POUR /A/ ET /I/, À PARTIR DE TRACÉS RÉELS (LOCUTRICE C5), EN CONTEXTE CONSONANTIQUE /B/, ET EN CONDITION PROSODIQUE EMPHASE	82
FIGURE 4.9: ANGLE A DU TRIANGLE ET ÉCART TYPE, POUR CONTEXTE CONSONANTIQUE /B/ (C=CONTRÔLES, P= PARKINSON).....	83

FIGURE 4.10: ANGLE A DU TRIANGLE ET ÉCART TYPE, POUR CONTEXTE CONSONANTIQUE /D/ (C=CONTRÔLES, P=PARKINSON)	83
FIGURE 4.11: ANGLE B DU TRIANGLE ET ÉCART TYPE, POUR CONTEXTE CONSONANTIQUE /B/ (C=CONTRÔLES, P= PARKINSON)	87
FIGURE 4.12: ANGLE B DU TRIANGLE ET ÉCART TYPE, POUR CONTEXTE CONSONANTIQUE /D/ (C=CONTRÔLES, P= PARKINSON)	88
FIGURE 4.13: EXEMPLES DE TRIANGLES AVEC LEURS ANGLES (TIRÉ DE AUBIN (2006)).....	89
FIGURE 4.14: ANGLE C DU TRIANGLE ET ÉCART TYPE, POUR CONTEXTE CONSONANTIQUE /B/ (C=CONTRÔLES, P= PARKINSON)	90
FIGURE 4.15: ANGLE C DU TRIANGLE ET ÉCART TYPE, POUR CONTEXTE CONSONANTIQUE /D/ (C=CONTRÔLES, P= PARKINSON)	91

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1.1: SYMPTÔMES INITIAUX (TIRÉ ET ADAPTÉ DE HOEHN ET YAHR (1967))	8
TABLEAU 1.2: LES STADES D'INVALIDITÉ DE HOEHN ET YAHR (TIRÉ ET ADAPTÉ DE HOEHN ET YAHR, 1967).....	9
TABLEAU 1.3: RÉSUMÉ DES ÉTUDES PERCEPTIVES, ACOUSTIQUES ET ARTICULATOIRES.....	21
TABLEAU 2.1: LISTE DES LOCUTEURS DU GROUPE P, INCLUANT L'ÂGE, LE SEXE, LE STADE SELON HOENH ET YAHR, ET LE STADE DE LA MÉDICATION	34
TABLEAU 2.2: LISTE DES LOCUTEURS DU GROUPE C, INCLUANT L'ÂGE ET LE SEXE	35
TABLEAU 3.1: RÉSULTATS DE L'ANOVA À MESURES RÉPÉTÉES SUR F1	55
TABLEAU 3.2: RÉSULTATS DES TESTS POST-HOC (TUKEY) SUR L'INTERACTION CONDITION*GROUPE, POUR F1	56
TABLEAU 3.3: ANOVA À MESURES RÉPÉTÉES SUR LES VALEURS DE F2.....	58
TABLEAU 3.4: RÉSULTATS DES TESTS POST-HOC (TUKEY) SUR L'INTERACTION VOYELLE*CONDITION*CONSONNE	59
TABLEAU 3.5: ANOVA À MESURES RÉPÉTÉES SUR LES RÉSULTATS D'ÉCART TYPE POUR F1	62
TABLEAU 3.6: ANOVA À MESURES RÉPÉTÉES SUR LES RÉSULTATS D'ÉCART TYPE POUR F2	65
TABLEAU 3.7: RÉSULTATS DES TESTS POST-HOC (TUKEY) SUR L'INTERACTION VOYELLE*CONDITION ..	66
TABLEAU 3.8: ANOVA À MESURES RÉPÉTÉES SUR LES DISTANCES EUCLIDIENNES ENTRE /a/ ET /i/	67
TABLEAU 3.9: ANOVA À MESURES RÉPÉTÉES SUR LES DISTANCES EUCLIDIENNES NEUTRE-EMPHASE..	69
TABLEAU 3.10: ANOVA À MESURES RÉPÉTÉES SUR LES VALEURS DE PENTES DU LOCUS.....	71
TABLEAU 4.1: RÉSULTATS DE L'ANOVA À MESURES RÉPÉTÉES SUR L'ASYMÉTRIE	76
TABLEAU 4.2: RÉSULTATS DES TESTS POST-HOC (TUKEY) SUR L'INTERACTION CONSONNE*VOYELLE ..	77
TABLEAU 4.3: RÉSULTATS DE L'ANOVA À MESURES RÉPÉTÉES SUR LE PARAMÈTRE DE COURBURE.....	80
TABLEAU 4.4: RÉSULTATS DE L'ANOVA À MESURES RÉPÉTÉES SUR LES ANGLES A	84
TABLEAU 4.5: RÉSULTATS DES TESTS POST-HOC (TUKEY) SUR L'INTERACTION CONSONNE*VOYELLE ..	85
TABLEAU 4.6: RÉSULTATS DES TESTS POST-HOC SUR L'INTERACTION VOYELLE*CONDITION.....	86

TABLEAU 4.7: ANOVA À MESURES RÉPÉTÉES SUR L'ANGLE B.....	88
TABLEAU 4.8: ANOVA À MESURES RÉPÉTÉES SUR LES RÉSULTATS DE L'ANGLE C.....	91
TABLEAU 4.9: RÉSULTATS DES TESTS POST-HOC SUR L'INTERACTION VOYELLE*CONDITION.....	92
TABLEAU 5.1: TABLEAU RÉSUMÉ DES RÉSULTATS	99
TABLEAU A.1: RÉSULTATS ACOUSTIQUES BRUTS (EN Hz) (Gr. = GROUPE; L. = LOCUTEUR).....	105
TABLEAU A.2: DONNÉES ACOUSTIQUES BRUTES DE F2 INITIAL ET F2 CENTRE (POUR LE CALCUL DE L'ÉQUATION DU LOCUS) (Gr. = GROUPE, L. = LOCUTEUR, I=INITIAL, C=CENTRE).....	112
TABLEAU B.1: RÉSULTATS ARTICULATOIRES : ASYMÉTRIE ET COURBURE (Gr. = GROUPE, L. = LOCUTEUR, CONS. = CONTEXTE CONSONANTIQUE, AS = ASYMÉTRIE, CO = COURBURE)	121
TABLEAU B.2: RÉSULTATS ARTICULATOIRES: ANGLES (Gr = GROUPE, L. = LOCUTEUR, VOY. = VOYELLE, CONS. = CONSONNE, COND. = CONDITION).....	128

RÉSUMÉ

La production de la parole est un phénomène complexe qui requiert la participation de plusieurs systèmes. Au niveau supra-glottique, la langue, les lèvres et la mâchoire modulent finement la forme du conduit vocal afin de produire des sons assez différents pour être distingués. Mais que se passe-t-il dans le cas de locuteurs atteints d'un trouble du contrôle moteur comme la maladie de Parkinson (MP), une maladie neurodégénérative entraînant des difficultés motrices? L'objectif de ce mémoire est d'étudier les différences entre des locuteurs avec MP et des locuteurs contrôles (C) dans la production de voyelles. Les formants, la coarticulation et l'emphase contrastive seront étudiés au plan acoustique, et la forme de la langue sera analysée grâce à des enregistrements effectués à l'aide d'un appareil à ultrasons. 8 locuteurs avec la MP et 8 locuteurs contrôles ont été enregistrés dans une tâche de production de la parole. Les voyelles /a/ et /i/ ont été produites, en coarticulation avec les consonnes /b/ et /d/, dans un contexte neutre et sous emphase contrastive. Les valeurs des deux premiers formants ont été extraites au milieu de la voyelle, ainsi que la valeur de F2 au début de la voyelle. La forme de la langue, telle que décrite par des paramètres d'asymétrie et de courbure, sera aussi comparée. Les analyses ont montré que les valeurs de F1 et F2 ne sont pas différentes entre les deux groupes, mais que les locuteurs avec MP produisaient une plus grande différence entre la condition neutre et la condition d'emphase contrastive, au niveau acoustique. Il n'y a pas de différence au niveau de la variabilité des productions (tel que mesuré par l'écart type) entre les deux groupes. Articulairement, les locuteurs avec la MP ont tendance à avoir la langue plus aplatie et un peu moins antérieure que les locuteurs contrôles, mais cette différence n'est pas significative. Globalement, les voyelles produites par les locuteurs avec la MP sont relativement préservées, mais on remarque que la condition d'emphase contrastive permet d'améliorer leurs productions.

INTRODUCTION

La production de la parole est un phénomène extrêmement complexe qui nécessite l'apport de plusieurs systèmes qui doivent être maîtrisés et coordonnés afin de produire un message compréhensible pour l'interlocuteur. À l'âge adulte, le contrôle moteur est maîtrisé, mais une maladie comme la maladie de Parkinson (MP), un trouble neurologique dégénératif affectant le contrôle moteur, peut perturber la production de la parole normale. Les troubles de la parole résultants de la MP affectent la qualité de vie de ces malades, et des recherches approfondies permettraient de mieux comprendre les effets de la MP sur la parole.

Cette recherche vise à observer les effets acoustiques et articulatoires de la MP sur la production de voyelles. Plusieurs études sur des aspects de la production de la parole chez les locuteurs avec la MP ont déjà été effectuées, notamment sur les durées, la fréquence fondamentale ou l'intensité, mais peu ont tenté d'observer les formants. C'est l'approche que nous utiliserons dans le cadre de cette recherche. Au niveau articulatoire, des études ont été menées à l'aide de différentes méthodes, mais peu d'entre elles se sont attardées à l'observation de l'articulation au niveau de la langue. Ceci est dû à la difficulté d'observer cet articulateur, invisible de l'extérieur. Pourtant, l'utilisation de l'ultrason dans le domaine de la recherche en phonétique n'est pas une nouveauté. Cette technologie, qui permet d'observer la langue dans la bouche du

participant en plaçant une sonde émettrice d'ultrasons sous le menton du participant, est totalement inoffensive, et n'a jamais été utilisée pour l'étude de la parole chez les locuteurs avec la MP. Dans le cadre de ce mémoire, c'est cette technique qui sera utilisée afin de faire la lumière sur la forme de la langue pendant la production de voyelles chez des locuteurs avec la MP. L'analyse des données articulatoires sera effectuée grâce à un programme permettant d'extraire un certain nombre de paramètres quantitatifs qualifiant la forme de la langue. Seize individus (8 locuteurs avec la MP et 8 locuteurs contrôles) participeront à cette étude, qui permettra l'analyse de deux voyelles, dans deux contextes consonantiques, et dans deux conditions prosodiques différentes.

Ce mémoire est divisé en 5 chapitres. En premier, le cadre théorique sera exposé, présentant la production la parole, la MP, et diverses études s'étant attardées à la production de la parole chez cette population, ainsi que des références sur le contraste neutre versus emphase. Au deuxième chapitre sera présentée la méthodologie employée pour notre expérience, notamment le corpus, la liste détaillée des participants, le montage et les méthodes d'analyse. Le troisième chapitre présentera les résultats acoustiques issus de la récolte de données effectuée. Le chapitre 4 aura pour sujet les résultats articulatoires provenant de l'analyse des images produites par l'ultrason. Finalement, le chapitre 5 sera une discussion sur les résultats obtenus, mis en relation avec les notions du cadre théorique et les études antérieures sur le sujet.

CHAPITRE I

CADRE THÉORIQUE

Dans cette section, la production de la parole chez les adultes normaux sera abordée. Puis, la MP sera expliquée, avec ses causes et ses symptômes. Ensuite, les effets de la MP sur la parole seront décrits, tels que dépeints par diverses études. Par la suite, le fonctionnement de l'ultrason sera expliqué, et finalement, l'emphase contrastive sera décrite.

1.1 Production de la parole

La parole est produite par l'air qui sort des poumons et qui fait vibrer les cordes vocales dans le larynx (voir figure 1.1). Ce dernier est composé d'os (l'hyoïde), des cordes vocales (un ligament), de cartilages (cricoïde, thyroïde (la pomme d'Adam) et aryténoïdes, sur lesquels s'attachent les cordes vocales), de l'épiglotte, et de muscles (crico-thyroïdien, thyro-aryténoïdien et crico-aryténoïdien, qui permettent les mouvements des cordes vocales, et l'interaryténoïdien) (Ashby et Maidment, 2005 ; Kent, 1997).

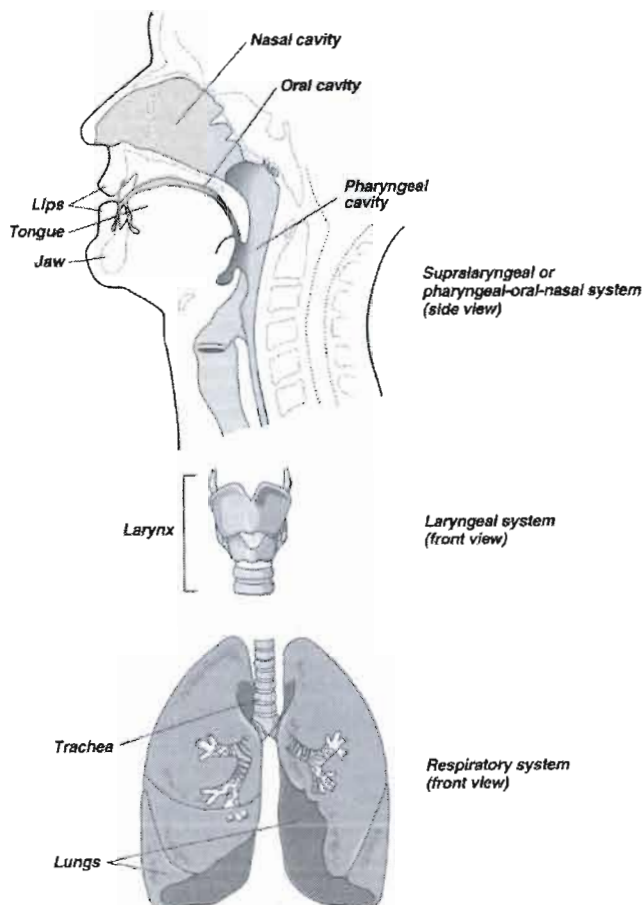


Figure 1.1: Le système respiratoire, le larynx et le système supralaryngé (tiré de Kent (1997))

Ensuite, les vibrations voyagent dans les articulateurs supra-glottaux, qu'on peut imaginer comme un tube qui module les ondes en fonction de la forme et de la position des articulateurs. La langue, les lèvres et le vélum sont les articulateurs qui permettent de modifier la forme du conduit vocal (cavité orale et nasale). Les muscles qui permettent de bouger les articulateurs sont les suivants : l'orbicularis oris est le muscle qui fait le tour des lèvres; le levator labii superior est au-dessus de la lèvre supérieure et le depressor labii inferior est situé sous la lèvre inférieure; le génioglosse, le styloglosse, et les muscles longitudinal inférieur et supérieur et les muscles transversaux et verticaux composent quant à eux la langue (Martin, 1996).

Tous ces muscles sont régis par des commandes motrices provenant du cerveau. Les mouvements pour contrôler la parole doivent être précis, rapides et extrêmement bien coordonnés (Smith, 1992). Le contrôle du système moteur permet l'articulation d'une série de mouvements qui portent le message linguistique qui peut être ensuite interprété par un interlocuteur (Kent, 2000). Dans le cas de la MP, un trouble neurologique dégénératif, des lésions aux noyaux gris centraux interfèrent avec l'exécution efficace de séquences complexes de mouvements, en nuisant à l'intégration sensorimotrice qui permet des mouvements réguliers (Kent, Kent et Weismer, 2000). Mais quels sont les effets acoustiques et articulatoires spécifiques de la MP, un trouble moteur, sur la production de la parole?

1.2 La maladie de Parkinson

La MP est une maladie neurologique qui affecte 100 000 personnes au Canada, dont 25 000 au Québec. Il s'agit d'un trouble moteur dégénératif dont le symptôme le plus connu est le tremblement des membres du corps au repos.

1.2.1 Anatomie de la MP

La MP est un trouble neurologique qui tire ses origines des noyaux gris centraux, qui sont des formations de substance grise au coeur du cortex (Dujardin et Defebvre, 2007). Ils sont composés du noyau caudé, du putamen, du pallidum, du noyau subthalamique et de la substantia nigra, elle-même divisée en pars compacta et en pars reticulata. Les noyaux gris centraux servent entre autres à stabiliser le système complexe qui régule les mouvements, et aide à diriger les actions et à interpréter l'information sensorielle (Kent, 1997). La partie la plus touchée par la MP est la substantia nigra pars compacta, qui a un important rôle de régulateur de la dopamine. La MP se caractérise par une dégénérescence des neurones pigmentés de la substantia nigra pars compacta, qui affecte le système dopaminergique. La présence de corps de Lewy dans les neurones restants est aussi un critère diagnostique. Pour que les symptômes parkinsoniens apparaissent, il faut une diminution de 50% de la dopamine dans le striatum, une partie du putamen. Ceci signifie que pendant plusieurs années avant le diagnostic, la dégénérescence est commencée et que les neurones résiduels compensent en étant hyperactifs (Dujardin et Defebvre, 2007). L'étiologie de la maladie n'est pas connue avec précision : elle peut être causée par le vieillissement prématuré, par exposition à des toxines environnementales, ou par des prédispositions génétiques (Dujardin et Defebvre, 2007). Une fois diagnostiquée, elle peut être traitée à l'aide de médicaments dopaminergiques (l-dopa), qui permettent de contrôler les symptômes mais qui ne peuvent pas traiter ni ralentir la cause de ces symptômes. La pharmacothérapie a toutefois ses limites, surtout après plusieurs années d'utilisation. La neurochirurgie est aussi une autre possibilité : il s'agit de la stimulation corticale profonde, qui consiste à insérer des électrodes au cœur des noyaux gris centraux et de finement stimuler cette zone électriquement, ce qui permet de réduire les tremblements. La stimulation corticale profonde s'avère être une solution envisageable pour les patients pour lesquels les traitements traditionnels (pharmacothérapie) ne montrent pas les effets désirés. Par contre, son utilisation est

encore expérimentale, avec un nombre limité de patients et d'études approfondies sur le sujet (Defebvre et Vérin, 2006).

1.2.2 Symptômes de la MP

La MP est principalement caractérisée par les symptômes suivants (tiré de la United Kingdom Parkinson's Disease Society Brain Bank, dans Dujardin et Defebvre (2007)) :

- Tremblements au repos (4 à 6 Hz)
- Akinésie (difficulté d'initiation du mouvement)
- Bradykinésie (lenteur des mouvements)
- Rigidité
- Troubles posturaux

D'autres signes sont aussi souvent remarqués :

- Début unilatéral
- Évolution progressive
- Asymétrie persistante
- Amélioration des symptômes avec traitement avec levodopa
- Troubles psychiques et cognitifs
- Troubles du sommeil et de la vigilance
- Autres signes neurovégétatifs
- Troubles de la parole (qui seront détaillés plus loin)

Hoehn et Yahr (1967) ont effectué une étude d'envergure sur 856 patients parkinsoniens il y a plus de 40 ans. Ils ont dressé la liste des symptômes initiaux des patients et ont déterminé que les tremblements étaient le symptôme initial le plus

fréquent (dans 70% des cas). La liste de tous les symptômes initiaux tels que relevés par Hoehn et Yahr est présentée au tableau 1.1.

Tableau 1.1: Symptômes initiaux (tiré et adapté de Hoehn et Yahr (1967))

Symptôme	% de patients avec MP qui le présente
Tremblements	71%
Troubles de la posture	11%
Rigidité	9%
Lenteur	9%
Douleurs musculaires	8%
Perte de dextérité	8%
Troubles de l'écriture	5%
Dépression, nervosité ou autres troubles psychiatriques	4%
Troubles de la parole	4%
Fatigue généralisée, faiblesse musculaire	3%
Salivation excessive	2%
Perte de l'oscillation des bras	2%
Masque facial	2%
Dysphagie	1%
Engourdissements	1%

Ils ont aussi remarqué que les symptômes progressent à des vitesses indépendantes chez chaque patient.

Une étude plus récente de Ho *et al.* (1999) a montré que 73,5% des patients atteints de MP montrent des troubles de la parole qui apparaissent graduellement, en commençant avec la voix, puis l'articulation, et aussi la fluidité de la parole.

Hoehn et Yahr (1967) proposent l'instauration d'une échelle d'invalidité encore utilisée aujourd'hui, l'échelle de Hoehn et Yahr. Elle est constituée de 5 stades (I à V) basés sur le niveau d'invalidité clinique. La description plus précise des stades est présentée au tableau 1.2. Notez que les stades I à III sont considérés comme étant minimalement handicapés, et IV à V sévèrement handicapés.

Tableau 1.2: Les stades d'invalidité de Hoehn et Yahr (tiré et adapté de Hoehn et Yahr, 1967)

Stade	Description
I	Implication unilatérale seulement, avec peu ou pas de troubles fonctionnels
II	Troubles bilatéraux, sans troubles de l'équilibre
III	Premiers signes de troubles de l'équilibre. Manque de stabilité quand le patient tourne ou quand il est poussé, debout, les pieds collés et les yeux fermés. Le patient est restreint dans ses activités mais a la possibilité de travailler, dépendant de son emploi. Le patient est capable d'avoir une vie indépendante, et leur handicap est modéré.
IV	Maladie pleinement développée et sévèrement handicapante, mais le patient est toujours capable de marcher et de se tenir debout sans assistance.
V	Le patient est confiné au lit ou à la chaise roulante, sauf si aidé.

Il a été souligné dans d'autres études (Harel *et al.*, 2004 ; Kent et Kim, 2003) qu'une méthode d'évaluation subjective telle que celle de Hoehn et Yahr (1967) n'est pas sans lacunes : elle est peu sensible et démontre une faible fiabilité inter-juge, surtout au début de la maladie où les symptômes sont plus subtils et difficilement

perceptibles. Harel *et al.* (2004) insistent sur le besoin d'avoir des outils diagnostiques basés sur des paramètres acoustiques de la parole pour obtenir des mesures objectives et plus sensibles sur les symptômes initiaux et le développement de la maladie. Ils expliquent que, comme la dégénérescence dopaminergique influence le contrôle moteur, les trois systèmes impliqués dans la production de la parole (respiration, phonation et articulation) devraient être affectés par des modifications quantifiables acoustiquement. Ils avancent même l'hypothèse qu'il pourrait être possible de détecter la déplétion de la dopamine dans l'acoustique de la parole avant même l'apparition de d'autres symptômes physiques cliniquement diagnosticables : « Moreover, it was hypothesized that these speech motor changes would first manifest several years prior to the onset of obvious symptoms and an initial diagnosis » (p.442). La parole se dégraderait ensuite avec l'avancement de la maladie.

Il semble donc que des études objectives basées sur des données acoustiques permettraient possiblement de déterminer des facteurs menant à la détection précoce de la MP.

1.2.3 La MP et ses effets sur la production de la parole

Plusieurs études ont déjà été effectuées sur les caractéristiques de la parole chez des locuteurs avec la MP. Dans cette section seront présentées des études perceptives, puis des études acoustiques, pour terminer avec des études articulatoires sur la parole parkinsonienne, en ordre chronologique de publication. Un tableau résumant les études présentées et leurs résultats suivra la description des expérimentations, à la fin de cette section (tableau 1.3).

Darley, Aronson et Brown. (1969) ont mis au point une classification des différents types de dysarthrie, à partir d'une étude perceptive sur 212 patients souffrants de différentes dysarthries. Ils définissent la dysarthrie comme étant un « nom collectif pour un ensemble de troubles du langage résultants de désordres dans

le contrôle moteur sur les mécanismes de la parole dus à des dommages sur le système nerveux central ou périphérique » (p.246). En bref, la dysarthrie est le nom donné aux symptômes plus ou moins hétérogènes des troubles de la parole occasionnés par des désordres neurologiques. La dysarthrie peut donc être divisée en différents types. À partir des cotes données par trois juges sur le degré de sévérité (de 1 à 7) de 38 dimensions de la parole, réparties dans 7 catégories (ton, intensité, qualité de la voix, respiration, prosodie, articulation et impressions générales), il a été possible de distinguer et de nommer les dysarthries suivant 5 catégories. D'après cette étude, la dysarthrie hypokinétique caractérise les locuteurs atteints de la MP. Ce type de dysarthrie est constitué principalement d'atteintes au niveau des dimensions suivantes (en ordre de prééminence) : ton monotone, réduction de l'accentuation, intensité monotone, consonnes imprécises, silences inappropriés, brefs flux de parole précipitée, voix rauque, voix soufflée, hauteur (F0) basse et débit variable. Darley *et al.* soulignent le fait que les dysarthries peuvent être différenciées les unes des autres par rapport aux différentes dimensions affectées. Dans un autre article publié en 1969, les mêmes auteurs (Darley, Aronson et Brown, 1969), ont remarqué que les dimensions affectées chez les locuteurs avec la MP pouvaient être regroupées sous le terme « insuffisance prosodique », qu'ils considèrent être causée par l'étendue de mouvement limitée de ces patients.

Dans une revue de la littérature sur la parole parkinsonienne, Goberman et Coelho (2002) offrent un résumé intéressant sur les relations hypothétiques entre l'anatomie, les déficits moteurs, les corrélats physiologiques et les effets sur les mesures acoustiques et articulatoires de la MP sur la parole. Ce résumé est présenté à la figure 1.2. Ils résument aussi les résultats de nombreuses études par rapport aux déficits de la respiration, de la phonation, de l'articulation, de la résonance et de la

prosodie.

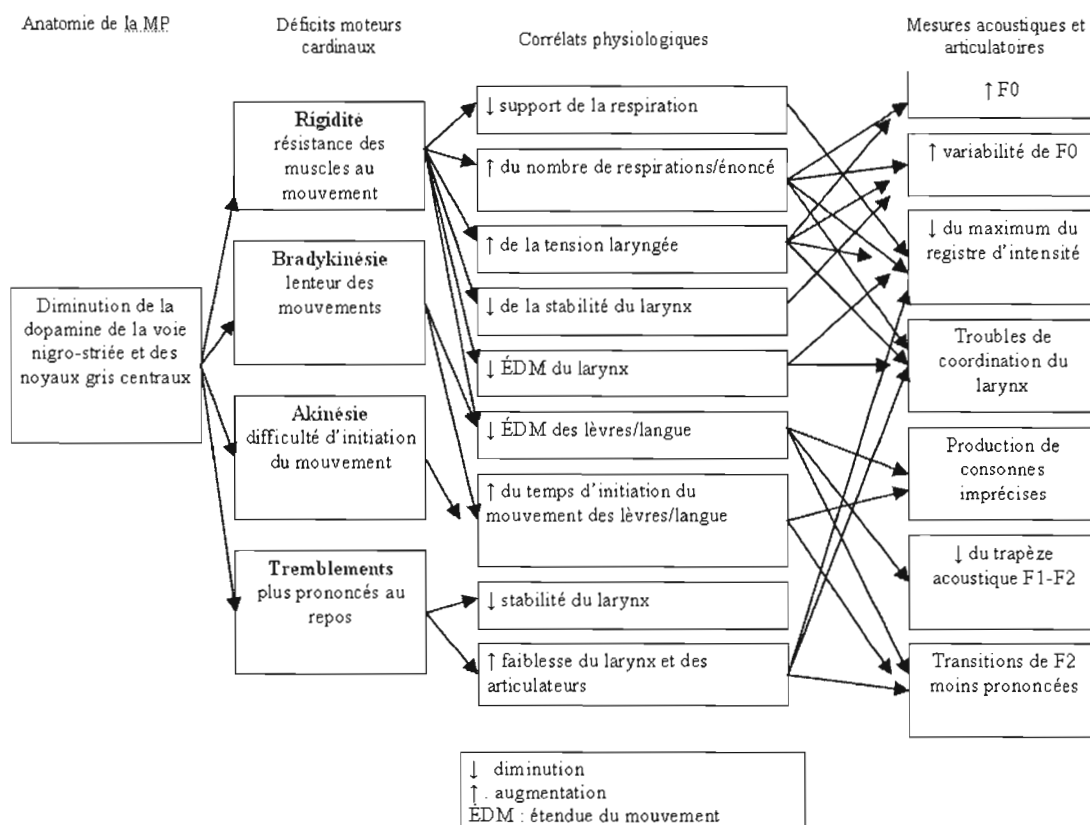


Figure 1.2: Relations hypothétiques entre l'anatomie, les déficits moteurs, les corrélats physiologiques et les effets sur les mesures acoustiques et articulatoires de la MP sur la parole (adapté de Goberman et Coelho (2002))

Au niveau de la phonation, Goberman & Coelho concluent que les patients avec la MP ont généralement une F0 plus élevée, attribuée à la rigidité des muscles du larynx. De plus, F0 est moins stable lors d'une voyelle prolongée, le VOT (voice onset time) est perturbé, et la phonation n'est pas toujours bien coordonnée.

Au niveau de l'articulation, ils relèvent des déficits articulatoires affectant l'occlusion des consonnes orales, et l'habileté à déplacer la mâchoire dans des tâches de production diadochocinétiques (rapides répétitions de syllabes /CVCVCVCV/). Selon les études répertoriées, ils ont aussi trouvé des déficits au niveau de l'amplitude

et de la vitesse des mouvements mandibulaires et labiaux, et des mouvements articulatoires réduits pour la production de voyelles.

Goberman et Coelho (2002) ont remarqué que peu d'études se sont attardées à la résonance, mais le peu qu'ils ont trouvé ont noté une nasalisation de la parole

Quant à la prosodie, Goberman et Coelho (2002) ont relevé des déficits sur les changements de fréquence et d'intensité, des variations de débit, et des pauses inappropriées.

Dans une étude acoustique de production de la parole, Weismer (1984) a étudié le rythme chez les locuteurs dysarthriques parkinsoniens. Il a comparé 3 groupes de locuteurs masculins (un groupe contrôle jeune, un groupe contrôle âgé (le groupe gériatrique), et un groupe de locuteurs avec la MP, sous médication). Il a demandé aux participants de répéter des phrases à une vitesse normale de conversation, et aussi à un rythme rapide (ce qu'ils considéraient être deux fois leur vitesse conversationnelle normale). Deux types de données ont été analysés : la durée des segments, et la qualité des occlusions, indice de qualité du contrôle moteur, déterminée par la présence ou non de bruit dans les tenues des consonnes occlusives (spirantisation) et par la présence ou non de vibrations plus de 20ms après la constriction supraglottale pour une occlusive sourde. Les résultats obtenus montrent qu'il existe une légère réduction de la durée des segments et des phrases chez les locuteurs avec MP par rapport au groupe gériatrique. Weismer a aussi trouvé que la spirantisation fréquente des occlusives est une caractéristique unique de la dysarthrie parkinsonienne, puisqu'elle semble n'arriver qu'occasionnellement chez les plus jeunes ou les plus âgés. Il explique cela par une étendue réduite de mouvement des articulateurs, ou par la rigidité des muscles.

Ackermann et Ziegler (1991) ont effectué des enregistrements acoustiques en allemand sur 12 participants avec la MP, sur médication, et sur 24 participants contrôles (12 jeunes adultes, 12 participants âgés normaux). Les participants devaient répéter à la suite de l'expérimentateur une phrase contenant un mot cible de forme

/geCVCe/, où C=/p,t,k/ et V=/i,y,u,a/. Chaque phrase a été répétée deux fois. Une évaluation perceptive a été effectuée par des orthophonistes, et des analyses acoustiques ont aussi été effectuées.

Les évaluations perceptives (une cote de 0 à 6 (troubles de la voix et troubles de l'articulation)) ont montré que les participants avec la MP enregistrés pour cette étude étaient atteints de façon modérée. Au niveau acoustique, la durée moyenne de syllabe n'était pas différente pour le groupe MP par rapport aux deux groupes contrôles. Par contre, une différence significative a été observée chez le groupe avec MP par rapport aux deux autres groupes en ce qui a trait à l'intensité pendant l'occlusion, une mesure qui permet de juger de la qualité de l'occlusion. Le groupe MP avait une plus grande intensité pendant l'occlusion que les deux autres groupes, ce qui montre un moins bon contrôle articulatoire. Les auteurs de l'étude suggèrent que les locuteurs avec MP réduisent la précision articulatoire (en effectuant par exemple des mouvements articulatoires de moins grande amplitude) mais conservent le tempo, ce qui leur permet d'être intelligibles.

Weismer *et al.* (2001) ont effectué une étude à la fois acoustique et perceptive de la production de la parole chez 10 locuteurs avec la MP, 10 locuteurs avec la sclérose latérale amyotrophique (SLA) (qui cause une dysarthrie), et 19 locuteurs contrôles. Les participants devaient répéter des phrases avec des mots contenant plusieurs voyelles, à un rythme normal. Les analyses acoustiques ont montré que les durées des phrases étaient plus longues pour les locuteurs avec SLA que pour les locuteurs contrôles et avec MP, pour qui les durées étaient similaires. Les trapèzes vocaliques dessinés à l'aide des valeurs de F1 et F2 des voyelles cardinales étaient réduits chez les deux groupes de locuteurs dysarthriques par rapport au groupe contrôle. La mesure de l'aire du trapèze a permis de déterminer que chez les hommes, les participants avec SLA avaient un trapèze acoustique significativement plus petit que le groupe contrôle, mais que cette différence n'était pas significative en comparant le groupe avec la MP et le groupe contrôle. Les auteurs ont été surpris de

ne pas trouver de différence significative, puisque la bradykinésie, un de symptômes de la MP, est une amplitude de mouvement réduite. Weismer *et al.* s'attendaient à trouver cette amplitude réduite aussi au niveau de l'articulation des voyelles. Chez les femmes, il n'y avait pas de différence significative entre les groupes au niveau de l'aire du trapèze. Au niveau des mesures perceptives, 10 juges devaient coter l'intelligibilité et la sévérité de la dysarthrie sur une phrase, en la comparant avec un exemple présenté comme étant moyennement intelligible et sévère, coté à 100 (si la phrase présentée était meilleure, une note supérieure à 100 était attribuée, et vice-versa). Les résultats ont montré que les locuteurs avec MP avaient la plus faible cote d'intelligibilité et de sévérité, suivis des locuteurs avec SLA, par rapport aux locuteurs contrôles. Les différences entre les 3 groupes étaient significatives.

Harel *et al.* (2004) ont effectué une étude acoustique sur les caractéristiques de la parole parkinsonnienne dans une étude en deux volets. Dans la première partie, ils ont utilisé des enregistrements d'entrevues ou de conférence de presse de deux individus avant et après leur diagnostic de MP (et deux locuteurs contrôles, du même âge, sexe et profession), parmi une banque de matériel audio-visuel libre de droits. Ils ont ensuite effectué des analyses acoustiques sur les données de parole libre recueillies. Les résultats montrent que les locuteurs avec MP ont un plus petit coefficient de variation de F0 que les locuteurs contrôles, ce qui est lié à moins de variations d'intonation et un ton plus monotone, que les auteurs attribuent à une moins grande mobilité et étendue de mouvement dans la dysarthrie hypokinétique, et donc à moins de variations au niveau du larynx. Ils ont aussi noté que l'intonation revient à des niveaux semblables à ceux des locuteurs contrôles après le début de la médication chez les locuteurs avec la MP. Le VOT (voice onset time (délai d'établissement du voisement)) a aussi été mesuré, et il a été démontré qu'il était semblable entre les deux groupes avant le début des traitements pharmacologiques, mais que le VOT était augmenté après la prise des médicaments pour le groupe avec la MP. Les auteurs suggèrent que le VOT est affecté plus tardivement dans la maladie, et que cette

mesure convient moins à la médication. Ils n'ont pas trouvé de différences au niveau des pauses entre les deux groupes, ce qu'ils expliquent par le peu de contrôle que les expérimentateurs avaient sur le type d'échantillon de parole utilisé.

Dans le deuxième volet de leur article, Harel *et al.* ont effectué une expérience de production de la parole (description d'image) sur 4 locuteurs avec la MP (2 hommes, 2 femmes, de stade ≤ 2 sur l'échelle de Hoehn et Yahr) qui ne recevaient pas de traitements pharmacologiques, ainsi que sur 4 locuteurs contrôles sans troubles neurologiques, du même âge et du même sexe que les participants MP. Ils ont mesuré, sur les échantillons de parole obtenus, la variabilité de F0, le VOT et le débit diadochocinétique, ainsi que la durée des syllabes. Les résultats montrent que les locuteurs avec la MP ont une moins grande variabilité de F0 que les locuteurs du groupe contrôle. La variabilité de F0 est donc affectée déjà au début de la maladie. Les auteurs n'ont pas relevé de différences entre les groupes au niveau du VOT, du débit diadochocinétique, et des rythmes ou des durées des syllabes. Par contre, ils ont noté de plus grandes durées de pauses chez le groupe MP que chez le groupe contrôle. Ces résultats suggèrent donc un débit de la parole normal, mais de plus longues pauses.

Duez (2009) a quant à elle étudié les durées chez les locuteurs avec la MP dans une tâche de lecture d'un texte. Elle a remarqué, à la suite des analyses acoustiques, que les consonnes étaient plus courtes chez les locuteurs avec la MP que chez les locuteurs contrôles, mais que les voyelles étaient significativement plus longues pour le groupe MP que le groupe contrôle. Les consonnes occlusives et fricatives sourdes étaient les plus réduites. Dans une autre étude basée sur les mêmes données, Duez (2007) observe plus attentivement le relâchement des consonnes et remarque que les occlusives sont omises plus souvent chez les MP que chez les contrôles. De plus, les explosions sont aussi omises plus souvent dans le groupe clinique. L'énergie intervocalique (la différence entre l'énergie (en dB) de la consonne et des voyelles qui l'entourent) a aussi été mesurée, et celle des locuteurs avec MP est plus petite que

celle des locuteurs contrôles. L'auteure explique ce résultat en soulignant que les participants avec la MP démontrent une réduction et une assimilation des occlusives avec leur contexte plus importante que les participants contrôles, ce qui réduit l'intelligibilité.

Connor *et al.* (1989) ont effectué une étude articulatoire sur 9 locuteurs avec la MP (stade II et III sur l'échelle Hoehn et Yarh) et 9 locuteurs contrôles. Ils ont utilisé un système de transducteur de mouvements des lèvres et de la mâchoire, ainsi que des enregistrements acoustiques pour enregistrer au moins 25 productions du mot « sapapple ». Les résultats de l'expérience montrent qu'il existe certaines réductions de mouvements (étendue de mouvement et vitesse de la mâchoire réduites chez le groupe avec la MP par rapport au groupe contrôle, mais pas de différences au niveau des lèvres). Il n'y a pas de différences au niveau des durées entre les groupes. Les auteurs ont par contre remarqué quelques indices montrant un manque de coordination dans les mouvements chez les locuteurs avec la MP, et ils ont aussi souligné qu'il semble que la bradykinésie ne soit pas uniforme pour tous les muscles (lèvres versus mâchoire). Ils lancent l'hypothèse que l'inertie de la mâchoire, plus lourde, crée peut-être une plus grande bradykinésie que pour les lèvres, ou alors que ces dernières sont épargnées étant donné qu'elles sont dépourvues de fuseaux neuromusculaires.

Forrest, Weismer et Turner (1989) ont effectué une étude en trois volets sur la parole chez les patients avec la MP. Après de 9 locuteurs avec la MP sous médication et 8 locuteurs contrôles gériatriques, des enregistrement cinématiques ont été effectués à l'aide de transducteurs de mouvements placés sur la lèvre supérieure, la lèvre inférieure et la mâchoire. D'autre part, l'acoustique a été enregistrée simultanément, puis analysée. Finalement, les données acoustiques ont été soumises à des tests perceptifs. Le corpus employé était constitué des phrases à répéter suivantes : « buy Bobby a puppy » et « build a big building ».

Les résultats montrent que les locuteurs avec la MP présentaient généralement des déplacements et des vitesses plus petits au niveau de la mâchoire, lorsque comparés aux locuteurs contrôles. Le même résultat a été observé pour la lèvre inférieure. Forrest, Weismer et Turner ont aussi remarqué que l'altération des mouvements de la lèvre inférieure est fonction de la sévérité perçue de la dysarthrie : plus la dysarthrie est perçue importante, plus les mouvements de la lèvre inférieure sont affectés. Acoustiquement, ils ont noté que la durée des segments était plus courte chez les locuteurs MP que chez le groupe contrôle. Le VOT était plus grand pour les locuteurs MP dans le cas de la consonne /b/, ce que les auteurs estiment être dû aux troubles d'initiation du mouvement présent chez ce groupe de locuteurs.

Une étude articulatoire chez un participant sourd, locuteur natif de la langue des signes américaine et atteint de la MP, a été effectuée par Loew, Kegl et Poizner (1995). Le participant, âgé de 72 ans, était atteint modérément par la MP, et ses symptômes étaient partiellement contrôlés par la médication. Il n'a par contre pas pris ses médicaments le jour de l'expérience. La tâche consistait à raconter deux histoires de dessins animés. La parole a ensuite été transcrite, en prenant soin de ne pas négliger les expressions faciales, les inflexions, l'utilisation de l'espace, les détails phonétiques (précision des gestes, amplitude des mouvements, rythme, pauses, débit, durées) et la prosodie (telle qu'indiquée par l'intervalle inter-signes). Les résultats de cette étude de cas ont montré que l'articulation était relâchée chez le locuteur sourd : la forme de la main était relâchée, et la main gauche présentait une tendance à copier la forme de la main droite. Les auteurs ont par contre noté que le participant produisait des signes plus clairs lorsqu'on lui demandait d'épeler des lettres (en signes) en opposition à utiliser les signes de la langue des signes américaine. Ceci est intéressant, puisque cela démontre que le locuteur a toujours la capacité de produire des signes clairs. D'autre part, l'analyse a montré une réduction au niveau de la taille et de l'intensité des signes. Des pauses excessives ont aussi été relevées (difficulté d'initiation et longues pauses), et des accélérations/décélérations

inappropriées ont aussi été observées. Le rythme de la parole était aussi monotone. En bref, les mouvements étaient généralement simplifiés, et le rythme régularisé. Les signes étaient moins distincts (articulation relâchée), mais toutefois compréhensibles puisque la grammaire semblait intacte. Il est intéressant de noter que « [...] all of his articulatory simplifications result neither from random errors nor from exceptional processes, but from the overextension of processes which ease articulation in ordinary ASL » (p.393). La parole du participant était quand même intelligible, malgré la simplification des signes.

Ackermann *et al.* (1997) ont effectué une étude articulatoire sur des locuteurs dysarthriques à l'aide d'un système opto-électronique qui permet de suivre les mouvements des lèvres. Les participants devaient lire les mots-cibles (/gepVpe/, où V= /a, a:, i, i:, y, y:, u, u:/) placés à l'intérieur d'une phrase. Le mouvement des lèvres et l'acoustique ont été enregistrés. Les résultats de l'étude montrent que, malgré une dysarthrie perçue, les patients avec MP de cette expérience (stade I à III de Hoehn et Yahr) avaient des mouvements de la lèvre inférieure intacts, au niveau de l'étendue du mouvement et de la vitesse, par rapport à des participants contrôles. Les auteurs suggèrent que le fait que les muscles périoraux (les lèvres) sont dépourvus de fuseaux neuromusculaires, contrairement aux muscles des membres supérieurs du corps, pourrait expliquer que les lèvres ne sont pas autant affectées par la MP. Ils lancent par contre l'hypothèse que la langue, qui elle est composée de fuseaux neuromusculaires à l'instar des muscles des membres supérieurs du corps, pourrait être plus affectée par des mouvements réduits. Leur méthodologie (système opto-électronique) ne permet malheureusement pas de suivre les mouvements de la langue et de prouver leur hypothèse, mais une nouvelle analyse des résultats de leur étude précédente (Ackermann et Ziegler, 1991) a montré que les consonnes dont l'articulation nécessite la langue (/t, k/) montraient une moins bonne occlusion que les bilabiales (/p/) chez des locuteurs MP.

Yunusova *et al.* (2008) ont fait une étude sur les mouvements articulatoires de locuteurs dysarthriques, à l'aide d'un système de microfaisceau à rayons X et de marqueurs en or placés dans la bouche des locuteurs. Les participants (7 avec la MP, 8 avec la sclérose latérale amyotrophique (SLA) et 19 locuteurs contrôles) devaient lire des phrases contenant les mots cibles (voyelles /I, i, ae, a, u, o/). Les mouvements des marqueurs attachés à la mâchoire, à la lèvre inférieure et à la langue n'ont pas montré de différence entre les groupes de locuteurs. Au niveau des durées de mouvements, les locuteurs avec MP ont eu des durées similaires à celles du groupe contrôle. Cette étude n'a pas non plus montré de différences au niveau de la coordination des articulateurs entre le groupe avec MP et le groupe contrôle.

Le tableau 1.3 résume les études recensées dans cette section. La lecture de ce tableau fait la preuve que les locuteurs avec la MP démontrent des lacunes importantes en ce qui concerne la production de la parole. D'autre part, il permet de souligner l'insuffisance des études dans le domaine, surtout au niveau des études articulatoires s'attardant à la langue, un articulateur non visible primordial dans la production de la parole.

Tableau 1.3: Résumé des études perceptives, acoustiques et articulatoires

Article	Type d'étude	Méthodologie	Résultats
Darley, Aronson et Brown (1969a)	Perceptive	Jugements d'enregistrements et analyses statistiques	-ton monotone -réduction de l'accentuation -intensité monotone -consonnes imprécises -silences inappropriés -brefs flux de parole précipitée -voix rauque -voix soufflée -hauteur (f0) basse -débit variable
Darley, Aronson et Brown (1969b)	Perceptive	Analyses statistiques	-« insuffisance prosodique » due à l'étendue de mouvement limitée

Goberman et Coelho (2002)	Revue de la littérature acoustique et articulatoire	Revue et synthèse	Phonation : -f0 + élevée (rigidité) -f0 moins stable en voyelle prol. -VOT perturbé -Phonation pas toujours bien coordonnée Articulation : -déficits articulatoires dans l'occlusion des consonnes orales -déficits dans l'habileté à déplacer la mâchoire dans les syllabes diadochocinétiques -déficits au niveau de l'amplitude et de la vitesse des mouvements mandibulaires et labiaux - mouvements articulatoires réduits pour production des voyelles Résonance -peu d'études, nasalisation Prosodie -déficits sur les changements de fréquence et d'intensité -variations de débit -pauses inappropriées
Weismer (1984)	Acoustique	Répétition de phrases, rythme normal et 2X plus rapide	-légère réduction des durées des segments pour le groupe MP -spirantisation (bruit dans la tenue des cons. occlusives) uniquement chez les locuteurs avec MP

Ackermann et Ziegler (1991)	Acoustique	Mot cible avec voyelles cardinales (analyse acoustique et perceptive)	-analyse perceptive : atteinte modérée de la parole -durée des syllabes égale dans les deux groupes -intensité pendant l'occlusion supérieure chez les MP -suggèrent que le tempo est conservé moyennant une réduction de la précision articulatoire
Weismer et al (2001)	Acoustique et perceptive	Répétition de phrases	-mêmes durées de phrases entre les deux groupes -trapèze acoustique réduit chez les locuteurs avec la MP par rapport aux contrôles, mais l'aire des trapèzes n'est pas significativement plus petite -étude perceptive : MP significativement moins intelligibles que contrôles
Harel et al. (2004)	Acoustique	Analyse de vidéos pré et post diagnostic	-plus petit coefficient de variation de f0 (+monotone) chez les MP que chez les contrôles -l'intonation revient à la normale après médication -VOT : semblable entre les 2 groupes avant pharmacothérapie, mais le VOT augmente avec la médication -pas de différences au niveau des pauses (mais ne contrôlaient pas le type d'échantillon de parole)
		Analyses acoustiques de productions de la parole	- moins grande variabilité de f0 pour le groupe MP par rapport aux contrôles - pas de différences pour le VOT ni pour les syllabes diadochocinétiques (rythme, durées des syllabes) - plus grandes durées des pauses

Duez (2007 et 2009)	Acoustique	Lecture de texte	-consonnes plus courtes pour le groupe MP (2009) -voyelles plus longues pour le groupe MP (2009) -occlusives plus souvent omises (2007) -explosions plus souvent omises (2007) -énergie intervocalique plus petite (2007) (assimilation des occlusives dans le contexte, donc moins d'intelligibilité)
Connor et al. (1989)	Articulatoire	Transducteur de mouvements; mot « sappaple »	-étendue de mouvement et vitesse de la mâchoire réduites chez les MP -pas de différences au niveau des lèvres -pas de différences au niveau des durées -manque de coordination lèvres/mâchoire -les muscles des lèvres et de la mâchoire ne sont pas affectés de la même façon
Forrest et al. (1989)	Articulatoire	Transducteur de mouvements; phrases	-déplacements et vitesses plus petits pour la mâchoire et la lèvre inférieure -durée des segments plus courtes chez le groupe MP -VOT plus grand chez MP (pour /b/)
Loew, Kegl et Poizner (1995)	Articulatoire	Locuteur sourd avec la MP dont la langue maternelle est la langue des signes américaine. Analyse articulatoire des signes produits en répétant une histoire	-articulation relâchée (réduction de la taille et de l'intensité des signes) -capable d'hyperarticuler lorsque demandé -pauses excessives -accélérations/décélérations inappropriées -rythme monotone

Ackermann et al. (1997)	Articulatoire	Opto-électrique (lèvres) avec mots cibles contenant les voyelles cardinales	-étendue et vitesse de la lèvre inférieure intactes -suggèrent que les lèvres, qui n'ont pas de fuseaux musculaires, ne sont pas affectés comme le serait la langue
Yunusova et al. (2008)	Articulatoire	microfaisceaux de rayonsX avec marqueurs sur les lèvres, la langue et la mâchoire; phrases avec voyelles cibles	- pas de différences au niveau des marqueurs de lèvre, langue et mâchoire (amplitudes, durées, coordination pareilles pour les deux groupes)

1.3 Ultrason

Dans cette section, une description du fonctionnement de l'ultrason comme méthode d'investigation sera présentée, ainsi que les avantages et les limites de cette technique.

L'ultrason est une méthode d'imagerie utilisée dans plusieurs domaines médicaux, autant en obstétrique qu'en chirurgie, en passant par la cardiologie. Son utilisation pour l'étude de la production de la parole date des années 1960 (Gick, 2002), et la qualité du matériel et des données recueillies s'améliore depuis ce temps. L'ultrason fonctionne à l'aide d'ondes de haute fréquence émises par un cristal piézoélectrique (Hirose, 1986). Il suffit de placer la sonde émettrice, avec un peu de gel transducteur, sur la surface de la peau. Lorsque ces ondes rencontrent une surface de densité différente, par exemple la surface de la langue et l'air de la cavité buccale au-dessus, une partie des ondes est réfléchiée vers la sonde (écho), ce qui permet ensuite de recréer l'image (échographie). C'est une technique d'imagerie sûre et sécuritaire, qui permet d'obtenir des images en temps réel. L'ultrason permet des enregistrements d'une fréquence de 29,97 images/seconde, soit la fréquence d'image standard en Amérique du Nord, ce qui convient dans la plupart des situations de production de la parole. Il est toutefois possible d'augmenter cette fréquence pour observer des phénomènes précis, comme les trilles (Kavistkaya *et al.*, 2009). L'utilisation principale de l'ultrason n'est pas en linguistique; cependant, des fabricants de machines à ultrason comme Ultrasonix commencent à mettre en place des plateformes destinées à la recherche dans ce domaine. En phonétique, l'ultrason permet de visualiser la langue à l'intérieur de la bouche, en plaçant la sonde sous le menton du locuteur, ce qui donne des données d'une grande valeur. En effet, peu de techniques permettent de visualiser la langue dans la bouche sans avoir d'effets indésirables. Les rayons X émettent des radiations qui, en trop grandes quantités, peuvent être dangereuses pour l'humain. Le problème a été contourné en créant un

système de micro-faisceau de rayon X, qui contrôle mieux la quantité de radioations produites, mais cette méthode requiert quand même la pose de plusieurs senseurs dans la bouche des participants, ce qui peut être délicat lorsqu'il s'agit de participants âgés ou cliniques (Hirose *et al.*, 1981 ; Yunusova, 2005 ; Yunusova *et al.*, 2008). L'articulographe (EMA) nécessite la pose fastidieuse de capteurs sur la langue et dans la bouche pour observer le mouvement des capteurs. Finalement, l'imagerie par résonance magnétique est une méthode extrêmement coûteuse. D'autres techniques moins invasives permettent d'observer l'articulation, comme les systèmes opto-électriques ou les enregistrements audio-visuels, et permettent de suivre les articulateurs externes comme la mâchoire et les lèvres, sans toutefois pouvoir nous indiquer ce qui se passe au niveau de la langue (Hirose, 1986). L'ultrason possède aussi l'avantage de nécessiter peu de temps de calibration : il faut simplement ajuster la sonde sous le menton du participant afin de voir la langue le plus possible, de l'apex à la racine. De plus, il s'agit d'une méthode portable et de plus en plus abordable: avec les ultrasons disponibles aujourd'hui, il est possible d'apporter l'ensemble du système chez les participants d'une étude, que ce soit au domicile d'enfants enregistrés comme pour étudier des langues en danger dans des zones reculées, ce qui permet une plus grande flexibilité. Par contre, il est à noter qu'il peut être difficile de maintenir la sonde en position fixe. Plusieurs systèmes ont été développés par différents groupes de recherche pour trouver une méthode : par exemple, les Laboratoires Haskins ont combiné l'ultrason à l'Optotrak pour corriger les mouvements de la tête par rapport à l'ultrason avec le système HOCUS (Haskins Optically Corrected Ultrasound System (Whalen *et al.*, 2005)). Au laboratoire de phonétique de l'UQAM, un casque mis au point par Wrench et Scobbie (2008) a été utilisé dans le cadre d'enregistrements avec des locuteurs sourds (Brisebois, 2009). Ce casque permet de placer et de maintenir la sonde immobile par rapport à la tête, tout en permettant au participant de bouger la tête librement. Par contre, ce casque n'est pas approprié pour tous les types de locuteurs : en effet, pour les enfants, pour qui le casque est trop grand, ou pour des locuteurs comme ceux avec la MP, le

système est un peu trop inconfortable et un peu trop long à ajuster. Il est aussi possible pour l'expérimentateur de tenir manuellement la sonde en place, ou de placer la sonde sur un pied de micro sur lequel le menton du participant repose (Aubin, 2006). Une autre limite de l'ultrason est l'incapacité de voir complètement les extrémités de la langue dans certaines situations. En effet, en fonction de la morphologie du conduit vocal de chaque individu, l'apex de la langue est parfois imperceptible à cause de la mandibule ou de l'air entre le plancher de la mâchoire et le dessous de la langue. La racine de la langue, quant à elle, est parfois invisible à cause de l'ombre causée par l'os hyoïde. Soulignons qu'il existe aussi une méthode pour visualiser le palais : en faisant boire de l'eau au participant, il est possible de voir la trace du palais, et ainsi de mesurer la constriction entre la langue et le palais. Il faut alors s'assurer que la sonde ne bouge pas pendant l'enregistrement, ce qui n'est pas toujours possible. Dans le cas contraire, il est intéressant d'observer la forme de la langue. L'ultrason est toutefois une méthode prometteuse pour l'étude de la parole chez les dysarthriques, puisqu'il s'agit d'une méthode sans danger et facile d'utilisation (Hirose, 1986).

Keller (1987) a effectué la seule étude trouvée sur l'utilisation de l'ultrason chez des locuteurs atteints de la MP. Il a comparé la production de syllabes diadococinétiques (/kakakakakaka.../, à vitesse lente et rapide) chez 2 locuteurs atteints de la MP avec un locuteur contrôle et d'autres locuteurs atteints de divers troubles de la parole. Il a utilisé l'ultrason avec un casque ajustable qui maintenait la sonde en place, dirigée vers la partie postérieure de la cavité buccale. Il a mesuré à chaque milliseconde la distance entre la sonde et le dos de la langue, puis a calculé le déplacement, la vitesse et la durée des cycles. Chez le premier locuteur atteint de la MP, l'auteur a remarqué des mouvements irréguliers, au niveau des déplacements et des durées, pendant la répétition lente. Pendant la répétition rapide, les mouvements étaient plus réguliers, mais néanmoins anormalement variables. Dans le cas du second locuteur avec la MP, un manque marqué de coordination entre la langue et

l'activité laryngée a été observé, par exemple une vibration des cordes vocales au moment où la langue touche le palais pour la prononciation du /k/.

Au niveau méthodologique, Keller a observé que l'ultrason a permis d'observer des phénomènes autrement difficilement observables, et d'effectuer une analyse plus fine et plus quantitative de la parole que le seul jugement perceptif. Par contre, il a aussi noté que quelques sujets étaient particulièrement difficiles à enregistrer, avec par exemple des difficultés à maintenir la tête stable pendant une période de temps. De plus, l'ultrason utilisé dans le cadre de cette expérience ne permettait pas toujours d'avoir une assez bonne pénétration des ondes pour pouvoir voir nettement la partie postérieure de la langue.

Une autre étude a été effectuée grâce à l'ultrason sur des locuteurs dysarthriques (Shawker et Sonies, 1984). Par contre, il ne s'agissait pas de locuteurs avec la MP, mais souffrant de d'autres maladies neurologiques entraînant une dysarthrie (comme par exemple la sclérose latérale amyotrophique). Dans cette étude, les résultats ont été présentés de façon qualitative.

À la lumière des études articulatoires présentées, il semble clair que beaucoup d'aspects de la production de la parole chez les locuteurs avec la MP restent à explorer. Une technique d'imagerie comme l'ultrason a été rarement utilisée avec cette population, malgré tous les avantages qu'elle possède. Le peu d'études qui ont été effectuées montre par contre des signes prometteurs pour les enregistrements de la parole chez des locuteurs dysarthriques.

Dans la prochaine section, l'emphase contrastive comme façon de produire une hyperarticulation sera expliquée.

1.4 Emphase contrastive

L'emphase contrastive consiste en la sélection, par un locuteur, d'un constituant du message à être souligné par opposition à un autre constituant, dans une comparaison paradigmatique (Ménard, Loevenbruck et Savariaux, 2006). L'emphase

peut être signalée syntaxiquement (« c'est X qui »), prosodiquement (par des manipulations de F0), ou par une combinaison des deux éléments. En français, l'accent primaire est signalé sur une syllabe par une durée plus longue et une plus haute intensité que les syllabes précédentes. Pour ce qui est de l'emphase contrastive, une augmentation marquée de la F0 ou de l'intensité a été observée sur le constituant mis sous emphase, ainsi qu'une augmentation de la durée des syllabes, ainsi qu'une diminution de F0 et de l'intensité sur la séquence suivante (Ménard, Loevenbruck et Savariaux, 2006). Au niveau articulatoire, deux théories prédominent en ce qui concerne l'emphase contrastive. De Jong (1995) propose un modèle dans lequel le segment sous emphase est hyperarticulé (et moins coarticulé). Le modèle de Beckman *et al.* (1992) est appelé le modèle d'expansion de la sonorité. Il stipule que les voyelles mises sous emphase sont produites de façon à avoir une plus grande ouverture du conduit vocal, et donc de permettre d'augmenter l'intensité du son. Dans leur étude, Ménard, Loevenbruck et Savariaux ont étudié les mouvements des lèvres à l'aide d'enregistrements audio-vidéos dans des contextes d'emphase contrastive chez des enfants de 4 et 8 ans, ainsi que sur des adultes. Ils ont trouvé que les effets articulatoires d'emphase contrastive au niveau des lèvres sont réduits chez les enfants par rapport aux adultes. Par contre, ils utilisaient la prosodie (manipulations de F0) pour signaler l'emphase, tout comme les adultes.

Dans une étude articulatoire, Erickson (2002) a effectué des enregistrements sur des voyelles sous emphase contrastive à l'aide du système de micro-faisceau à rayons X chez des participants normaux, locuteurs de l'anglais américain. Des marqueurs ont été posés sur la mâchoire supérieure, inférieure, sur les lèvres et sur la langue. Le corpus d'emphase contrastive était constitué de phrases de type « Is it 9 9 Pine Street? No, it 9 FIVE 9 Pine Street », où le mot en majuscule était en emphase contrastive. Trois voyelles ont ainsi été enregistrées en condition neutre et sous emphase chez trois locuteurs. Au niveau acoustique, pour /a/ (dans [ai]), F1 augmente, tandis que F2 diminue, en condition emphase par rapport à la condition

neutre. Au niveau articulatoire, la langue était plus basse et légèrement plus arrière, ainsi que la mâchoire plus basse. Pour /i/ et /ε/, la condition d'emphasis a pour effet une diminution de F1, une augmentation de F2, et la langue était plus antérieure et un peu plus haute dans la bouche, et la mâchoire plus basse. En bref, au niveau acoustique, les valeurs de formants en condition emphasis se sont révélées être plus périphériques qu'en condition neutre. La position de la langue correspondait aussi à des valeurs plus extrêmes de la voyelle en condition d'emphasis en comparaison avec la condition neutre (langue plus basse pour la voyelle /a/ et plus haute pour la voyelle /i/), mais la mâchoire était toujours plus ouverte en condition emphasis, que la voyelle soit haute ou basse. L'auteure suggère que la position de la mâchoire en condition emphasis pourrait être due à un besoin d'augmenter l'intensité de la voyelle, et que la position hyperarticulée de la langue serve à rendre la voyelle plus distincte.

Dans une étude sur l'effet Lombard, Quedas, Duprat et Gasparini (2007) ont enregistré la production de la parole dans le bruit chez des locuteurs atteints de la MP. À l'aide d'analyses acoustiques, ils ont tenté de vérifier si les locuteurs avec la MP présentaient le même comportement que des locuteurs normaux dans ces conditions : dans des conditions de bruit, les locuteurs normaux augmentent l'intensité de la parole. Ils ont remarqué que l'intensité initiale (condition sans bruit) était plus petite pour le groupe MP que pour le groupe contrôle, mais que l'intensité augmentait dans les deux groupes dans un contexte bruyant (proportionnellement à l'intensité dudit bruit). Faire produire la parole dans un environnement bruyant permet donc aux locuteurs avec la MP d'atteindre presque les niveaux d'intensité des locuteurs normaux. Ce résultat est intéressant puisqu'il pourrait avoir des impacts au niveau de la thérapie orthophonique.

Goberman et Elmer (2005) ont fait une étude sur la parole claire (« clear speech ») chez les locuteurs avec la MP. Ils ont élicité la parole claire en donnant l'instruction aux participants de parler aussi clairement et avec autant de précision que possible. Ils ont remarqué que les locuteurs avec la MP utilisaient 3 des 5

stratégies employées par les locuteurs normaux pour améliorer l'intelligibilité en condition de parole claire : diminution du rythme d'articulation (syllabes/seconde), augmentation de la f_0 , et augmentation de l'écart type de la f_0 . Au niveau des formants, ils ont calculé l'aire du trapèze vocalique dans les deux conditions. Ils ont remarqué que, bien que le résultat ne soit pas significatif, 7 des 12 participants avec la MP avaient une aire du trapèze vocalique plus grande en condition de parole claire qu'en parole normale, ce qu'ils expliquent par des plus grandes excursions de la langue en condition de parole claire. Par contre, ils n'ont pas remarqué que les participants avec la MP utilisaient plus de pourcentage de temps de pause, comme le font les locuteurs normaux. En bref, il est intéressant de souligner que la simple instruction de parler clairement réussit à faire des changements significatifs dans la production de la parole chez des locuteurs avec la MP, et que les stratégies qu'ils utilisent sont sensiblement les mêmes que celles de locuteurs normaux.

Dans le cas de notre étude, l'utilisation de la condition d'emphase contrastive sera utilisée afin de stimuler l'hyperarticulation chez les participants. L'hyperarticulation permettra de mettre de l'avant les traits canoniques des voyelles, et permettra aussi de tester les capacités de contraste entre les conditions neutre et sous emphase des locuteurs avec la MP.

CHAPITRE II

PROCÉDURE EXPÉRIMENTALE

Afin d'étudier la production des voyelles chez les locuteurs atteints de la MP et chez les locuteurs normaux, des enregistrements acoustiques et articulatoires ont été effectués. Au niveau acoustique, la parole produite par les locuteurs a été enregistrée, tandis que l'ultrason a été choisi comme méthode d'investigation articulatoire. Soulignons que ce travail fait partie du projet « Une étude articulatoire et acoustique de la production de la parole par des locuteurs atteints de troubles moteurs » subventionné par le CRSH et dirigé (programme Initiative de développement de la recherche) par Lucie Ménard.

2.1 Participants

Deux groupes de locuteurs ont participé à l'expérience. Dans le but de minimiser les facteurs qui auraient pu créer des différences entre les groupes qui n'auraient pas été dues à la MP, une attention particulière a été portée pour avoir des groupes les plus similaires possibles, en ce qui concerne l'âge et le sexe des participants. Nous avons aussi voulu avoir le même nombre de participants des deux sexes, pour éviter des effets dus au genre.

2.1.1 Participants atteints de la maladie de Parkinson (groupe P)

Le premier groupe (P) est constitué de 8 locuteurs souffrant de la MP, 4 hommes et 4 femmes, âgés entre 45 et 76 ans (voir le tableau 3.1 décrivant plus précisément les caractéristiques de chaque locuteur). Ils ont tous été recrutés par la Clinique Ste-Anne, une clinique privée spécialisée dans les troubles du mouvement située à Québec qui a accepté de collaborer à ce projet. Ces locuteurs atteints de la maladie de Parkinson ont été évalués par un médecin (Dr. Emmanuelle Pourcher, de la Clinique Ste-Anne) comme étant atteints à des niveaux situés entre 1 et 4 sur l'échelle de Hoehn et Yahr (1967), une échelle de 1 à 5 qui permet de caractériser l'avancement de la maladie en fonction du degré de gravité des symptômes des patients. Ces participants n'ont pas de troubles du langage ou de l'audition connus, et ont pour langue maternelle le français québécois. Les participants avaient tous pris leur médication avant l'enregistrement (ON).

Tableau 2.1: Liste des locuteurs du groupe P, incluant l'âge, le sexe, le stade selon Hoehn et Yahr, et le stade de la médication

Locuteur	Âge	Sexe	Stade (Hoehn et Yahr)	Stade (médicaments)
P1	52	M	1	On
P2	54	M	1,5	On
P3	65	M	2,5-4,0 (fluct.)	On
P4	76	M	2,5	On
P5	45	F	1,5	On
P6	53	F	2	On
P7	65	F	2	On
P8	69	F	2,5	On

2.1.2 Participants du groupe contrôle (groupe C)

Le deuxième groupe (C) est constitué de 8 locuteurs normaux, sans trouble neurologique ou du mouvement, de l'audition, ou de la parole en général, dont l'âge et le sexe correspondent approximativement à un locuteur parkinsonien (donc aussi 4 hommes et 4 femmes, entre 45 et 76 ans). Ils sont aussi tous des locuteurs natifs du français québécois.

Tableau 2.2: Liste des locuteurs du groupe C, incluant l'âge et le sexe

Locuteur	Âge	Sexe
C1	52	M
C2	58	M
C3	66	M
C4	76	M
C5	45	F
C6	54	F
C7	65	F
C8	65	F

Les participants du groupe P étaient en visite de routine à la clinique, où leur stade a été évalué par leur médecin, et les participants du groupe C ont été recrutés spécialement pour participer à la présente étude par la Clinique Ste-Anne. Les participants n'ont pas reçu d'indemnités compensatoires pour leur participation, mais les frais de déplacements ont été pris en charge, si nécessaire, par la Clinique Ste-Anne.

2.2 Corpus expérimental

Le corpus utilisé pour les enregistrements est divisé en deux parties.

La première partie consiste en la lecture de différentes syllabes contenant diverses voyelles et consonnes. Cette partie de l'expérience ne sera pas utilisée dans le cadre de ce mémoire.

La deuxième partie est celle qui nous intéresse. Elle consiste en 10 répétitions des énoncés suivants:

- Mon ami Bab me plaît. Non, mon ami BAB me plaît!
- Mon ami Bib me plaît. Non, mon ami BIB me plaît!
- Mon ami Dad me plaît. Non, mon ami DAD me plaît!
- Mon ami Did me plaît. Non, mon ami DID me plaît!

Le corpus a été choisi puisqu'il met en évidence trois différents aspects.

En ce qui concerne les voyelles, /a/ et /i/ ont été choisies pour pouvoir comparer deux voyelles bien différentes tant au niveau articulaire qu'au niveau acoustique. Il s'agit de deux des trois voyelles cardinales (la troisième étant /u/), voyelles qui délimitent l'espace vocalique du locuteur. Au plan articulaire, on met en opposition une voyelle haute et antérieure (/i/) et une voyelle moyenne et basse (/a/). En acoustique, /i/ possède un F1 bas et un F2 très élevé, tandis que /a/ possède un F1 élevé et un F2 moyen.

En ce qui concerne les consonnes, /b/ et /d/ représentent deux consonnes occlusives sonores, mais articulées différemment : /b/ est une bilabiale qui ne sollicite pas la langue mais seulement les lèvres, tandis que /d/ est une apico-dentale, donc qui nécessite une occlusion créée par l'apex de la langue sur les incisives supérieures. Ces deux voyelles permettent d'observer deux coarticulations différentes, au niveau des lèvres et de la langue, qu'il sera possible d'observer acoustiquement avec l'équation du locus et articulatoirement avec les images issues de l'ultrason. Des

consonnes sonores plutôt que sourdes ont été préférées afin d'éviter le dévoisement des voyelles qui suivent, ce qui aurait rendu l'analyse acoustique ardue.

Finalement, la formulation des paires de phrases du corpus permet de comparer deux conditions prosodiques différentes : la première phrase, de type déclarative, permet une production neutre, sans accent particulier sur le mot cible, tandis que la deuxième phrase, produite comme en réponse à quelqu'un qui aurait mal compris, produit un phénomène d'emphase contrastive sur le mot cible. Le corpus permet donc de montrer deux conditions prosodiques différentes : neutre et sous emphase contrastive. L'avantage de l'emphase contrastive est que cette condition permet la réalisation des sons en condition maximale d'hyperarticulation. On compare donc ainsi des données hyperarticulées pour tous les locuteurs.

Bien entendu, d'autres voyelles, telles que /u/ et /y/, et d'autres consonnes (les vélaires, par exemple), auraient aussi pu être étudiées, mais étant donné que nous désirions avoir plusieurs répétitions et que nous ne voulions pas fatiguer nos participants outre mesure, nous avons choisi de nous limiter à ces 2 voyelles, 2 consonnes et 2 conditions prosodiques, dans toutes leurs combinaisons possibles.

Le nombre de répétitions (10) a été choisi dans le but d'avoir assez d'occurrences pour pouvoir utiliser des tests statistiques. Les phrases ont été présentées dans un ordre aléatoire.

2.3 Procédures d'enregistrement

Tous les locuteurs ont été enregistrés dans une salle de conférence à la Clinique Ste-Anne des troubles du mouvement, à Québec. Bien que la salle de conférence utilisée ne possède pas des caractéristiques acoustiques particulièrement optimales, c'était une salle silencieuse et confortable dans laquelle l'équipement était toujours disposé au même endroit, afin d'introduire le moins possible de différences dans les conditions d'expérimentation entre les locuteurs. Les enregistrements ont été effectués par moi-même ou par des employés de la Clinique Ste-Anne préalablement

formés à utiliser l'ultrason et entraînés aux manipulations spécifiques à cette expérience.

2.3.1 Montage

Les participants étaient assis sur une chaise droite. Ils devaient porter un casque de construction ajustable, lequel était fixé avec une vis papillon à une planche de bois posée entre le dossier de la chaise et le dos du participant. Ce montage (voir figure 2.1) permettait d'assurer une certaine stabilité de la tête du sujet sans toute fois trop créer d'inconfort pour les participants. La sonde de l'appareil à ultrason était montée au bout d'un trépied de micro et placée sous le menton du participant de façon à avoir une coupe sagittale de la langue, en tentant d'ajuster l'angle de façon à bien voir de la racine jusqu'à l'apex. Le micro était aussi placé au bout d'un trépied, et positionné à une dizaine de centimètres de la bouche du participant. L'image issue de l'appareil à ultrason et le son capté par le micro étaient mixés et enregistrés par la caméra sur une cassette MiniDV.



Figure 2.1: Montage

2.3.2 Équipement

L'appareil à ultrason utilisé est de type SonoSite 180PLUS, avec la sonde C15e, qui permet un angle assez large sans toutefois avoir un manche d'une longueur encombrante. La caméra est de marque Panasonic, modèle AG-DVX 30. Le micro utilisé est un microphone unidirectionnel à condensateur Shure SM-84, dont le son était amplifié par le préamplificateur AudioBuddy.

2.3.3 Déroulement de l'expérience

Tous les participants ont reçu des instructions uniformes concernant la façon de dire le corpus: la première phrase devait être dite sur un ton normal, sans emphase, mais la deuxième devait être dite comme si on répondait à quelqu'un, en insistant bien sur le mot en majuscule. L'expérimentateur montrait ensuite un exemple, et pouvait aussi répéter les consignes si elles n'étaient pas bien comprises. Si le participant faisait des erreurs, au niveau du mot cible ou de l'intonation, l'expérimentateur le corrigeait et le faisait recommencer. Un verre d'eau était offert aux participants pendant et après l'expérience.

2.4 Traitement des données

Après les enregistrements, le contenu des cassettes MiniDV a été numérisé avec Adobe Premiere Pro à une fréquence audio de 48000Hz. Le film a été découpé par paires de deux phrases avec le logiciel Adobe Premiere Pro.

2.4.1 Traitement acoustique

La partie audio du film a été transformée en format .wav et traitée avec le logiciel Praat 4.4.01.

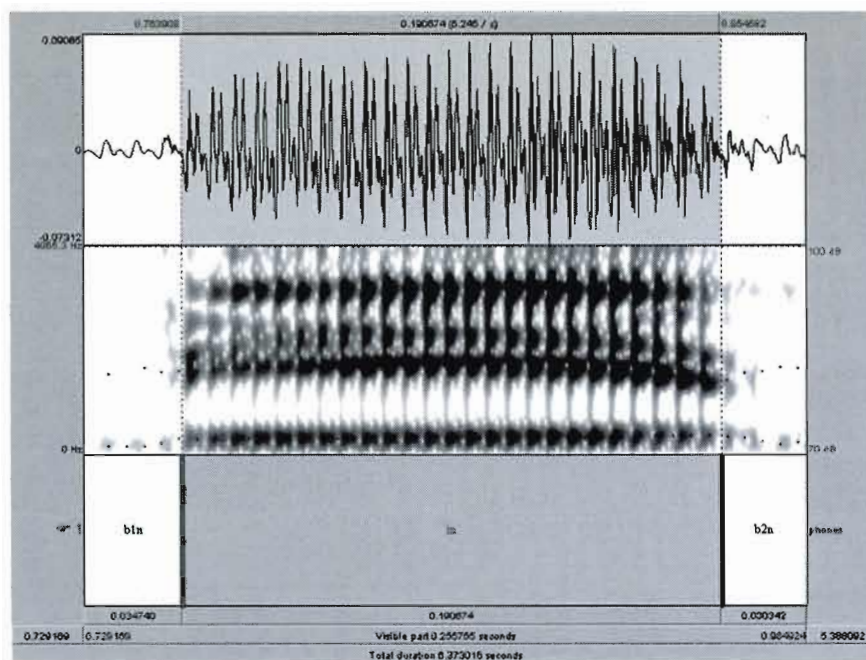


Figure 2.2: Exemple de fenêtre d'analyse et d'étiquetage dans Praat

La segmentation a été codifiée comme suit :

/Mon ami/C1n/Vn/C2n/me plaît./Non,/mon amie/C1e/Ve/C2e/me plaît./

- C représente la consonne (/b/ ou /d/)
- Le chiffre représente son occurrence (1= attaque, 2=coda)
- V représente la voyelle (/a/ ou /i/)
- n représente la condition prosodique neutre
- e représente la condition prosodique emphase

Pour les cas où l'explosion de la consonne était claire (surtout pour le /d/), elle était identifiée par la consonne, son numéro, sa condition prosodique, suivi de *exp*, par exemple : *d1nexp*.

Voici un exemple de segmentation :

Mon ami/d1n/d1nexp/an/d2n/d2nexp/me plaît./Non,/mon amie/d1e/d1eexp/ae/d2e/d2eexp/me plaîte./

À partir de cette segmentation, un script a été utilisé dans Praat pour extraire les données suivantes :

- valeur de f0 au milieu des voyelles
- valeur de F1, F2 et F3 au milieu des voyelles
- valeur de F2 au début de la voyelle
- durée des voyelles

Les valeurs de F0, F1, F2 et F3 ont été extraites au milieu des voyelles, puisque c'est le moment où on suppose que la cible acoustique et articulaire a été atteinte, le moment le plus stable entre les deux consonnes. De plus, la valeur de F2 au début de la voyelle a été extraite pour permettre le calcul de la pente de l'équation du locus, une mesure de coarticulation (voir section 2.4.2).

Pour permettre une meilleure détection des formants, le script permet de sélectionner la voyelle (*an*, *ae*, *in*, ou *ie*) et le sexe du locuteur, puisque le script se base sur des valeurs approximatives auxquelles devraient se situer les formants, et qui varient selon la voyelle, la condition prosodique et le sexe du locuteur.

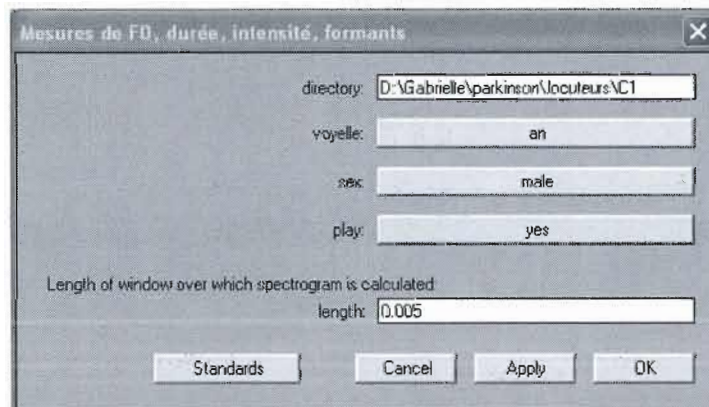


Figure 2.3: Exemple de fenêtre de sélection du script, pour la voyelle et le sexe du locuteur

Bien que le script utilisé permette d'extraire automatiquement les valeurs, il permet aussi de contrôler si la détection est juste. Pour chaque voyelle analysée, une fenêtre montre le spectrogramme de la voyelle mesurée, et les formants sont tracés en superposition sur le spectrogramme, ce qui permet de vérifier manuellement si les formants ont été détectés correctement. Le son est aussi entendu, ce qui permet une vérification de l'étiquetage.

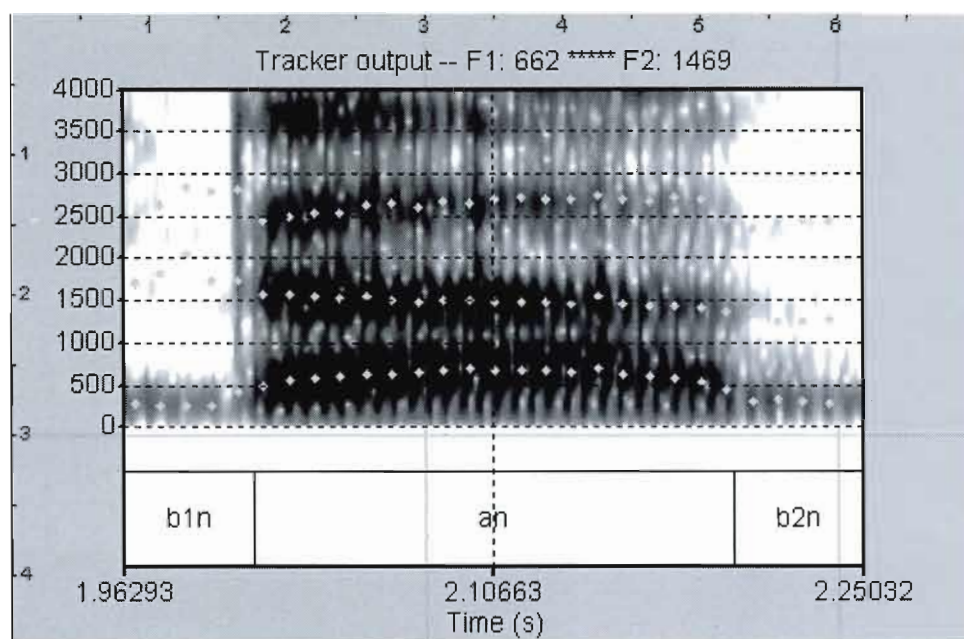


Figure 2.4: Exemple de fenêtre d'analyse du script d'extraction de formants

Dans le cas où la fenêtre montre une détection aberrante, les valeurs de formants ont été extraites manuellement dans Praat à l'aide de la fonction « Formant Listing ».

Pour poursuivre les analyses, les valeurs de formants extraites grâce au script sont transformées de Hertz (nombre de cycles de l'onde sonore/seconde) en mels, une échelle logarithmique qui permet de reproduire plus fidèlement la façon dont la parole est réellement perçue au niveau de l'oreille humaine, selon la formule suivante : $f_{\text{mels}} = 2595 * \log_{10}(1 + (f_{\text{Hz}}/700))$.

Pour chacun des locuteurs, la moyenne et l'écart type des dix répétitions par condition sont calculés, pour chaque condition de chaque formant, en mels. L'écart

type un moyen de quantifier la variabilité dans les productions. Il se calcule selon la formule suivante : $\text{écart type} = \sqrt{((\sum(x-x)^2)/(n-1)))}$.

Par la suite, des ANOVAs à mesures répétées sont effectuées pour chacun des deux formants (les moyennes par locuteur des formants au centre de la voyelle comme variables dépendantes). Ces ANOVAs utilisent comme variables indépendantes : le groupe comme facteur inter-sujets, ainsi que la voyelle (2 niveaux : a et i), la condition prosodique (2 niveaux : neutre et emphase), et la consonne (2 niveaux : b et d) comme facteurs intra-sujets.

Ces ANOVAs serviront à comparer les productions des deux groupes. Rappelons que F1 et F2 ont des corrélats articulatoires (voir figure 2.5) : F1 augmente avec l'aperture et F2 augmente avec l'antériorité du lieu d'articulation. L'hypothèse proposée est que peut-être qu'un des deux traits (aperture/F1 ou antériorité/F2) est différent entre les deux groupes de locuteurs.

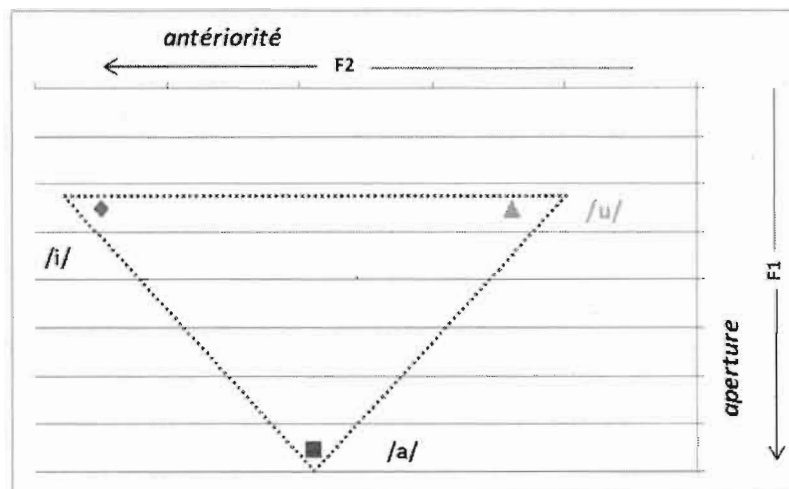


Figure 2.5: F1, F2 et leurs corrélats articulatoires

Les mêmes ANOVAs sont effectuées sur les valeurs d'écart type.

Ensuite, le trapèze acoustique des voyelles est tracé. Il s'agit de positionner les valeurs de F1 et de F2 dans un graphique de dispersion, pour les deux voyelles a et i,

pour chaque groupe de locuteurs. Un trapèze acoustique avec les trois voyelles cardinales est montré ci-dessous en exemple. Le plus petit triangle à l'intérieur représente un trapèze acoustique réduit, ce qui signifie un moins grand contraste entre les voyelles.

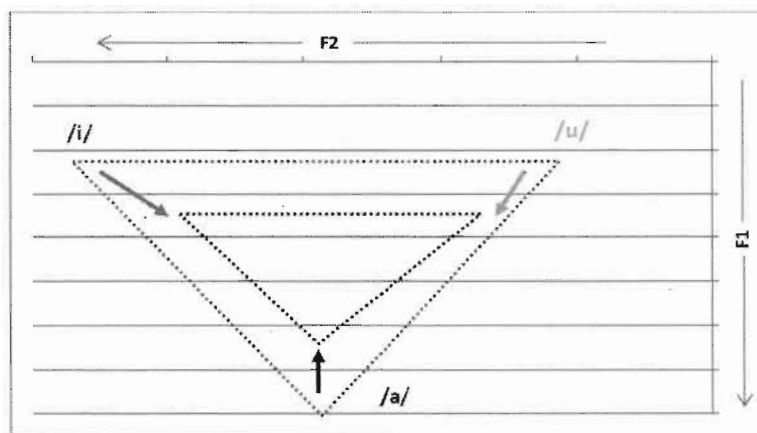


Figure 2.6: Exemple de trapèze acoustique réduit (rouge=réduit)

Étant donné que le corpus utilisé comprend les voyelles /a/ et /i/, on peut mesurer la distance entre ces deux voyelles avec les distances euclidiennes, puisque /a/ et /i/ sont deux extrêmes dans le trapèze acoustique. Les distances euclidiennes sont calculées selon la formule suivante : distance euclidienne = $\sqrt{((F1_a - F1_i)^2 + (F2_a - F2_i)^2)}$. La figure 2.7 illustre ces distances euclidiennes. Cette mesure sert à comparer l'écart entre les deux voyelles chez les deux groupes de locuteurs. Plus les distances euclidiennes sont grandes, plus les voyelles sont distinctes l'une de l'autre. Pour chaque locuteur, pour chaque voyelle (avec les deux contextes consonantiques confondus, puisque nous utilisons les valeurs de F1 et F2 au milieu de la voyelle, où l'effet de la consonne est présumé le moins important), il faut calculer la moyenne de F1 et la moyenne de F2.

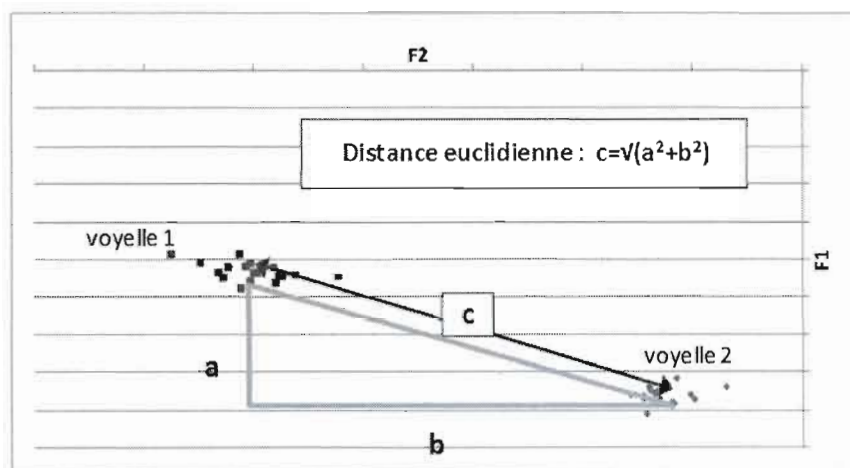


Figure 2.7: Exemple de calcul de distance euclidienne

Il est ensuite possible de comparer les distances euclidiennes de chaque groupe de locuteur. Une ANOVA à mesures répétées sera ensuite effectuée sur l'ensemble des résultats, avec le contexte consonantique et la condition prosodique comme facteur intra-sujets, et le groupe comme facteur inter-sujets.

Les distances euclidiennes sont aussi utilisées pour calculer une autre différence : la différence entre la condition neutre et la condition d'emphasis. Cette distance est comparée entre le groupe contrôle et le groupe Parkinson, pour chaque voyelle séparément, mais avec les consonnes /b/ et /d/ confondues.

Afin de vérifier si cet écart est significatif, il faut effectuer une ANOVA à mesures répétées (variable dépendante : distance euclidienne; facteur inter-sujets : groupe; facteur intra-sujets : consonne et voyelle).

2.4.2 Locus

Les valeurs de F2 au début et au milieu de la voyelle qui seront extraites par le script serviront à calculer l'équation du locus. L'équation du locus résulte d'une droite de régression linéaire tracée sur un graphique représentant F2 au milieu de la voyelle et F2 au début de la voyelle, dans une syllabe de type CV. La pente et

l'intersection de la droite avec l'axe des y permettent de caractériser l'articulation de la consonne qui précède la voyelle (Sussman, McCaffrey et Matthews, 1991). Dans le cas de la consonne /b/, par exemple, il s'agit d'une bilabiale qui laisse la langue totalement libre d'articuler la voyelle suivante pendant la consonne (anticipation maximale). La pente de l'équation du locus sera donc élevée (beaucoup de coarticulation) (voir figure 2.8, la figure de droite).

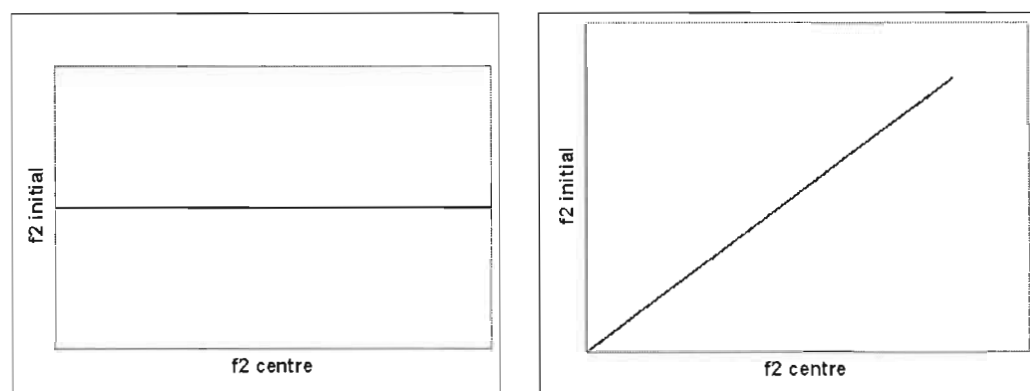


Figure 2.8: Exemples de pentes d'équation du locus (à gauche: pente faible, donc peu de coarticulation; à droite: pente élevée, donc beaucoup de coarticulation)

Par contre, dans le cas d'une consonne comme /d/ ou /g/, la langue doit être positionnée à un endroit précis pendant la production de la consonne. Donc, au tout début de la voyelle, la langue est placée indépendamment de la voyelle qui suit. Il s'agit donc d'une coarticulation minimale, ce qui crée une pente de l'équation du locus plus plate.

Les données relevées par Sussman, McCaffrey et Matthews (1991) ont montré que la consonne /b/ produisait la pente la plus abrupte, le /d/ la pente la plus douce, et le /g/ une pente moyenne, qui varie beaucoup selon l'antériorité/postériorité de la voyelle qui suit.

Une étude des pentes des équations du locus dans plusieurs langues ont montré (Sussman, Hoemeke et Ahmed, 1993) que ces résultats, du moins cet

ordonnancement des consonnes et des pentes de locus leur étant associées, était généralisée à travers les langues.

Dans une autre étude, le développement de la coarticulation a été étudié chez un enfant de 7 mois à 40 mois (Sussman *et al.*, 1999). Ils ont montré que le développement des patrons de coarticulation se fait à des rythmes différents pour les trois types de consonnes, mais que l'enfant observé atteint quand même des niveaux comparables aux adultes assez tôt. Le raffinement de la coarticulation s'effectuera toutefois un peu plus tard.

Dans cet ordre d'idée, il sera intéressant de voir comment des locuteurs avec la MP produisent la coarticulation, étant donné leur contrôle moteur déficient.

2.4.3 *Traitement articulatoire*

Le traitement des données articulatoires permet d'extraire des données numériques à partir des films issus des enregistrements de l'ultrason, qui permettront de caractériser la langue dans l'articulation des voyelles chez les deux groupes de locuteurs.

Tout d'abord, un autre script a été utilisé dans Praat. Ce script permet de trouver le numéro de l'image du film correspondant au milieu de la voyelle. Il fonctionne ainsi : il calcule le temps correspondant au milieu de la voyelle à partir de l'étiquetage précédemment effectué au niveau acoustique, puis multiplie ce temps par la fréquence d'images (29,97 images/seconde).

Par la suite, avec le logiciel VirtualDub, l'image dont on a déterminé le numéro avec le script a été extraite du film et enregistrée en format bmp (voir la figure 2.9)



Figure 2.9: Exemple d'image de la langue avec l'ultrason (la partie antérieure de la langue correspond à la droite, et la partie postérieure correspond à la gauche)

Ensuite, le logiciel EdgeTrak, un logiciel gratuit conçu au Vocal Tract Visualization Lab de la University of Maryland ((Li, Kambhamettu et Stone, 2008) [<http://speech.umaryland.edu/software.html>]) a été utilisé afin de tracer le contour de la langue pour cette image. EdgeTrak est un logiciel de détection semi-automatique des contours. En traçant manuellement quelques points sous le contour de la langue sur l'image ultrason, EdgeTrak ajoute automatiquement d'autres points sous le contour (voir figure 2.10). Il est ensuite possible de corriger le tracé automatique EdgeTrak en supprimant et en ajoutant des points lorsque la détection a été mal effectuée. Puis, on peut à nouveau faire réajuster automatiquement les points par le programme. Il faut par la suite exporter les coordonnées (x,y) des points du tracé. Pour cette expérience, nous avons choisi d'exporter 100 points du tracé.

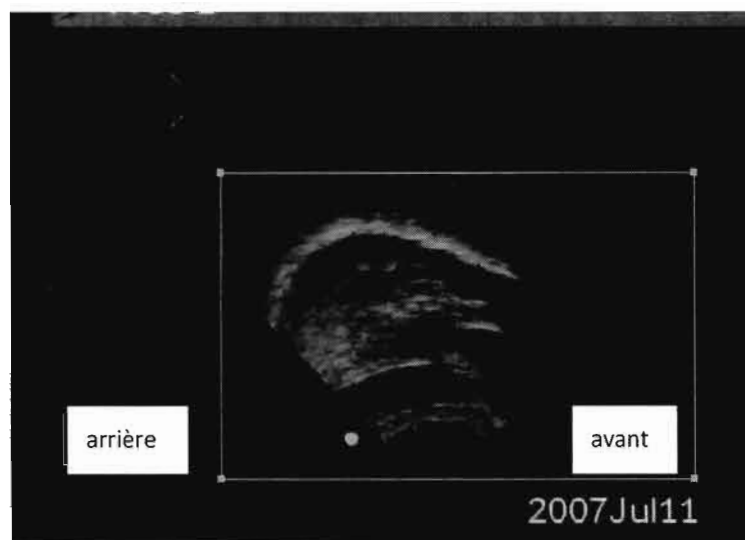


Figure 2.10: Exemple de tracé du contour de la langue dans EdgeTrak (points rouges)

Les coordonnées exportées ont ensuite été utilisées par le programme Lingua. Lingua est un programme Matlab développé au Laboratoire de phonétique de l'UQAM [<http://www.phonetique.uqam.ca>]. Lingua utilise les coordonnées de EdgeTrak, les place sur une grille radiale et dessine un triangle sous la forme de la langue (voir figure 2.11). Le but de Lingua est de calculer un petit nombre de paramètres qui caractérisent la forme de la langue et de pouvoir ainsi comparer les contours de langue pour un même locuteur en différentes conditions, et même entre différents locuteurs pour certains paramètres. Les valeurs calculées par Lingua peuvent ensuite être utilisées dans des tests statistiques pour vérifier s'il existe des différences significatives dans la forme et la position de la langue dans divers

contextes.

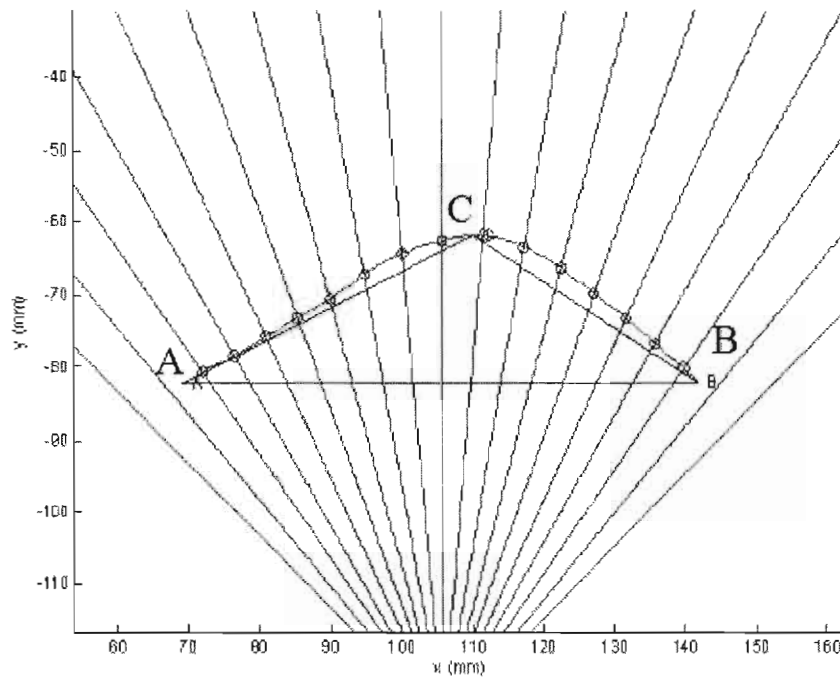


Figure 2.11: Lingua place le contour de la langue sur une grille radiale et place un triangle sous ce contour

Dans le cadre de ce mémoire, ce sont les paramètres d'asymétrie et de courbure, ainsi que les angles du triangle qui seront utilisés. Il existe d'autres variables calculées par Lingua que nous aurions pu utiliser, tels que le point Y maximal et la position en X de ce point Y maximal, mais étant donné que notre méthode d'enregistrement ne permet pas de garantir que la sonde n'a pas bougé entre les occurrences, il serait invalide d'utiliser ces données.



Figure 2.12: La courbure (AB/CD) et l'asymétrie (AD/DB) (tiré de Aubin (2006)).

Le paramètre de courbure est calculé en divisant le segment AB par le segment CD. Donc, plus la valeur de courbure calculée est grande, plus la courbure est plate. Pour une voyelle ouverte telle que /a/, la valeur du paramètre de courbure sera donc élevée, tandis que pour une voyelle haute comme /i/, elle sera faible.

Le paramètre d'asymétrie est quant à lui calculé en divisant le segment AD par le segment DB. Une grande valeur de ce paramètre indique par exemple que le point maximum est vers la droite du triangle, ce qui signifie antérieur pour les données recueillies dans cette étude. Par exemple, pour /i/, une voyelle antérieure, la valeur du paramètre d'asymétrie sera élevée, tandis qu'il serait faible pour une voyelle vélaire comme /u/.

Les angles A, B et C du triangle tracé par Lingua seront aussi calculés. Ils correspondent à ceux indiqués à la figure 2.13.

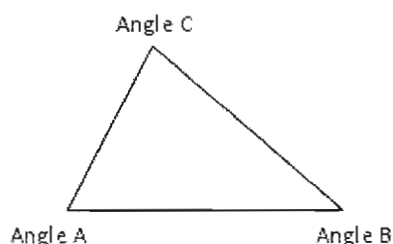


Figure 2.13: Les angles A, B et C tels que calculés par Lingua

Afin de pouvoir mieux comprendre ce que la valeur des angles représente, voici des triangles représentant trois voyelles différentes, tiré de Aubin (2006).

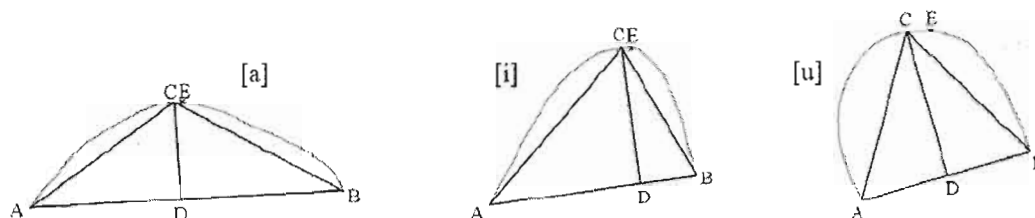


Figure 2.14: Triangles et angles des voyelles /a/, /i/ et /u/ (tiré de Aubin (2006))

On remarque qu'un grand angle A correspond généralement à une langue plutôt haute, et qu'un petit angle A correspond à une langue plutôt étirée et plate vers l'avant. L'angle B correspond également à une langue élevée vers le palais, et qu'un petit angle B correspond à une langue plus aplatie et postérieure. Un grand angle C correspond à une langue très aplatie, tandis qu'un petit angle C décrit plutôt une langue élevée vers le palais.

Les valeurs des paramètres décrits ci-dessus seront ensuite compilées et comparées entre les conditions et entre les groupes de locuteurs. Des ANOVAs à mesures répétées seront ensuite effectuées sur les résultats, pour vérifier s'il y a des différences significatives au niveau articulatoire.

CHAPITRE III

RÉSULTATS ACOUSTIQUES

Dans ce chapitre, les résultats acoustiques de l'expérimentation seront dévoilés. Dans un premier temps, les valeurs moyennes et les écarts types des deux premiers formants, en mels, seront montrés. Ensuite, les distances euclidiennes dans l'espace acoustique F1/F2 entre les voyelles /a/ et /i/, ainsi que les distances euclidiennes dans l'espace acoustique F1/F2 entre les conditions neutre et emphase seront présentées. Finalement, les résultats quant à la pente de l'équation du locus seront aussi présentés. Les graphiques seront suivis d'analyses statistiques permettant de déterminer si les différences observées sont significatives.

3.1 Formants

Les résultats des analyses des deux premiers formants sont présentés ci-dessous.

Rappelons tout d'abord que F1 est corrélé articulatoirement avec l'aperture : plus F1 est grand, plus l'aperture est grande. On s'attend donc à un F1 plus grand pour /a/, la voyelle maximale ouverte, que pour /i/, une voyelle maximale fermée.

Les valeurs moyennes et les écarts types de F1 sont présentés à la figure 3.1, pour la consonne /b/, et à la figure 3.2, pour la consonne /d/.

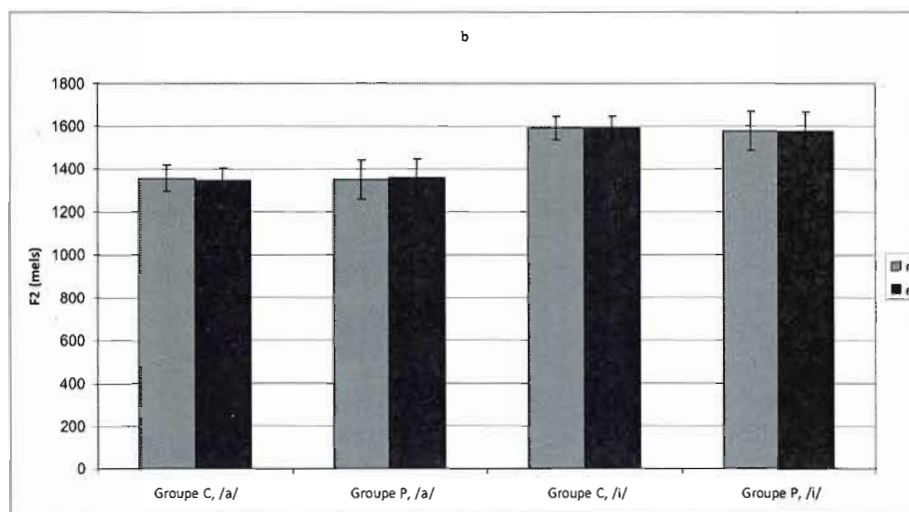


Figure 3.1: F1 (en mels), en contexte consonantique /b/

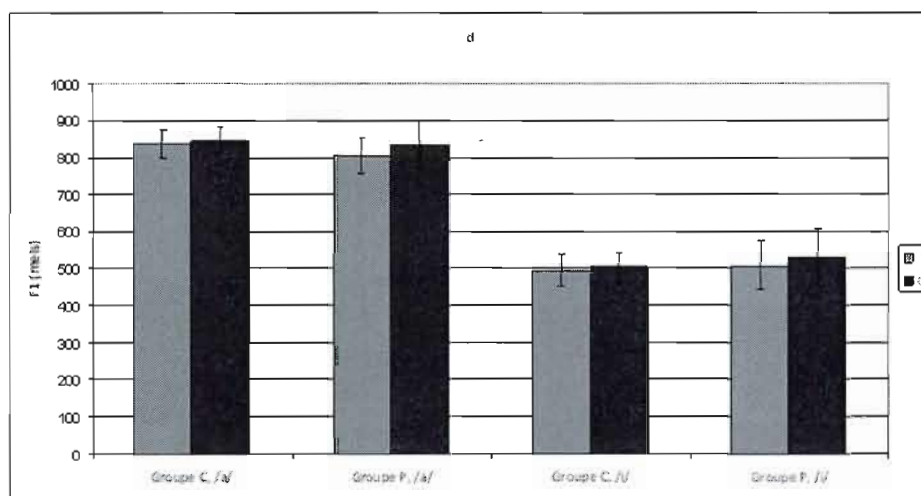


Figure 3.2: F1 (en mels), en contexte consonantique /d/

On remarque dans les deux figures ci-dessus que F1 est plus élevé pour la voyelle /a/ que pour la voyelle /i/ chez les deux groupes de locuteurs, tel qu'attendu. De plus, F1 est légèrement plus élevé en condition emphase qu'en condition neutre pour les deux voyelles et les deux consonnes. Les deux groupes de locuteurs ne produisent pas F1 de façon différente.

À partir de ces données de F1, une ANOVA à mesures répétées avec groupe comme facteur inter-sujets et voyelle (/a/ et /i/), consonne (/b/ et /d/) et condition prosodique (neutre et emphase) comme facteurs intra-sujets a été effectuée. Les résultats sont présentés dans le tableau 3.1.

Tableau 3.1: Résultats de l'ANOVA à mesures répétées sur F1

Effet	F (1,14)	p
Groupe	0,033	0,859
Voyelle	338.193	0.000***
Condition	15,313	0,002**
Consonne	1,868	0,193
Voyelle*groupe	1,726	0,210
Condition*groupe	6,334	0,025*
Consonne*groupe	1,980	0,181
Voyelle*condition	0,007	0,937
Voyelle*consonne	0,076	0,787
Condition*consonne	0,076	0,787
Voyelle*condition*groupe	0,045	0,836
Voyelle*consonne*groupe	0,329	0,575
Condition*consonne*groupe	0,329	0,575
Voy*cond*consonne	0,167	0,689
Voy*cond*consonne*groupe	0,460	0,509

Les résultats de l'ANOVA montrent qu'il existe bel et bien une différence de F1 en ce qui concerne les voyelles, c'est-à-dire que les deux groupes, toutes conditions

confondues, produisent un F1 significativement ($p=0,000$) plus élevé pour /a/ que pour /i/, tel qu'attendu.

De plus, un effet de condition existe : F1, en condition d'emphase, est significativement ($p=0,002$) plus élevé qu'en condition neutre, et ce, pour les deux voyelles.

Cependant, il n'existe pas d'effet de groupe : toutes conditions confondues, il n'y a pas de différence entre le groupe C et le groupe P, pour le premier formant.

Un troisième effet est significatif ($p=0,025$) : l'interaction condition*groupe. Cet effet montre que les deux groupes ne produisent pas la différence de condition prosodique de la même façon. Les graphiques précisent que le groupe P produit une plus importante différence neutre-emphase que le groupe C, pour ce qui est du premier formant.

Des tests post-hoc (Tukey) ont été effectués afin de vérifier quels effets étaient significatifs dans cette interaction. Les résultats sont présentés au tableau 3.2.

Tableau 3.2: Résultats des tests post-hoc (Tukey) sur l'interaction condition*groupe, pour F1

Groupe		C	C	P
	Condition	n	e	n
C	e	0,758		
P	n	0,892	0,751	
P	e	0,914	0,984	0,002**

On remarque que le seul effet significatif ($p=0,002$) se situe à la comparaison du groupe P entre la condition neutre et la condition emphase, tel que remarqué précédemment sur les graphiques. C'est donc dire que le groupe P produit une différence significative pour F1 entre les deux conditions prosodiques, mais pas le groupe C. Le groupe P marque donc plus la différence neutre/emphase que le groupe C, pour F1.

Voyons maintenant si les tendances observées en F1 se répètent en F2.

Le deuxième formant, quant à lui, est corrélé articulatoirement avec l'antériorité. Plus la voyelle est antérieure, plus F2 est élevé. Pour cette expérience, on s'attend donc à un F2 élevé pour /i/, une voyelle antérieure, et un F2 moyen pour /a/, une voyelle moyenne.

À la figure 3.3 et à la figure 3.4, il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document..4, on montre cette fois les valeurs moyennes et les écarts types de F2 en mels, pour chacun des contextes consonantiques.

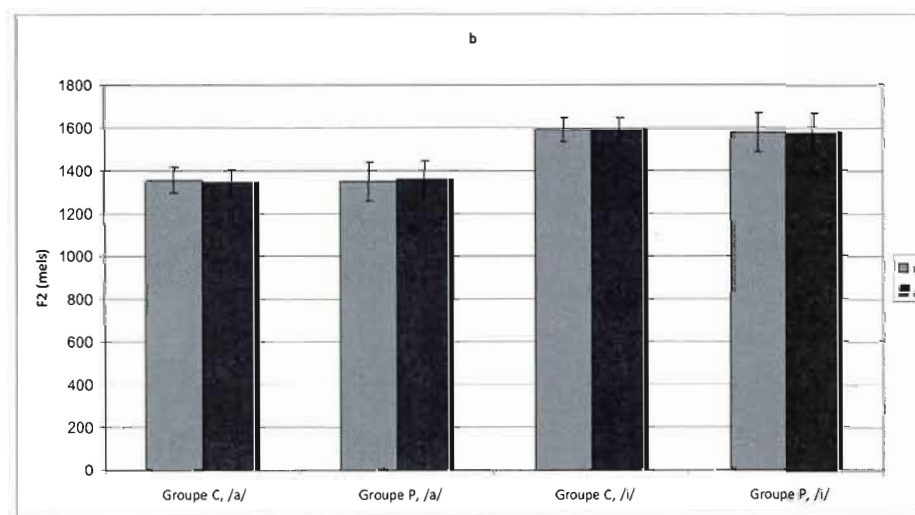


Figure 3.3: F2 (en mels), en contexte consonantique /b/ (C=contrôles, P=Parkinson)

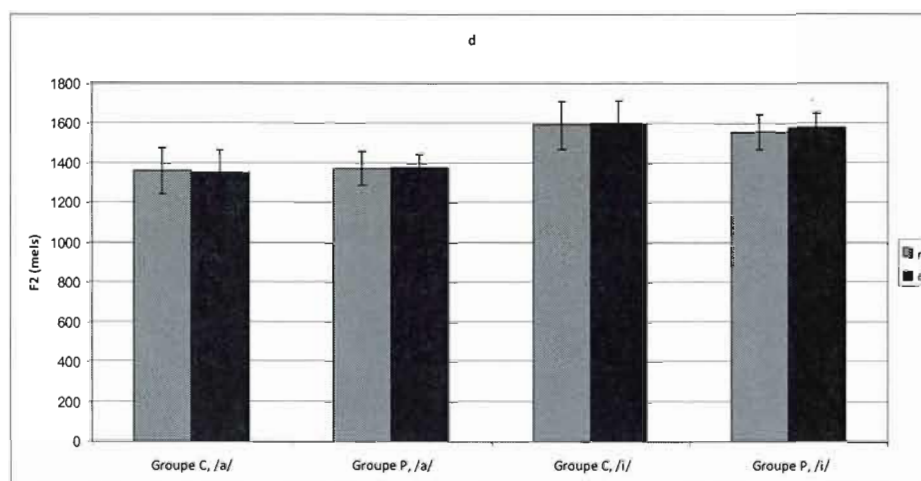


Figure 3.4: F2 (en mels), en contexte consonantique /d/ (C=contrôles, P=Parkinson)

Pour F2, dans les deux contextes consonantiques, les valeurs sont plus élevées pour /i/ que pour /a/. Ce résultat reflète également les différences acoustico-articulatoires typiques du système vocalique du français. La différence entre les deux conditions prosodiques neutre et emphase est très petite pour F2, pour /b/ et /d/. Les deux groupes de locuteurs ont des valeurs de F2 similaires pour les deux consonnes.

À partir de ces données de F2, une ANOVA à mesures répétées avec groupe comme facteur inter-sujets et voyelle (/a/ et /i/), consonne (/b/ et /d/) et condition prosodique (neutre et emphase) comme facteurs intra-sujets a été effectuée. Les résultats sont présentés dans le tableau 3.3.

Tableau 3.3: ANOVA à mesures répétées sur les valeurs de F2

Effet	F (1,14)	P
Groupe	0,012	0,916
Voyelle	128,318	0,000***
Condition	0,408	0,533
Consonne	0,740	0,404
Voyelle*groupe	0,625	0,443

Condition*groupe	2,779	0,118
Consonne*groupe	0,029	0,868
Voyelle*condition	3,580	0,079
Voyelle*consonne	4,348	0,056
Condition*consonne	1,970	0,182
Voyelle*condition*groupe	0,653	0,433
Voyelle*consonne*groupe	3,327	0,090
Condition*consonne*groupe	0,248	0,626
Voy*cond*consonne	12,035	0,004**
Voy*cond*consonne*groupe	1,974	0,182

Pour F2, l'ANOVA montre un effet significatif de la voyelle ($p=0,000$), comme F1 l'avait montré. F2 est significativement plus élevé pour /i/ que pour /a/, tel qu'attendu.

Il n'y a pas d'effet de groupe : F2 est produit de la même façon chez le groupe P que chez le groupe C. Ceci avait aussi été remarqué pour F1. Il n'y a pas non plus d'effet de condition, lequel avait été observé pour F1. De plus, il n'y a pas d'effet de consonne.

Le seul autre effet significatif est l'interaction voyelle*condition*consonne ($p=0,004$). Une triple interaction est plus difficile à expliquer. Des tests post-hoc (Tukey) ont été effectués sur cette interaction, et les résultats sont présentés au tableau 3.4.

Tableau 3.4: Résultats des tests post-hoc (Tukey) sur l'interaction voyelle*condition*consonne

voy	a	a	a	a	i	i	i	i
-----	---	---	---	---	---	---	---	---

cond			n	n	e	e	n	n	e	e
cons			b	d	b	d	b	d	b	d
a	n	b								
a	n	d	0,000***							
a	e	b	1,000	0,000****						
a	e	d	0,002**	0,776	0,002**					
i	n	b	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***				
i	n	d	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,003**			
i	e	b	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,999	0,002**		
i	e	d	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,985	0,001***	0,999	

Limitons d'abord l'interprétation aux différences neutre-emphase, pour une même consonne. Par exemple, comparons a-e-b avec a-n-b, et ainsi de suite :

- Pas de différence pour a-b entre emphase et neutre.
- Pas de différence pour a-d entre emphase et neutre.
- Pas de différence non plus pour i-b entre emphase et neutre.

On voit donc que en contexte /b/, les conditions emphase-neutre ne diffèrent pas, ce qui étonne, puisque ce contexte ne restreint pas les mouvements linguaux. On s'attendrait donc à avoir des réalisations hyperarticulées maximales en emphase, par rapport à la condition neutre. Peut-être les réalisations neutres dans ce contexte sont-elles hyperarticulées.

Sinon, puisqu'il n'y a pas d'interaction avec le facteur groupe, il n'est pas nécessaire de pousser plus loin l'interprétation.

3.2 Écarts types

Rappelons que l'écart type est une mesure de dispersion. Si l'écart type est faible, cela signifie que la cible acoustique est atteinte avec précision à chaque coup. Un écart type plus élevé dénoterait une plus grande variabilité dans les productions, et donc probablement un moins bon contrôle moteur.

L'écart type a donc été calculé pour F1 et pour F2.

Les figures ci-dessous (figure 3.5 et figure 3.6) montrent les valeurs d'écart type moyen pour F1, en contexte consonantique /b/ et /d/.

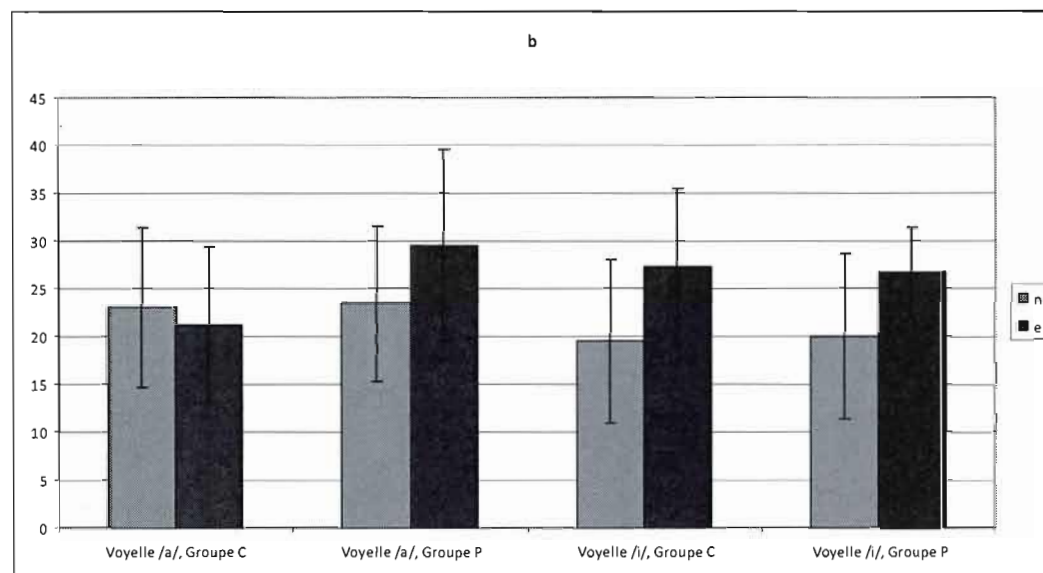


Figure 3.5: Écart type moyen pour F1, en contexte consonantique /b/ (C=contrôles, P=Parkinson)

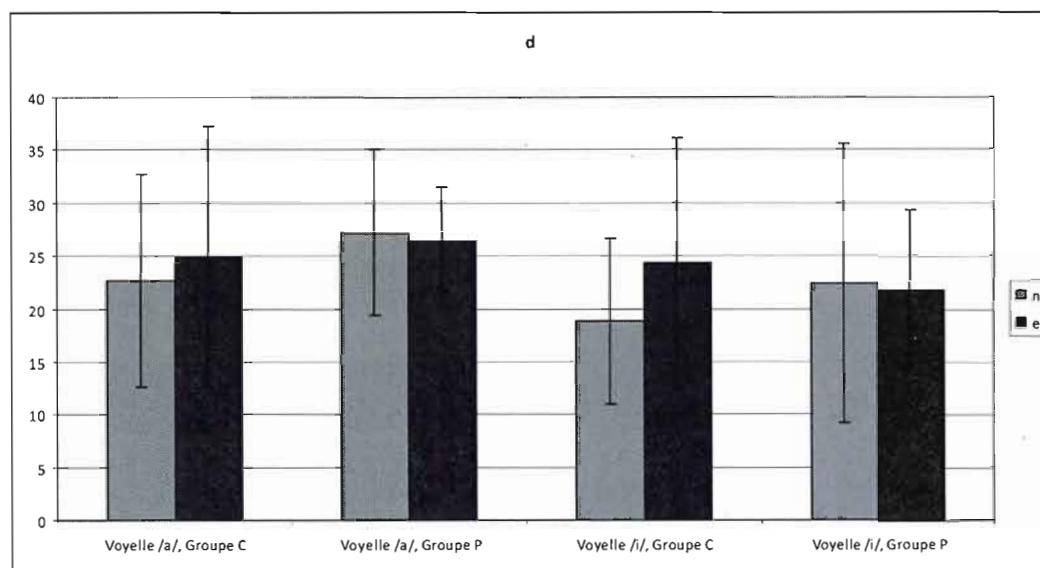


Figure 3.6: Écart type moyen pour F1, en contexte consonantique /d/ (C=contrôles, P=Parkinson)

Pour l'écart type pour F1, il ne semble pas y avoir de différences significatives entre les conditions ni entre les groupes. Ce résultat semble surprenant, puisqu'on s'attendait à plus de variabilité (et donc des écarts types plus grands) pour le groupe P que pour le groupe C.

Les résultats de l'ANOVA à mesures répétées sur les écarts types sont présentés au tableau 3.5.

Tableau 3.5: ANOVA à mesures répétées sur les résultats d'écart type pour F1

Effet	F (1,14)	P
Groupe	0,597	0,452
Consonne	0,046	0,833
Voyelle	0,926	0,352
Condition	1,744	0,204
Consonne*groupe	0,026	0,873

Voyelle*groupe	0,577	0,460
Condition*groupe	0,011	0,917
Consonne*voyelle	1,273	0,278
Consonne*condition	1,789	0,202
Voyelle*condition	2,87	0,153
Consonne*voyelle*groupe	0,181	0,677
Consonne*condition*groupe	3,198	0,095
Voyelle*Condition*groupe	1,825	0,198
Cons*voy*condition	0,656	0,432
Cons*voy*cond*groupe	0,452	0,512

Cette ANOVA ne révèle aucune différence significative entre les conditions ou les groupes, et confirme les observations faites sur les figures précédentes.

Le deuxième formant pourrait peut-être toutefois montrer des différences significatives au niveau de l'écart type.

La figure 3.7 et la figure 3.8 présentent les résultats des écarts types pour F2, en contexte consonantique /b/ et /d/ respectivement.

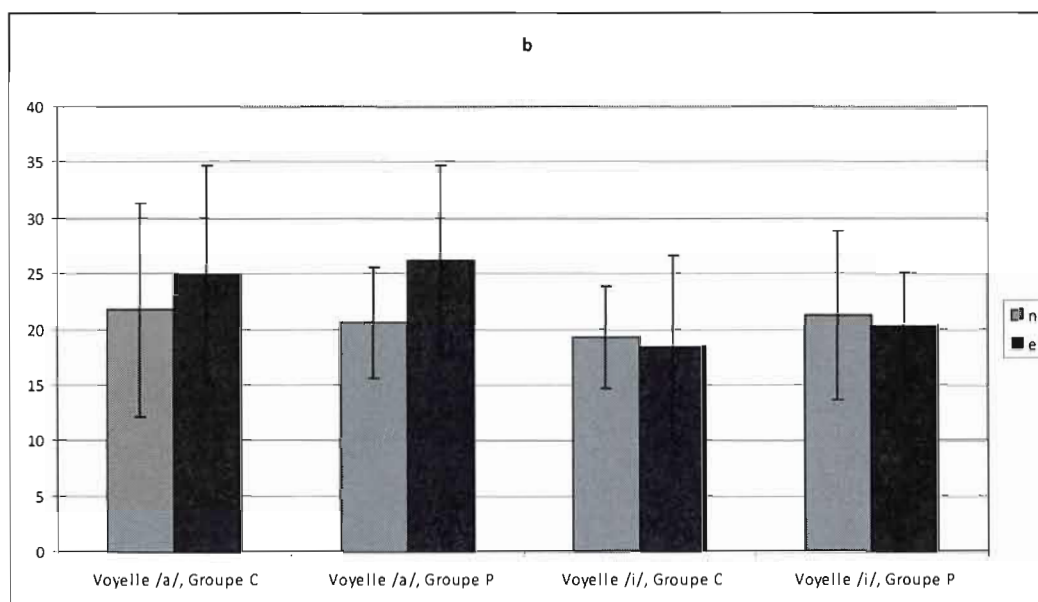


Figure 3.7: Écart type moyen pour F2, en contexte consonantique /b/ (C=contrôles, P=Parkinson)

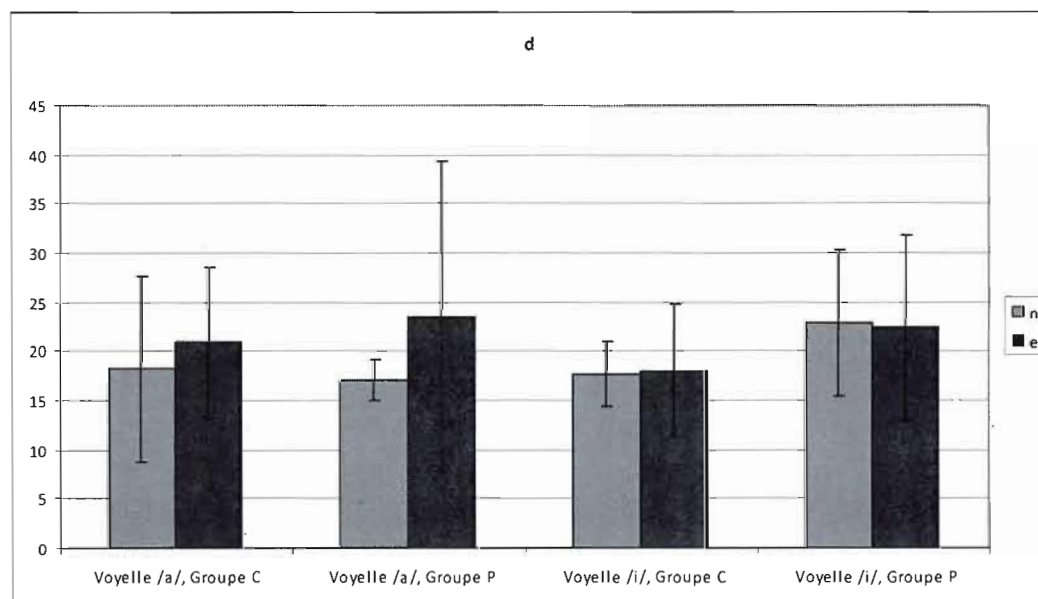


Figure 3.8: Écart type moyen pour F2, en contexte consonantique /d/ (C=contrôles, P=Parkinson)

Pour l'écart type avec F2, il n'y a pas de différence entre les groupes. Par contre, on remarque que pour la voyelle /a/, l'écart type augmente entre la condition prosodique neutre et emphase, tandis que la situation inverse se produit pour la voyelle /i/, pour laquelle l'écart type diminue légèrement entre la condition prosodique neutre et emphase.

Les résultats de l'ANOVA à mesures répétées sur les écarts types avec F2 sont présentés au tableau 3.6.

Tableau 3.6: ANOVA à mesures répétées sur les résultats d'écart type pour F2

Effet	F (1,14)	P
Groupe	0,936	0,350
Consonne	1,490	0,242
Voyelle	0,707	0,414
Condition	1,616	0,224
Consonne*groupe	0,480	0,500
Voyelle*groupe	0,600	0,452
Condition*groupe	0,187	0,672
Consonne*voyelle	2,752	0,119
Consonne*condition	0,029	0,868
Voyelle*condition	16,074	0,001**
Consonne*voyelle*groupe	0,230	0,639
Consonne*condition*groupe	0,002	0,967
Voyelle*Condition*groupe	2,040	0,175
Cons*voy*condition	0,013	0,911
Cons*voy*cond*groupe	0,056	0,817

Il n'y a pas de différence entre les groupes; seule une interaction voyelle*condition est significative ($p=0,001$). Encore une fois, il est surprenant de ne pas observer de différence entre les deux groupes de locuteurs.

Des tests post-hoc (Tukey) ont été effectués pour déterminer quelles différences sont significatives pour cette interaction. Les résultats sont présentés au tableau 3.7.

Tableau 3.7: Résultats des tests post-hoc (Tukey) sur l'interaction voyelle*condition

Voyelle		a	a	i
Condition		n	e	n
a	e	0,001**		
i	n	0,750	0,005**	
i	e	0,966	0,002**	0,948

Les tests post-hoc précisent ce qui avait été observé sur les graphiques : il existe une différence significative pour la voyelle /a/ en condition neutre et en condition d'emphase, mais cette différence n'existe pas pour la voyelle /i/.

3.3 Distances euclidiennes

Dans cette section, les distances euclidiennes dans l'espace acoustique F1/F2 seront observés, en commençant par la distance entre les voyelles /a/ et /i/ puis par la distance entre les conditions neutre et emphase

La distance euclidienne entre les voyelles /a/ et /i/ permet de montrer dans quelle mesure les voyelles sont produites distinctement. Une grande distance inter-vocalique démontre que les voyelles sont bien différenciées, tandis qu'une petite distance inter-vocalique démontre un pauvre contraste entre les voyelles.

La figure 3.9 représente les valeurs moyennes et les écarts types de distances euclidiennes entre les voyelles /a/ et de /i/, pour chaque contexte consonantique.

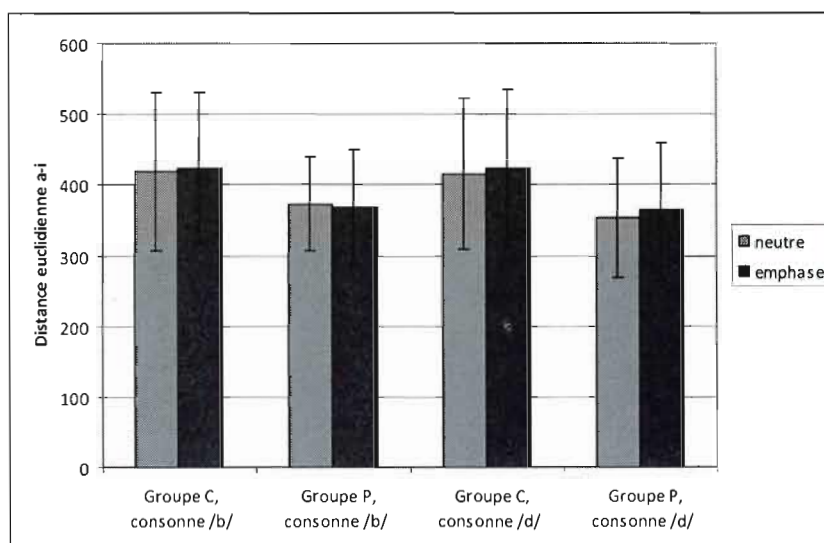


Figure 3.9: Distances euclidiennes entre les valeurs de formants des voyelles /a/ et /i/ (C=contrôles, P=Parkinson)

Les distances euclidiennes entre /a/ et /i/ semblent plus petites pour le groupe P que le groupe C, mais il y a de grands écarts types à chaque moyenne. Les valeurs en conditions neutre et emphase montrent peu de différences entre les distances euclidiennes en condition emphase et en condition neutre, pour les deux groupes. Au niveau consonantique, les résultats sont très similaires entre les deux consonnes au niveau de chacun des groupes.

Une ANOVA à mesures répétées a été effectuée sur les résultats de distances euclidiennes entre /a/ et /i/. Les résultats sont présentés dans le tableau 3.8.

Tableau 3.8: ANOVA à mesures répétées sur les distances euclidiennes entre /a/ et /i/

Effet	F (1,14)	p
Groupe	1,344	0,266
Condition	0,752	0,400
Consonne	0,997	0,335

Condition*groupe	0,112	0,743
Consonne*groupe	0,609	0,448
Condition*consonne	2,359	0,147
Condition*consonne*groupe	0,928	0,352

L'ANOVA ne permet pas de remarquer des différences significatives entre les différentes conditions pour les distances euclidiennes entre les voyelles /a/ et /i/. Cela signifie que les distances euclidiennes entre les deux voyelles ne varient pas selon le groupe, la condition, la consonne ni selon une interaction de ces trois facteurs. Comme le révèle la figure 3.9, les valeurs d'écarts types sont relativement grandes, ce qui témoigne d'une grande variabilité dans la production des voyelles. Cette variabilité joue sans doute un rôle dans l'absence de différences significatives entre les groupes.

La distance euclidienne dans l'espace acoustique F1/F2 entre la condition neutre et la condition emphase permet de montrer si le locuteur produit une différence entre les conditions prosodiques.

La figure 3.10 représente les valeurs moyennes et les écarts types de distances euclidiennes entre les conditions neutre et emphase.

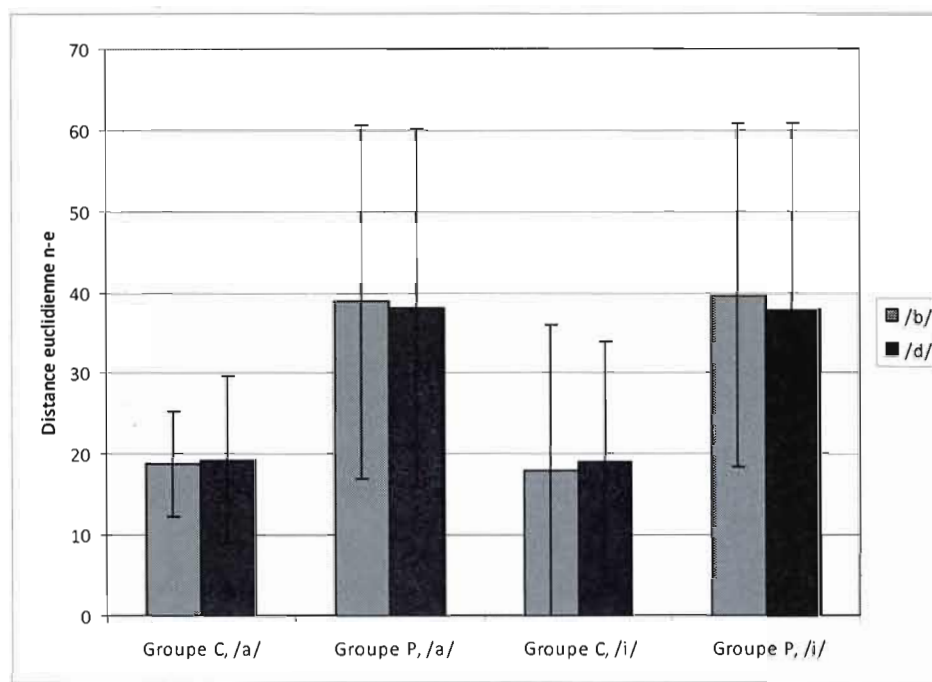


Figure 3.10: Distances euclidiennes entre les valeurs de formants neutre et emphase (C=contrôles, P=Parkinson)

On remarque que les distances euclidiennes entre les deux conditions prosodiques sont plus grandes pour le groupe P que le groupe C. Les distances sont similaires entre les voyelles et entre les contextes consonantiques.

Une ANOVA à mesures répétées a été effectuée avec les distances euclidiennes entre les valeurs neutre et emphase, pour vérifier si les différences observées sont significatives. Les résultats sont décrits dans le tableau 3.9.

Tableau 3.9: ANOVA à mesures répétées sur les distances euclidiennes neutre-emphase

Effet	F (1,14)	p
Groupe	7,180	0,018*
Voyelle	0,001	0,977

Consonne	0,009	0,925
Voyelle*groupe	0,012	0,915
Consonne*groupe	0,193	0,667
Voyelle*consonne	0,001	0,971
Voyelle*consonne*groupe	0,022	0,884

L'ANOVA à mesures répétées effectuée sur les distances euclidiennes neutre-emphase montre qu'il y a un effet significatif de groupe ($p=0,018$). Cela signifie que les deux groupes n'ont pas les mêmes distances euclidiennes neutre-emphase; plus précisément, la figure 3.10 nous permet de dire que le groupe P produit des distances euclidiennes neutre-emphase significativement plus grandes que le groupe C.

3.4 Locus

Dans cette section, les pentes calculées dans les équations du locus seront analysées.

Rappelons que, puisque /d/ implique une occlusion complète de la langue au palais, les effets de coarticulation avec les voyelles sont plus grands que pour la consonne /b/, qui n'implique qu'une occlusion bilabiale et dont la langue n'est pas contrainte. On s'attend donc à une pente du locus plus élevée pour /b/ que pour /d/.

À la figure 3.11, les valeurs moyennes et les écarts types des pentes de l'équation du locus sont présentées pour les consonnes /b/ et /d/, en condition emphase et neutre.

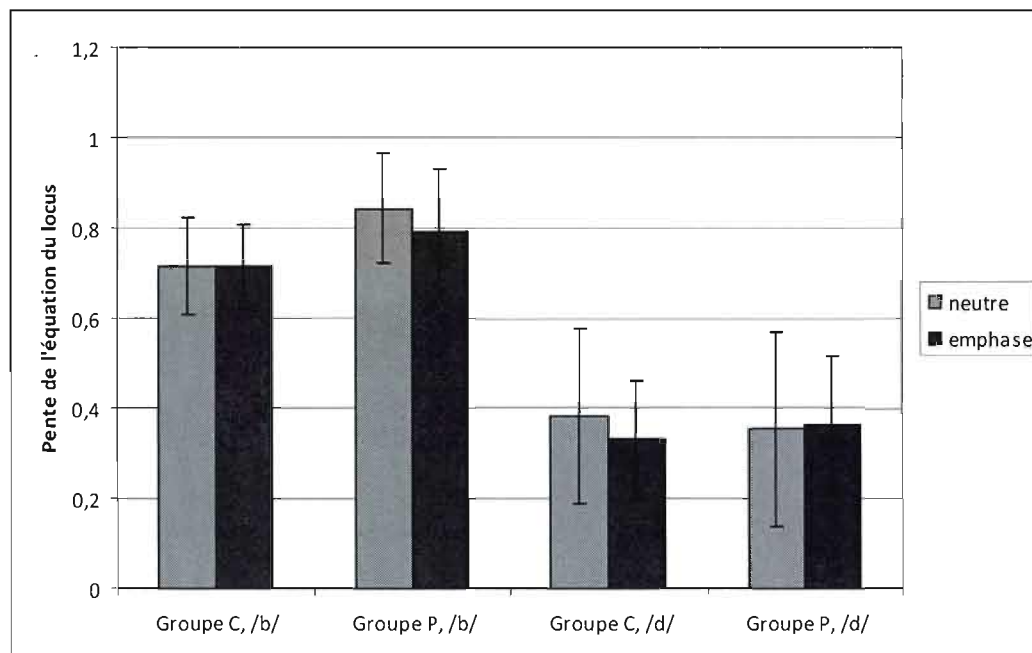


Figure 3.11: Pentes de l'équation du locus (C=contrôles, P=Parkinson)

La pente de l'équation du locus est plus élevée pour la consonne /b/ que pour la consonne /d/, chez les deux groupes de locuteurs, ce qui correspond au comportement articulaire typique des consonnes /b/ et /d/. Les pentes sont légèrement plus grandes pour le groupe P que pour le groupe C.

Une ANOVA à mesures répétées a été effectuée sur les résultats de pente d'équation du locus, avec le groupe comme facteur inter-sujet, et la consonne et la condition comme facteurs intra-sujet. Les résultats de cette ANOVA sont présentés au tableau 3.10.

Tableau 3.10: ANOVA à mesures répétées sur les valeurs de pentes du locus

Effet	F (1,14)	p
Groupe	0,946	0,347
Condition	0,795	0,388

Consonne	92,268	0,000***
Condition*groupe	0,009	0,926
Consonne*groupe	1,392	0,258
Condition*consonne	0,059	0,812
Condition*groupe*consonne	4,434	0,054

L'ANOVA à mesures répétées sur les valeurs de pentes de l'équation du locus fait ressortir l'effet significatif de consonne ($p=0,000$). La pente du locus est statistiquement plus élevée pour /b/ que pour /d/, dans les deux groupes de locuteurs.

Il n'existe pas de différence significative entre les groupes, ni entre les conditions.

CHAPITRE IV

RÉSULTATS ARTICULATOIRES

Dans ce chapitre, les résultats issus des analyses articulatoires seront présentés. Rappelons que les images extraites de l'ultrason ont permis de tracer le contour de la langue, puis que ces contours ont été analysés par le programme Lingua. Lingua produit des valeurs numériques permettant de qualifier la forme et la position de la langue. Tout d'abord, les résultats du paramètre d'asymétrie seront présentés, suivis du paramètre courbure. De plus, les résultats d'angles (A, B et C) seront présentés. Les résultats d'ANOVAs à mesures répétées seront par la suite expliqués pour chacun des paramètres articulatoires.

4.1 Asymétrie

Rappelons que l'asymétrie représente la position de la courbure sur l'axe des x. D'après la méthode de calcul, si la valeur qui représente l'asymétrie est petite, la courbure est située vers la racine de la langue (gauche visuellement sur les graphiques), donc pour les données dont on parle ici, cela indique que la courbure de

la langue est plutôt postérieure. Dans le cas où la valeur est plus grande, la courbure est plus antérieure.

Tout d'abord, observons un exemple des contours de langue obtenus. La figure 4.1 montre les contours de langue tracés pour la locutrice C5, pour les deux voyelles cibles /a/ et /i/, en condition emphase, et en contexte consonantique /b/.

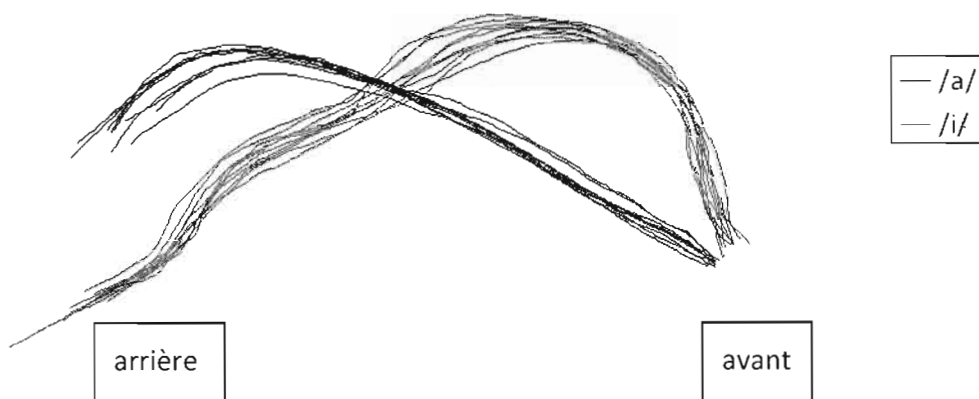


Figure 4.1: Contours de langue de la locutrice C5, pour les voyelles /a/ (rouge) et /i/ (bleu), en condition emphase et en contexte consonantique /b/

À la figure 4.1, les tracés montrent que la voyelle /a/ aurait une petite valeur du paramètre d'asymétrie, et que la voyelle /i/ aurait une valeur élevée dudit paramètre.

On peut voir ci-dessous (figure 4.2 et figure 4.3) les résultats d'asymétrie pour les deux groupes de locuteurs, pour les deux voyelles, les deux conditions prosodiques, et dans deux figures différentes pour chaque consonne observée. Les valeurs d'écarts types sont aussi présentées.

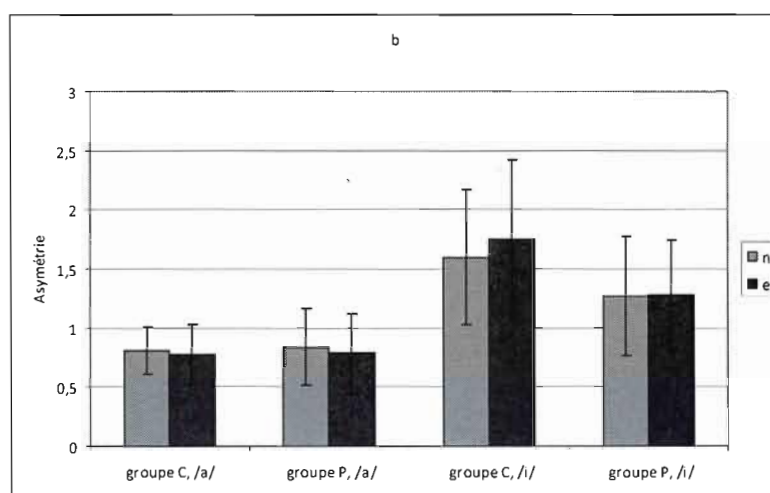


Figure 4.2: Asymétrie pour les voyelles en contexte consonantique /b/ (C=contrôles, P=Parkinson)

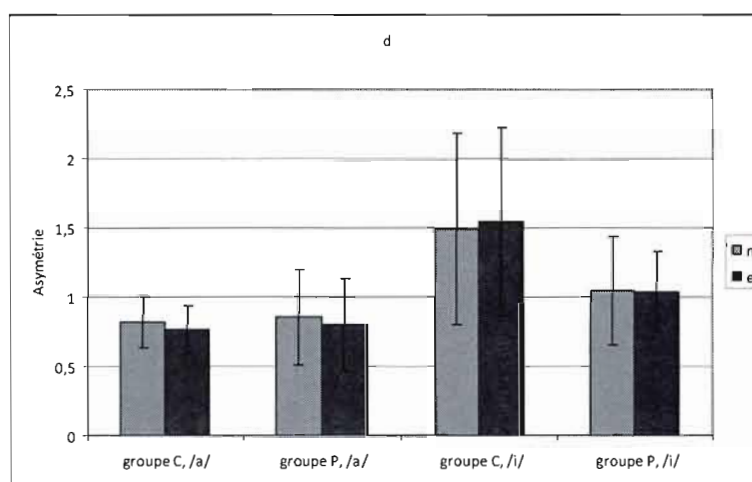


Figure 4.3: Asymétrie pour les voyelles en contexte consonantique /d/ (C=contrôles, P=Parkinson)

On remarque que l'asymétrie est plus élevée pour la voyelle /i/ que la voyelle /a/, pour les deux groupes de locuteurs. Ce résultat était attendu, puisque la voyelle /i/ est une voyelle antérieure, et la voyelle /a/ est moyenne.

Pour la voyelle /i/, l'asymétrie est plus grande lorsque le contexte consonantique est /b/ plutôt que /d/.

Le tableau 4.1 montre les résultats de l'ANOVA à mesures répétées qui a été effectuée sur les valeurs d'asymétrie, avec le groupe comme facteur inter-sujets, et la consonne, la voyelle et la condition comme facteurs intra-sujet.

Tableau 4.1: Résultats de l'ANOVA à mesures répétées sur l'asymétrie

Effet	F(1,14)	p
Groupe	1,371	0,261
Consonne	6,099	0,027*
Voyelle	26,895	0,000***
Condition	0,014	0,908
Consonne*groupe	0,136	0,718
Voyelle*groupe	4,473	0,053
Condition*groupe	2,564	0,132
Consonne*voyelle	7,736	0,015*
Consonne*condition	1,363	0,263
Voyelle*condition	4,162	0,061
Consonne*voyelle*groupe	0,413	0,531
Consonne*condition*groupe	0,622	0,444
Voyelle*condition*groupe	1,066	0,319
Consonne*voyelle*condition	0,675	0,425
Consonne*voyelle*condition*groupe	0,288	0,600

L'ANOVA à mesures répétées effectuée sur le paramètre d'asymétrie montre qu'il y a un effet significatif de consonne. Le paramètre d'asymétrie est significativement ($p=0,027$) moins élevé pour la consonne /d/ que la consonne /b/.

De plus, un effet de voyelle est observé ($p=0,000$). Pour l'ensemble des données, le paramètre d'asymétrie est moins élevé pour /a/ que pour /i/. Si on se reporte à la signification du paramètre d'asymétrie, cela signifie que la langue est plus postérieure pour /a/ que pour /i/, ce qui est conforme aux résultats attendus.

Un dernier effet est aussi observé, soit l'interaction consonne*voyelle ($p=0,015$). L'observation des figures précédentes permet d'identifier que le paramètre d'asymétrie est assez différent entre les deux consonnes quand il s'agit de la voyelle /i/, plus précisément que la valeur d'asymétrie est plus petite en contexte /d/ qu'en contexte /b/, mais que, pour la voyelle /a/, le paramètre d'asymétrie reste semblable pour les deux contextes consonantiques.

Des tests post-hoc (Tukey) ont été effectués pour préciser l'interaction consonne*voyelle. Les résultats sont présentés au tableau 4.2.

Tableau 4.2: Résultats des tests post-hoc (Tukey) sur l'interaction consonne*voyelle

consonne	voyelle	b	b	d	d
		a	i	a	i
b	a				
b	i	0,000***			
d	a	0,998	0,000***		
d	i	0,000***	0,010*	0,000***	

Ces tests soulignent que la différence entre la voyelle /a/ en contexte consonantique /b/ et en contexte consonantique /d/ n'est pas significative, mais que la voyelle /i/ en contexte consonantique/b/ et en contexte consonantique /d/ est significativement différente, pour ce qui est du paramètre d'asymétrie.

4.2 Courbure

Pour ce qui est de la courbure, rappelons qu'elle est calculée comme étant la largeur de la base du triangle divisée par la hauteur du triangle. Cela signifie que plus la valeur calculée est grande, moins la courbure de la langue est prononcée (et plus la forme de la langue est aplatie).

Si on revient à notre exemple de la locutrice C5 (figure 4.4), on remarque que la valeur du paramètre de courbure serait plus grande pour /a/ que pour /i/.



Figure 4.4: Contours de langue de la locutrice C5, pour les voyelles /a/ (rouge) et /i/ (bleu), en condition emphase et en contexte consonantique /b/

La figure 4.5 et la figure 4.6 montrent les résultats obtenus dans Lingua pour la courbure pour les deux voyelles, pour le contexte consonantique /b/, puis pour le contexte consonantique /d/. Les valeurs d'écarts types sont également présentées.

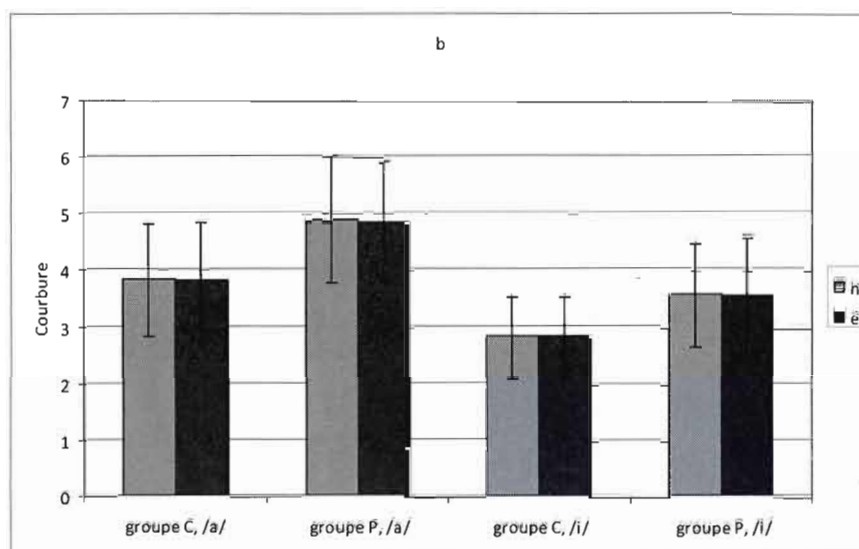


Figure 4.5: Courbure pour les voyelles en contexte consonantique /b/ (C=contrôles, P=Parkinson)

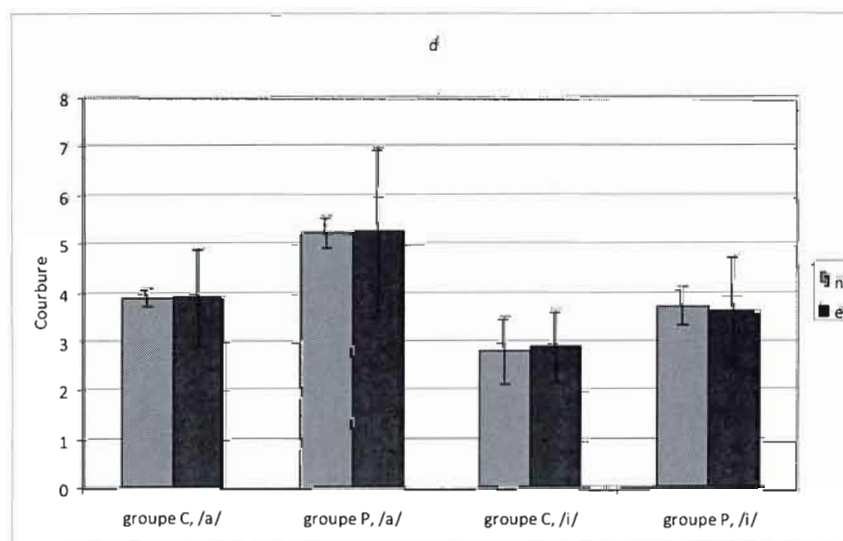


Figure 4.6: Courbure pour les voyelles en contexte consonantique /d/ (C=contrôles, P=Parkinson)

La valeur de courbure est plus élevée pour la voyelle /a/ que la voyelle /i/, ce qui est prévisible puisque /a/ est une voyelle basse (la langue est plate dans la bouche) et

/i/ est une voyelle haute. La valeur de courbure est un peu plus élevée pour la consonne /d/ que la consonne /b/. On remarque aussi que la courbure est plus élevée pour le groupe P que le groupe C. Il y a peu de différences entre les conditions prosodiques.

Une ANOVA à mesures répétées a été effectuée, dont les résultats sont présentés au tableau 4.3.

Tableau 4.3: Résultats de l'ANOVA à mesures répétées sur le paramètre de courbure

Effet	F(1,14)	p
Groupe	4,104	0,062
Consonne	2,312	0,151
Voyelle	36,404	0,000***
Condition	0,158	0,697
Consonne*groupe	1,086	0,315
Voyelle*groupe	1,027	0,328
Condition*groupe	0,969	0,342
Consonne*voyelle	1,203	0,291
Consonne*condition	0,260	0,618
Voyelle*condition	0,007	0,934
Consonne*voyelle*groupe	0,468	0,505
Consonne*condition*groupe	0,182	0,676
Voyelle*condition*groupe	1,084	0,315
Consonne*voyelle*condition	0,132	0,721
Consonne*voyelle*condition*groupe	0,501	0,491

En ce qui concerne la courbure, le seul effet significatif est l'effet de voyelle ($p=0,000$). Rappelons que plus la valeur du paramètre de courbure est grande, plus la courbure est aplatie. Ici, le paramètre de courbure est significativement plus petit pour /i/ que pour /a/, ce qui correspond aux valeurs attendues.

Il n'y a pas d'effet de groupe, ce qui semble surprenant compte tenu des graphiques. Cependant, les écarts types sont grands, ce qui pourrait expliquer le résultat non significatif.

4.3 Angles

Dans cette section, ce sont les angles mesurés par Lingua qui seront analysés. Les angles A, B et C (voir la figure 4.7) ont été calculés par Lingua sur le triangle tracé sous le contour de langue. Chacun des trois angles sera analysé séparément : tout d'abord, un graphique représentera les valeurs dans chaque condition, puis une ANOVA à mesures répétées vérifiera s'il y a des différences significatives entre les groupes et les conditions.

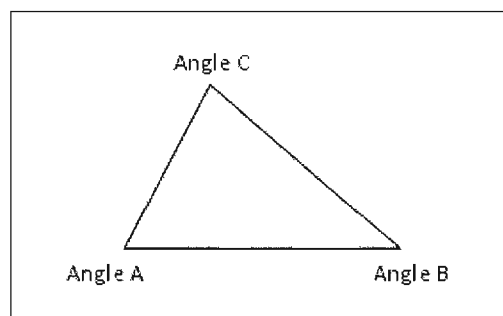


Figure 4.7: Les angles du triangle tels que calculés par Lingua

Tout d'abord, voici des exemples de triangles issus de contours réels pour la locutrice C5.

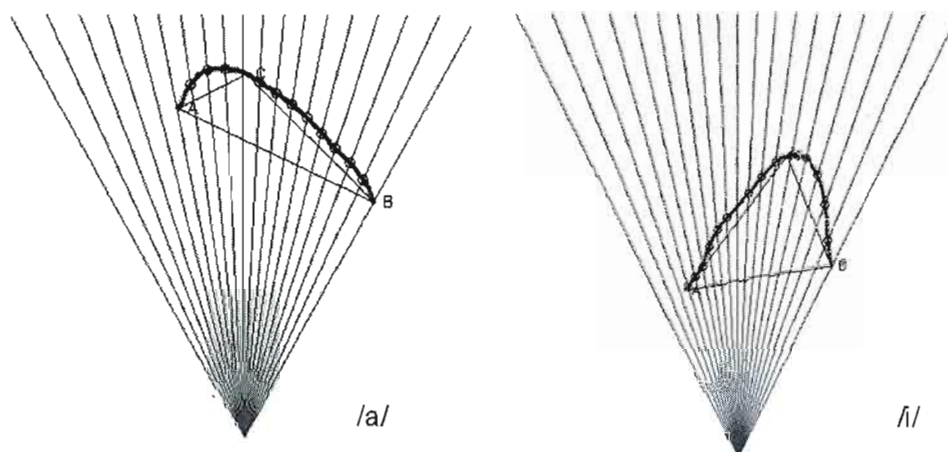


Figure 4.8: Contours et triangles avec leurs angles A, B et C dans Lingua, pour /a/ et /i/, à partir de tracés réels (locutrice C5), en contexte consonantique /b/, et en condition prosodique emphase

4.3.1 Angle A

L'angle A représente le coin inférieur gauche du triangle, ce qui correspond à la partie postérieure de la langue.

La figure 4.9 et la figure 4.10 représentent les moyennes et les écarts types de l'angle A, pour les contextes consonantiques /b/ et /d/.

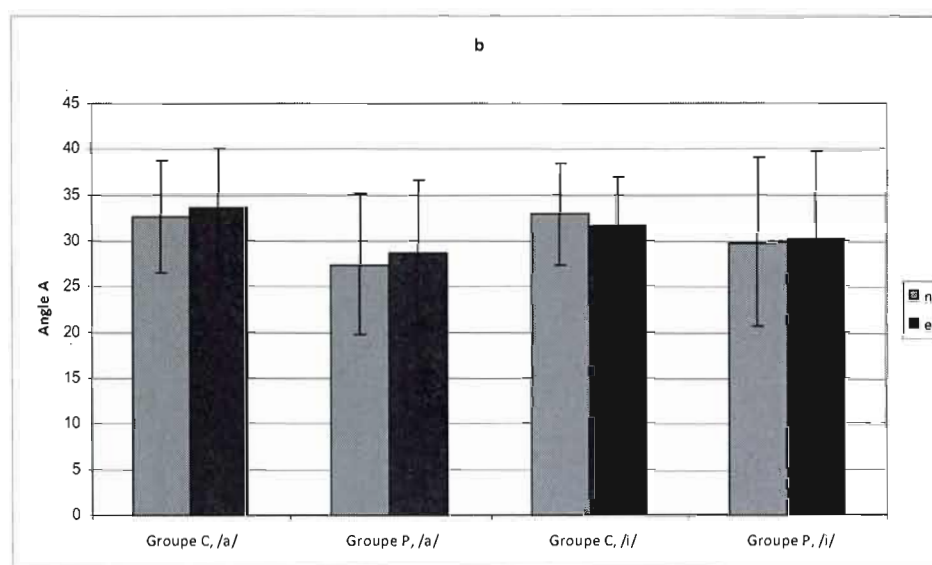


Figure 4.9: Angle A du triangle et écart type, pour contexte consonantique /b/ (C=contrôles, P= Parkinson)

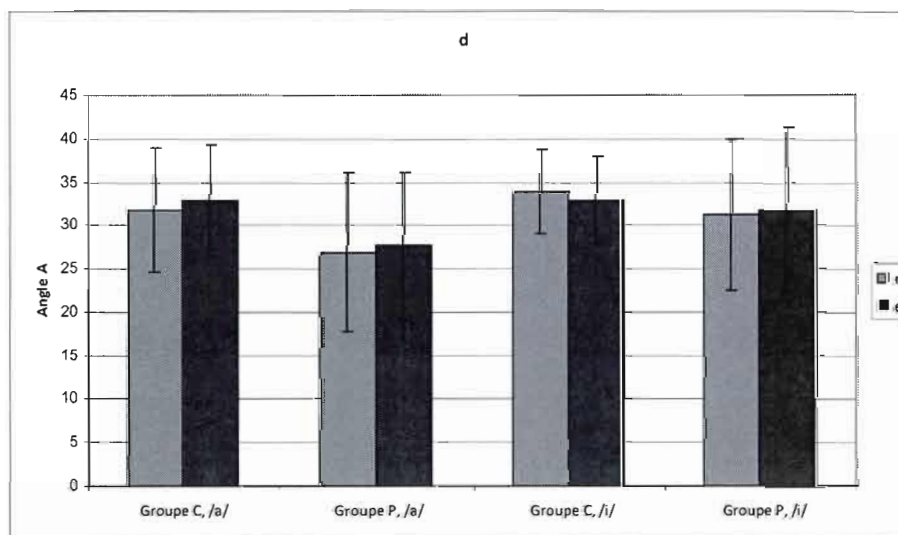


Figure 4.10: Angle A du triangle et écart type, pour contexte consonantique /d/ (C=contrôles, P=Parkinson)

Dans les figures ci-dessus, on remarque que l'angle A est plus petit pour le groupe P que le groupe C. Pour la voyelle /a/, l'angle est plus grand en condition

emphasis qu'en condition neutre, tandis que l'angle est légèrement plus petit (ou stable) pour la voyelle /i/. On remarque aussi que, pour la voyelle /a/, l'angle est plus petit en contexte consonantique /d/ qu'en contexte consonantique /b/, tandis que la tendance s'inverse pour la voyelle /i/ : l'angle A est légèrement plus élevé en contexte /d/ qu'en contexte /b/.

Pour vérifier si les différences relevées ci-dessus sont significatives, une ANOVA à mesures répétées a été effectuée sur les angles A. Les résultats de cette ANOVA sont présentés au tableau 4.4.

Tableau 4.4: Résultats de l'ANOVA à mesures répétées sur les angles A

Effet	F(1,14)	p
Groupe	1,043	0,325
Consonne	0,305	0,589
Voyelle	2,391	0,144
Condition	1,963	0,183
Consonne*groupe	0,041	0,843
Voyelle*groupe	1,994	0,180
Condition*groupe	2,091	0,170
Consonne*voyelle	6,338	0,025*
Consonne*condition	0,000	0,990
Voyelle*condition	6,858	0,020*
Consonne*voyelle*groupe	0,060	0,810
Consonne*condition*groupe	0,392	0,541
Voyelle*condition*groupe	2,045	0,175
Consonne*voyelle*condition	0,150	0,705
Consonne*voyelle*condition*groupe	0,065	0,802

Il n'y a pas d'effet de groupe pour ce qui est de l'angle A, ni d'effet de voyelle. Seules deux interactions sont significatives : consonne*voyelle et voyelle*condition.

L'interaction consonne*voyelle ($p=0,025$) confirme ce qui a été observé sur les figures ci-dessus. Des tests post-hoc (Tukey) ont été effectués pour vérifier quelles différences sont significatives parmi les données. Les résultats sont présentés dans le tableau 4.5.

Tableau 4.5: Résultats des tests post-hoc (Tukey) sur l'interaction consonne*voyelle

consonne	voyelle	b	b	d	d
		a	i	a	i
b	a				
b	i	0,749			
d	a	0,550	0,133		
d	i	0,028*	0,167	0,002**	

Il n'y a pas de différence significative entre les contextes consonantiques ni pour /a/, ni pour /i/ (/a/ a la même valeur en contexte consonantique /b/ et /d/, tout comme /i/). On remarque par contre qu'il n'y a pas de différence significative entre /bab/ et /bib/, mais que la différence est significative entre /dad/ et /did/. Ce résultat est surprenant compte tenu qu'une voyelle articulée après /b/ devrait moins souffrir de la coarticulation, donc être plus distincte qu'une voyelle articulée après /d/, étant donné que /b/ est une bilabiale qui laisse la langue libre d'articuler la voyelle qui suit, et que /d/ nécessite l'utilisation de la langue sur les dents et qui influencera l'articulation de la voyelle suivante.

L'interaction voyelle*condition est aussi significative ($p=0,020$). Des tests post-hoc ont aussi été effectués sur cette interaction, dont les résultats sont présentés au tableau 4.6.

Tableau 4.6: Résultats des tests post-hoc sur l'interaction voyelle*condition

voyelle		a	a	i	i
condition		n	e	n	e
a	n				
a	e	0,060			
i	n	0,000***	0,019*		
i	e	0,000***	0,097	0,806	

Les tests post-hoc révèlent qu'il n'y a pas de différence significative pour l'angle A entre la voyelle /a/ en condition neutre et en condition emphase. Le même patron se répète pour la voyelle /i/ dans les deux conditions prosodiques. Au niveau des voyelles, l'angle A de la voyelle /a/ est significativement différent de /i/ en condition neutre, mais les deux voyelles ne sont pas significativement différentes en condition d'emphase. Ce résultat est surprenant, puisqu'on s'attend à des résultats particulièrement distincts en condition d'emphase.

4.3.2 Angle B

Les résultats des moyennes de l'angle B et des écarts types dans les différentes conditions sont présentés ci-dessous, à la figure 4.11 et à la figure 4.12.

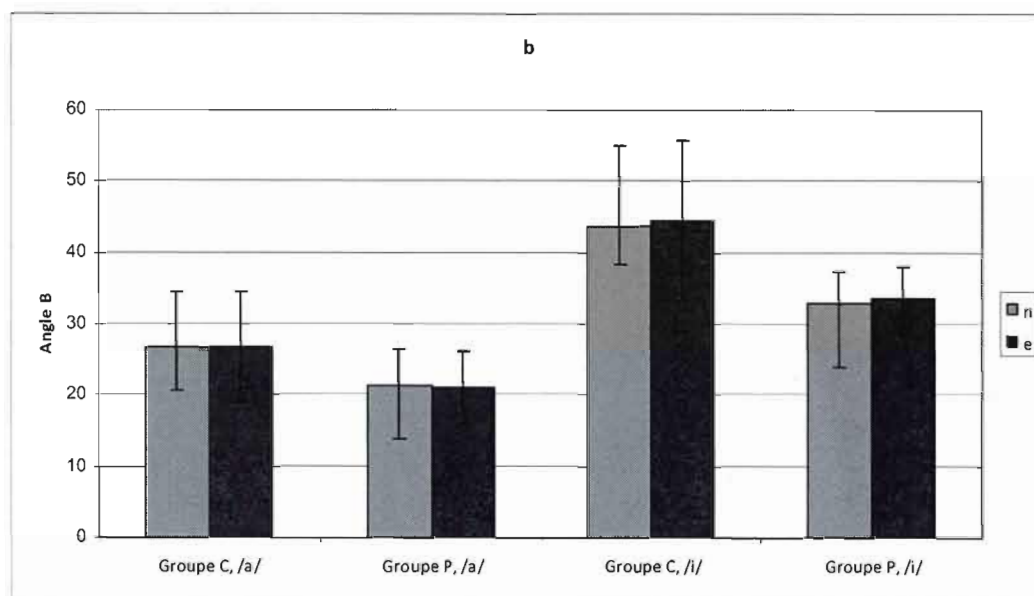


Figure 4.11: Angle B du triangle et écart type, pour contexte consonantique /b/ (C=contrôles, P= Parkinson)

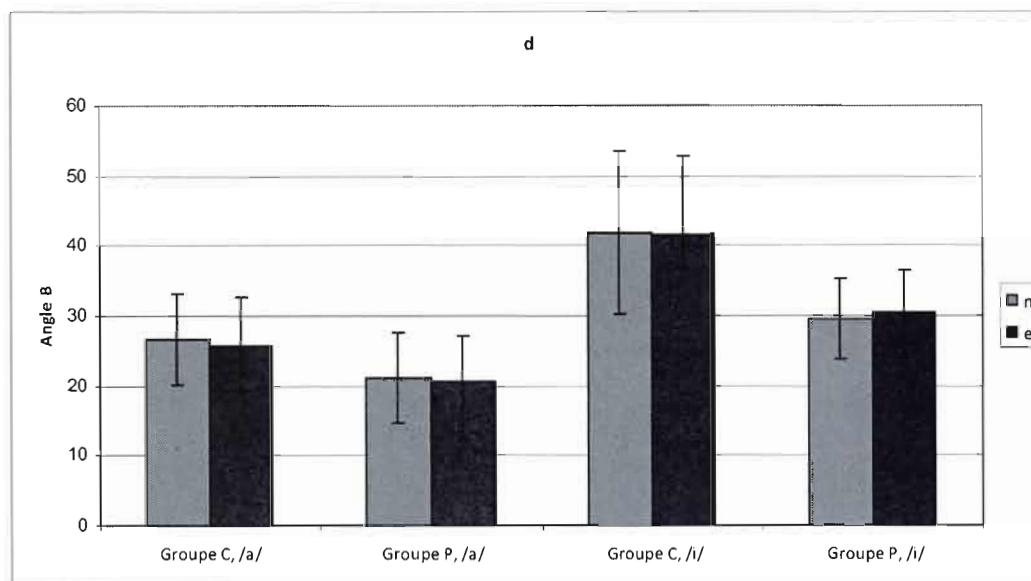


Figure 4.12: Angle B du triangle et écart type, pour contexte consonantique /d/ (C=contrôles, P= Parkinson)

On remarque que l'angle B est plus grand pour le groupe C que le groupe P. De plus, l'angle B est plus petit pour la voyelle /a/ que la voyelle /i/, pour les deux groupes.

Les résultats d'une ANOVA à mesures répétées sur les angles B sont présentés au tableau 4.7.

Tableau 4.7: ANOVA à mesures répétées sur l'angle B

Effet	F(1,14)	p
Groupe	7,264	0,017*
Consonne	4,111	0,062
Voyelle	46,702	0,000***
Condition	0,138	0,716
Consonne*groupe	0,042	0,841

Voyelle*groupe	2,261	0,155
Condition*groupe	0,356	0,561
Consonne*voyelle	4,594	0,050
Consonne*condition	0,636	0,439
Voyelle*condition	2,940	0,108
Consonne*voyelle*groupe	0,334	0,573
Consonne*condition*groupe	0,834	0,377
Voyelle*condition*groupe	0,185	0,674
Consonne*voyelle*condition	0,085	0,779
Consonne*voyelle*condition*groupe	0,053	0,821

Pour l'angle B, il y a un effet significatif de groupe ($p=0,017$). Cela confirme ce qui a été observé préalablement sur les graphiques : l'angle B est significativement plus petit pour le groupe P que le groupe C.

Si on se réfère à la figure 4.13 ci-dessous, un angle B plus petit signifie que la langue est plus aplatie et plus postérieure. Si le groupe P a un angle B significativement plus petit que le groupe C, indépendamment de la voyelle, cela pourrait signifier que la langue est moins aisément placée haute et à l'avant de la bouche, peu importe la voyelle articulée.

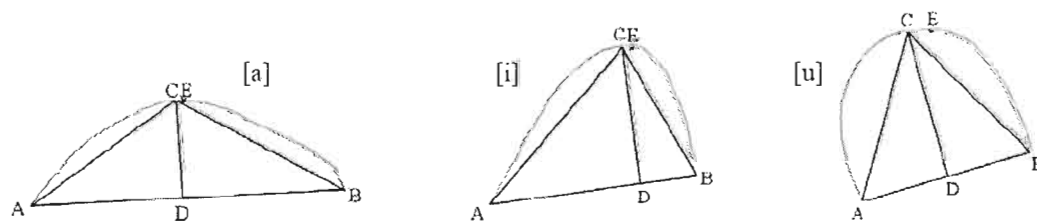


Figure 4.13: Exemples de triangles avec leurs angles (tiré de Aubin (2006))

On observe aussi un effet significatif de la voyelle ($p=0,000$) : l'angle B est significativement plus petit pour la voyelle /a / que pour la voyelle /i/.

4.3.3 Angle C

Le troisième angle du triangle est l'angle C. Les moyennes et écarts types sont présentés à la figure 4.14 et à la figure 4.15.

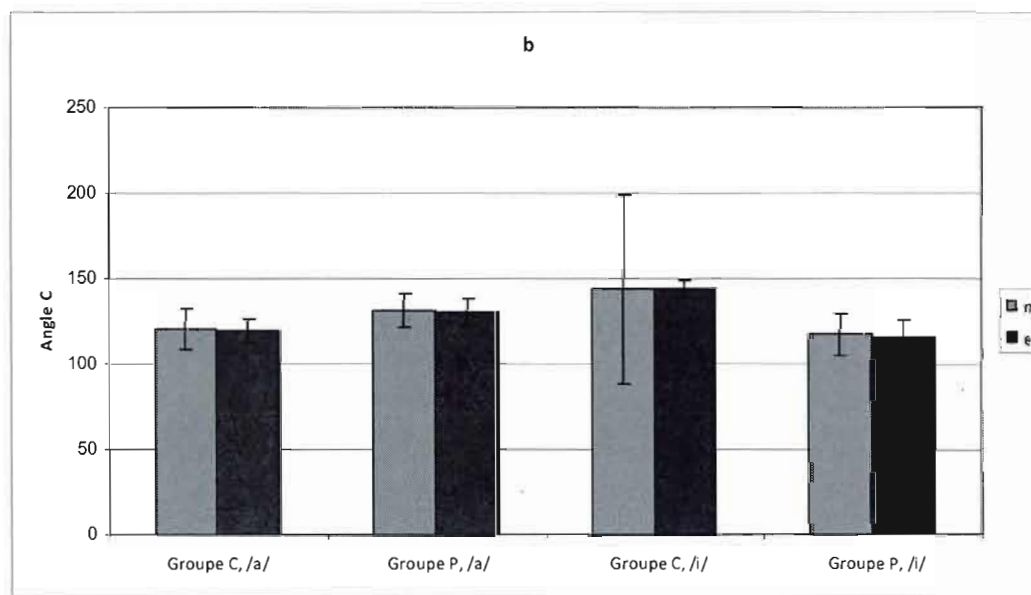


Figure 4.14: Angle C du triangle et écart type, pour contexte consonantique /b/ (C=contrôles, P= Parkinson)

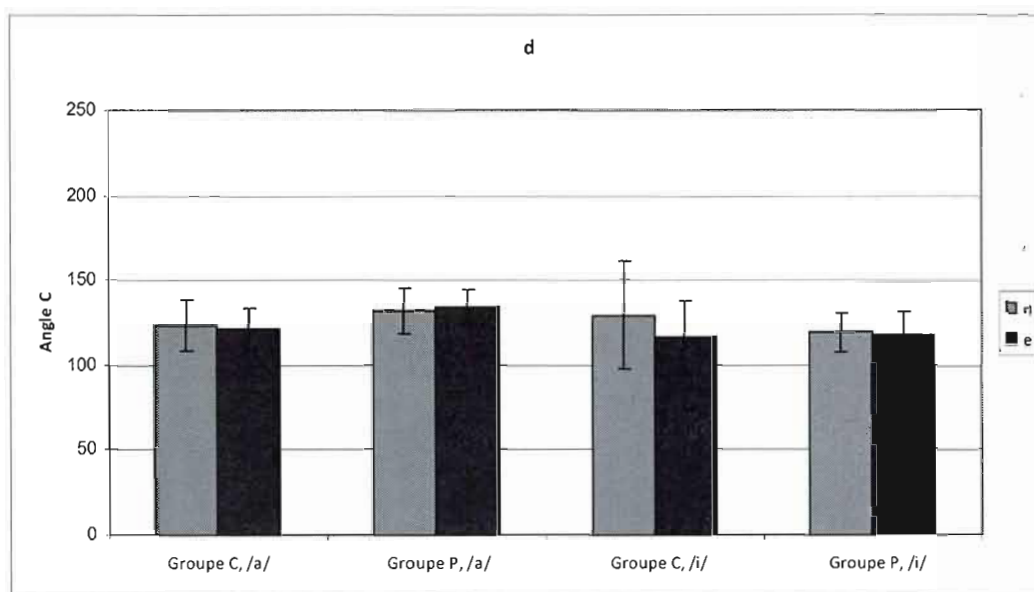


Figure 4.15: Angle C du triangle et écart type, pour contexte consonantique /d/ (C=contrôles, P= Parkinson)

Pour l'angle C, on remarque que les résultats varient peu en fonction du groupe, de la voyelle, de la consonne ou de la condition.

Pour vérifier s'il existe des différences significatives entre les conditions, une ANOVA à mesures répétées a été effectuée sur les données. Les résultats sont présentés au tableau 4.8.

Tableau 4.8: ANOVA à mesures répétées sur les résultats de l'angle C

Effet	F(1,14)	p
Groupe	0,219	0,647
Consonne	0,506	0,489
Voyelle	0,020	0,891
Condition	4,302	0,057
Consonne*groupe	1,238	0,285

Voyelle*groupe	3,263	0,092
Condition*groupe	3,003	0,105
Consonne*voyelle	1,503	0,240
Consonne*condition	0,622	0,443
Voyelle*condition	4,889	0,044*
Consonne*voyelle*groupe	1,362	0,263
Consonne*condition*groupe	1,313	0,271
Voyelle*condition*groupe	1,313	0,271
Consonne*voyelle*condition	1,222	0,288
Consonne*voyelle*condition*groupe	0,366	0,555

Pour l'angle C, il n'y a pas d'effet de groupe, de voyelle, de condition ni de consonne. Seule une interaction voyelle*condition est significative ($p=0,044$). Afin de mieux comprendre ce qu'elle représente, des tests post-hoc (Tukey) ont été effectués pour cette interaction, dont les résultats sont présentés au tableau 4.9.

Tableau 4.9: Résultats des tests post-hoc sur l'interaction voyelle*condition

voyelle		a	a	i	i
condition		n	e	n	e
a	n				
a	e	0,959			
i	n	0,933	0,703		
i	e	0,040*	0,097	0,013*	

Les tests post-hoc dévoilent qu'il existe une différence entre la voyelle /i/ en condition d'emphase et la voyelle /i/ en condition neutre, mais que cette différence n'existe pas pour la voyelle /a/ dans ces deux conditions.

CHAPITRE V

DISCUSSION

Dans ce chapitre, les résultats obtenus dans les deux chapitres précédents seront expliqués et comparés aux résultats obtenus dans d'autres études. De plus, une synthèse des résultats sera présentée.

5.1 Mesures acoustiques

5.1.1 *Formants*

Les données recueillies sur les formants montrent que les deux groupes de locuteurs produisent F1 et F2 de la même façon. Pour les deux groupes, F1 de /a/ est significativement plus élevé que F1 de /i/ chez les deux groupes de locuteurs. Pour F2, pour les deux groupes, F2 est significativement plus petit pour /a/ que pour /i/. Ces résultats montrent que /a/ et /i/ sont bel et bien produites distinctement, et conformément aux résultats acoustiques attendus. De plus, pour aucun des deux formants il n'y a d'effet significatif de groupe. Ce résultat montre qu'au milieu de la voyelle, les locuteurs avec la MP parviennent à produire des valeurs de formants similaires à celles des groupes contrôles.

La condition d'emphase, qui permet de produire une hyperarticulation et d'ainsi faire ressortir les traits canoniques des voyelles, montre une différence significative chez les deux groupes pour F1, mais pas pour F2. F1, corrélé avec l'aperture, est

significativement plus élevé en condition d'emphase qu'en condition neutre. Ce résultat est conforme à l'hypothèse de Beckman *et al.* (1992), dans son modèle d'expansion de sonorité. Si F1 est plus grand en condition d'emphase, cela signifie que l'aperture est plus grande, donc que le conduit vocal est plus ouvert et que le son peut être émis avec plus d'intensité, quelle que soit la hauteur de la voyelle. Par ailleurs, si on compare ces résultats à ceux de Erickson (2002), on remarque que le résultat pour /a/ est le même (augmentation de F1), mais que pour /i/, la tendance est inversée : elle obtient une diminution de F1. De plus, les résultats de notre expérience soulignent une interaction condition*groupe. Plus précisément, on remarque une différence significative pour le groupe P entre les deux conditions prosodiques, mais cette différence n'est pas significative. Ce résultat, qui pourrait signifier que le groupe P marque la condition prosodique plus que le groupe C, est plutôt surprenant : on s'attend des locuteurs avec un moins bon contrôle moteur qu'ils soient moins habiles à manipuler les formants en fonction des conditions prosodiques. Par contre, on peut peut-être lier ce résultat à une observation recueillie dans l'étude de Loew, Kegl et Poizner (1995) avec un locuteur du langage des signes américains atteint de la MP. Rappelons que dans cette étude, ils avaient remarqué qu'en condition normale, le locuteur présentait des signes relâchés, mais que lorsqu'il devait épeler des mots en signes et qu'une attention particulière était portée, il était en mesure de produire des signes plus clairs. Cette observation pourrait peut-être aussi s'appliquer à notre groupe P, qui dans des conditions normales produit la parole de façon un peu relâchée, mais qu'il est toujours en mesure de faire la différence avec la condition emphase lorsqu'une attention et un effort particulier est requis.

En ce qui concerne F2, par contre, il n'y a pas de différence significative entre les conditions prosodiques. Erickson (2002) avait quant à elle observé une diminution de F2 pour /a/ et une augmentation pour /i/, mais nous n'observons pas d'interaction voyelle*condition dans les résultats obtenus. Dans notre cas, il est possible d'interpréter nos résultats avec l'hypothèse de Beckman *et al.* (1992), en soulignant

que F2, corrélé avec l'antériorité, ne joue pas de rôle prépondérant dans l'augmentation de la sonorité, et qui donc ne devrait pas être affecté par la condition d'emphase.

Pour les deux formants F1 et F2, il n'y a pas d'effet de consonne : cela signifie qu'au milieu de la voyelle, chez nos deux groupes de locuteurs, les valeurs de formants ne sont plus affectés par la coarticulation avec la consonne précédente, pour les deux groupes de locuteurs.

5.1.2 Variabilité des productions

En ce qui concerne la variabilité des formants, les écarts types moyens de F1 et de F2 ont été calculés et il n'y a pas de différences entre les conditions ni entre les groupes, à l'exception d'une interaction voyelle*condition dans les écarts types de F2, qui montre un écart type plus grand en condition emphase qu'en condition neutre pour /a/ mais pas pour /i/. Le fait qu'il n'existe pas de différence entre les deux groupes est étonnant : il est logique de penser que les participants atteints de la MP produiraient plus de variabilité au fil des productions que les locuteurs du groupe C, à cause de leur mauvais contrôle moteur (plus de cibles acoustiques ratées ou moins précises).

5.1.3 Distances euclidiennes

Les distances euclidiennes calculées entre les voyelle /a/ et /i/, qui permettent d'évaluer dans quelle mesure les locuteurs peuvent différencier les voyelles les unes des autres, ne varient pas selon le groupe, la condition ou la consonne. Ceci est surprenant : la condition d'emphase contrastive devrait à tout le moins permettre d'observer des voyelles plus cardinales, donc plus distantes dans l'espace acoustique, et donc une plus grande distance euclidienne entre les deux voyelles à l'étude. De plus, il n'y a pas de différence entre les groupes, qui donc produisent les voyelles aussi distinctement l'un que l'autre. Par contre, il faut souligner qu'il semble y avoir une grande variabilité entre les locuteurs de chaque groupe, puisque les écarts types

sont assez étendus, ce qui pourrait expliquer qu'on ne retrouve pas de différences significatives.

Les distances euclidiennes ont aussi été calculées entre les valeurs neutre et emphase, pour chaque voyelle. Ce calcul permet de montrer à quel point les locuteurs sont capables de produire la distinction neutre/emphase. Dans ce cas, on remarque une différence significative entre les groupes : la distance euclidienne entre les valeurs neutre et emphase est significativement plus élevée pour le groupe P que pour le groupe C. Ce résultat signifie que les locuteurs avec la MP produisent une plus grande distinction entre les deux conditions prosodiques. Ceci avait été observé précédemment pour les valeurs du premier formant, mais pas pour les valeurs de F2. Avec les résultats de distances euclidiennes obtenus, cette différence est encore une fois soulignée. Une question se pose toutefois : est-ce que cela est dû à une hypoarticulation en condition neutre et une articulation normale en condition d'emphase, ou est-ce que les locuteurs avec MP produisent la parole normale en condition neutre et une hyperarticulation plus prononcée que les locuteurs normaux en condition d'emphase? Rappelons que Quedas, Duprat et Gasparini (2007), dans leur étude sur l'effet Lombard chez des locuteurs avec la MP, avaient remarqué qu'en condition silencieuse, les participants avec la MP avaient une intensité plus basse que les locuteurs normaux, mais qu'en condition de bruit, ils pouvaient atteindre des niveaux d'intensité normaux. Un phénomène similaire pourrait être possible en ce qui concerne l'articulation : en condition normale, les locuteurs avec MP articulent légèrement moins, mais sont quand même capables de compenser lorsqu'un effort particulier est demandé. Un résultat similaire avait été remarqué dans l'étude de Goberman et Elmer (2005), qui avaient noté une augmentation de l'aire du trapèze vocalique chez les participants avec la MP en condition de parole claire (« clear speech »).

5.1.4 Locus

Les pentes des équations du locus ont été calculées afin de vérifier si la coarticulation différait chez les locuteurs avec la MP. Les résultats des analyses statistiques montrent qu'il n'y a pas de différences au niveau de la pente du locus entre les deux groupes de participants. Le seul effet significatif est un effet de consonne : la pente du locus de /b/ est significativement plus élevée que la pente pour /d/, ce qui représente un résultat attendu (Sussman, McCaffrey et Matthews, 1991). Le fait qu'il n'y a pas de différence significative au niveau des pentes du locus chez les MP montre qu'ils maîtrisent assez bien leur contrôle moteur pour coarticuler de façon normale.

5.2 Mesures articulatoires

5.2.1 Asymétrie

Cette mesure articulatoire n'a pas montré de différence entre les groupes. Par contre, elle a été validée par le fait qu'il existe un effet significatif de voyelle : d'après les données recueillies, la langue est plus antérieure pour /i/ que pour /a/, ce qui correspond aux résultats articulatoires attendus, et ce, chez l'ensemble des locuteurs. Il existe aussi un effet de consonne : la langue est plus antérieure pour les voyelles coarticulées avec /b/ qu'avec /d/. De plus, une interaction consonne*voyelle a été observée : la langue, dans la voyelle /i/, est plus antérieure en coarticulation avec /b/ qu'avec /d/, mais cet effet n'est pas significatif pour la voyelle /a/. Toutefois, il n'existe aucun effet de groupe, ce qui signifie que les locuteurs avec la MP produisent les positions sur l'axe antérieur/postérieur de la même façon que les locuteurs contrôles. La condition prosodique ne crée pas d'effet significatif, mais l'observation attentive des graphiques permet de remarquer qu'en condition d'emphase, la valeur du paramètre d'asymétrie diminue par rapport à celle en condition neutre pour la voyelle /a/, mais que la tendance s'inverse pour la voyelle /i/. L'interaction voyelle*condition est toutefois bien près du seuil de signification ($p=0,061$). La

comparaison de ce phénomène aux résultats trouvés par Erickson (2002) montre que nos résultats suivent la même tendance : pour /a/, la langue recule, et pour /i/, la langue avance, en condition d'emphasis par rapport à la condition neutre. Ce phénomène est présent chez les deux groupes de locuteurs.

5.2.2 *Courbure*

En ce qui concerne la courbure, une mesure qui représente la forme de la langue (plus ou moins aplatie), les analyses statistiques montrent que la langue est significativement plus aplatie pour /a/ que pour /i/. De plus, les graphiques montrent que la valeur moyenne du paramètre est plus élevée (ce qui signifie que la langue est plus aplatie) pour le groupe P que pour le groupe C dans toutes les conditions, mais cette différence n'est pas significative ($p=0,062$). Il est possible que ce soit la taille limitée de l'échantillon qui ne permette pas d'obtenir une différence significative. Pour la courbure, il n'y a pas d'effet de condition prosodique, ni d'interaction voyelle*condition; pourtant, Erickson (2002) avait trouvé une langue plus basse pour /a/ et plus haute pour /i/ en condition d'emphasis par rapport à la condition neutre, avec son étude utilisant les microfaisceaux à rayons X.

5.2.3 *Angles*

Des trois angles, seul l'angle B (inférieur et antérieur) présente une différence significative au niveau du groupe ($p=0,017$) et de la voyelle ($p=0,000$). Le groupe P a un angle B significativement plus petit que le groupe C. L'interprétation de ce résultat en fonction du triangle montre que la langue est plus aplatie ou plus plus postérieure, indépendamment de la voyelle, pour le groupe P. On peut aussi relier ce résultat à l'observation effectuée en ce qui concerne le paramètre de courbure, pour lequel on avait remarqué que les locuteurs avec la MP avaient une tendance à avoir la langue plus aplatie que les locuteurs contrôles. La combinaison de ces deux résultats pourrait nous permettre d'avancer que la langue des locuteurs avec la MP est moins mobile (moins d'excursions en hauteur et en avant de la bouche). Cela pourrait être

dû à la bradykinésie et à la rigidité de leur muscles, qui réduiraient l'amplitude des mouvements de la langue. Il est intéressant de noter que des trois angles, seul l'angle B permet de distinguer significativement les voyelles ($p=0,000$) entre elles. Cela confère à l'angle B une importance particulière parmi les trois angles : non seulement l'angle B est celui qui décrit le mieux la voyelle, mais c'est aussi le seul angle pour lequel il existe une différence entre les groupes. Cette dernière observation est donc encore plus valide.

5.3 Résumé des résultats

Le tableau 5.1 offre un résumé des principaux résultats obtenus.

Tableau 5.1: Tableau résumé des résultats

Mesure	Groupe	Voyelle	Condition prosodique	Consonne
F1	=	/a/ > /i/	e > n	=
F2	=	/a/ < /i/	=	=
Écarts types F1	=	=	=	=
Écarts types F2	=	=	=	=
Distances euclidiennes entre les voyelles /a/ et /i/	=		=	=
Distances euclidiennes neutre/emphase	P < C	=		=
Pente du locus	=	=	=	/b/ > /d/
Asymétrie	=	/i/ < /a/	=	/b/ > /d/
Courbure	=	/i/ < /a/	=	=
Angle A	=	=	=	=
Angle B	C > P	/a/ < /i/	=	=
Angle C	=	=	=	=

5.4 Remarques

Parmi les résultats obtenus, il est possible de remarquer que certaines différences étaient proches du seuil de significativité. Des groupes de locuteurs plus larges auraient peut-être permis de dégager plus d'effets significatifs et de tirer plus de conclusions par rapport à nos résultats.

Des participants atteints à des stades plus avancés de la MP, ou pour lesquels les médicaments n'auraient pas été administrés ce jour-là, auraient aussi peut-être présenté plus de différences significatives. Par contre, les enregistrements auraient été plus ardues, à cause des symptômes de la maladie sur leur posture et des tremblements trop prononcés.

Les enregistrements effectués auprès de nos participants ont permis de tester un montage chez une population chez qui la méthode de l'ultrason avait très peu été utilisée. La méthode a très bien fonctionné chez la plupart des participants, mais il est arrivé que, chez les locuteurs les plus affectés par la maladie, plusieurs repositionnements de la sonde aient dû être effectués. Heureusement, la méthode d'analyse utilisée (la forme de la langue plutôt que sa position) permet quand même d'utiliser les données recueillies. Un système plus contraignant aurait permis d'utiliser des données de position, mais aurait aussi causé plus d'inconfort au groupe affecté par la maladie. Somme toute, la méthode utilisée représente un compromis intéressant, et nous avons pu prouver que l'ultrason est une méthode d'investigation prometteuse avec ce type de locuteur dysarthrique.

Acoustiquement, l'utilisation de l'emphase contrastive a permis d'étudier un autre aspect de la production de la parole chez les locuteurs avec la MP, et des résultats intéressants ont pu en être tirés.

Globalement, la production de voyelles est relativement préservée, et la condition d'emphase contrastive permet de voir que les locuteurs avec la MP sont en mesure d'hyperarticuler lorsque l'effort supplémentaire est demandé.

CONCLUSION

Dans le cadre de ce mémoire, la production de voyelles chez des locuteurs avec la MP a été investiguée. La MP, une maladie neurodégénérative, affecte le contrôle moteur, et il a déjà été montré qu'elle crée des troubles de la parole. Beaucoup d'études se sont attardées à l'acoustique chez les patients souffrant de la MP (fréquence fondamentale, durées, qualité de l'occlusion), mais peu d'entre elles ont étudié les valeurs de formants, qui pourtant sont de très intéressantes données. Articulairement, les études ont surtout concerné les articulateurs externes (mâchoires, lèvres), ce qui est intéressant mais ne permet pas de nous en apprendre sur la configuration de la langue, un articulateur invisible de l'extérieur pendant la production des voyelles.

Pour ce mémoire, des enregistrements acoustiques ont été utilisés afin d'étudier les formants F1 et F2, tandis que des enregistrements articulatoires à l'aide d'un appareil à ultrason ont permis d'étudier la forme de la langue pendant la production de la parole. L'ultrason n'avait jamais été utilisé de cette façon pour étudier la production de la parole chez des personnes souffrant de la MP. Un corpus composé de mots cibles insérés dans des phrases a été produit par les 16 locuteurs (8 locuteurs avec la MP et 8 locuteurs contrôles), ce qui a permis d'étudier deux voyelles (/a/ et /i/), dans deux contextes consonantiques (/b/ et /d/) et dans deux contextes prosodiques (neutre et sous emphase contrastive). Les analyses des données ont été effectuées avec des programmes informatiques adaptés pour le domaine.

Les résultats obtenus ont montré que les formants étaient produits de façon semblable chez les deux groupes de participants. Soulignons toutefois que les locuteurs avec la MP produisent une différence plus importante entre la condition neutre et la condition emphase que les locuteurs contrôles, ce qui pourrait peut-être être attribué à une articulation réduite en condition neutre, mais à une capacité préservée d'hyperarticuler lorsqu'un effort particulier est demandé. De plus, il n'y a pas eu de différences au niveau de la variabilité des productions, ce qui est assez surprenant étant donné leurs déficits moteurs. La coarticulation, telle que mesurée avec la pente de l'équation du locus, n'est pas affectée dans nos résultats.

Articulatoirement, les différences entre les groupes n'étaient pas suffisamment importantes pour être significatives, mais une tendance a été notée au niveau de la courbure : les locuteurs avec la MP ont généralement la langue plus aplatie que les locuteurs normaux dans la production des voyelles. Ce résultat est aussi confirmé avec la différence significative entre les groupes au niveau de l'angle B. Ce résultat peut être dû à une difficulté, pour les locuteurs avec la MP, de placer la langue haute et antérieure dans la bouche. Les déplacements de la langue seraient donc possiblement plus ardues, et l'excursion en hauteur serait plus difficile pour ces personnes.

Dans notre étude, seules deux voyelles ont été étudiées (/a/ et /i/). D'autres voyelles pourraient être enregistrées, et permettraient de tracer un trapèze vocalique plus complet. De plus, une tâche comme une description d'image ou des enregistrements de parole spontanée pourraient peut-être donner des résultats différents, plus fidèles à la parole produite normalement chez ces locuteurs. Beaucoup d'autres aspects de la production de la parole chez des gens avec la MP restent toutefois à mettre en lumière, comme les consonnes, la prosodie, le rythme, etc. Nous avons tout de même pu montrer que l'utilisation de l'ultrason chez des personnes souffrant de la MP est une méthode prometteuse qui permettra d'en découvrir plus sur les effets de la MP sur la parole. Plus les connaissances seront

complètes, plus il sera aisé d'aider ces personnes pour qui la communication avec leur entourage est difficile, avec l'avancement de la maladie.

APPENDICE A

DONNÉES ACOUSTIQUES

Tableau A.1: Résultats acoustiques bruts (en Hz) (Gr. = groupe; L. = locuteur)

Gr.	L.	f1abn	f2abn	f1adn	f2adn	f1abe	f2abe	f1ade	f2ade	f1ibn	f2ibn	f1idn	f2idn	f1ibe	f2ibe	f1ide	f2ide
C	C1	699,6	1458,8	702,5	1468,7	662,5	1459,3	672,7	1484,9	408,6	1741,8	347,9	1844,8	398,3	1778,2	439,5	1805,4
C	C1	685,9	1471,3	648,9	1490,6	727,2	1463,2	668,1	1473	423,6	1741	390,6	1829,9	384,8	1735,6	461,6	1764,8
C	C1	659	1446,2	669,4	1497,7	730,7	1464,2	687,8	1500,1	365,4	1809,6	359,6	1809	361,2	1735,7	408	1780
C	C1	661	1447,7	680,6	1482,2	686,4	1480,9	695,1	1537	397,8	1607,3	397,1	1842,1	419,8	1752,8	397,6	1866
C	C1	709	1498,8	732,7	1516,5	704,1	1511,5	704,7	1541	412,5	1773,6	335,1	1836	377,9	1717,3	373,3	1771,5
C	C1	644,1	1492,2	669,2	1485	706	1518,6	696,7	1515,4	414	1764,3	376,1	1799,5	441,1	1704,8	383	1837
C	C1	657	1489,1	723,2	1527,5	659,4	1459,9	750,1	1494,8	459,8	1777,1	404,4	1848,3	405	1711	362,3	1848,6
C	C1	694,5	1515,5	690,5	1471,7	678,8	1485,3	698,2	1500,7	415,6	1762,9	371	1832,9	378	1707,6	387,6	1841
C	C1	714,8	1525,7	662,5	1513,8	716,1	1478,6	677,6	1488,7	400	1734,6	377,9	1748,1	415,4	1724,3	369,7	1838,8
C	C1	710,4	1478,3			730	1467,2	677,7	1472,4	380,1	1789,4	428,8	1772,1	422,2	1689,8	413,7	1792,8
C	C1	686	1484,2			715,3	1480,5	691	1496,4								

C	C2	662,3	1469,3	769	1686,4	727,6	1620,2	799,3	1675	387,8	1915,3	397,3	1920,5	397,8	1946,4	390,5	1970,6
C	C2	739,1	1646,5	729,7	1561,8	740,1	1686,5	729,9	1677,5	385,7	1947,2	377,5	1842,7	382,4	1934,5	430	1872,9
C	C2	743,8	1629,3	754,1	1662,6	773,9	1608,6	778,3	1679,8	389,2	1937,3	365,1	2005,7	387,5	1922,7	399	1906,5
C	C2	727	1584,8	733,5	1627	736,4	1542,3	733,7	1579,7	400,3	2004,6	403,5	1940	358,3	1892,8	387,9	1904,1
C	C2	741,8	1640,7	728,6	1599,3	752,2	1586,2	731,1	1674,2	398,9	1939,4	375,7	1922,9	382,2	1928,1	377	1927,1
C	C2	725	1497,2	714	1649,4	716,6	1508,8	740,7	1608,1	399,2	1903	372,2	1923,5	415,6	1920,3	391,1	1911,4
C	C2	726,1	1574,5	704,8	1630,5	739,8	1522,8	730,4	1588,3	386,3	1916,4	388,5	1887,6	394,2	1924,3	397,6	1880,5
C	C2	725,3	1592,3	726,9	1609,7	795,7	1655,8	759,7	1711,5	416,9	1881,8	375,5	1805,1	398,4	1910,1	391,1	1876,7
C	C2	758,4	1639,9	745,5	1682,4	734,5	1552,2	736,1	1605,4	416,5	1921,3	388,9	1911,3	393,2	1889,7	408,9	1928,7
C	C2	734,8	1735,4	723,9	1737,8	783,7	1655	778	1696,3	398,8	1916,9	379,1	1898,7	395,2	1880,1	415,6	1881,3
C	C3	742	1396,9	714,2	1498,6	799,5	1541,7	754,8	1562,3	378,9	2093	391,7	2009,8	365,7	2146	373	2050,1
C	C3	775,4	1495,4	750,1	1508,3	781,9	1495,6	770,5	1541,5	375,1	2183,6	371,2	2026,8	405,8	2189,3	402	2045,6
C	C3	749	1455,4	745,4	1454,9	769,4	1439,8	764,2	1469,4	381,4	2134,1	384,9	2039,2	344,6	2148,5	426,9	2026,2
C	C3	747,7	1464,1	732,2	1495,3	795,7	1465,8	751,8	1501,4	378	2085,1	384,4	2002,6	390,5	2053,6	387,3	2040,7
C	C3	786,5	1511,1	764,7	1543,8	728,4	1523	745,9	1460,6	382,7	2111,6	374,1	2100,8	427,5	2036,9	392	2065,5
C	C3	729,5	1509,3	733,3	1503,6	760,3	1458,9	727,4	1537,4	363,3	2097,2	390,1	2037,2	379,6	2067,9	413,6	2040,5
C	C3	756,3	1462	755,6	1523,6	759	1485,9	709,5	1469,5	377,6	2089,6	383,5	2032	414,1	2061,4	407,7	2055,1
C	C3	769	1532,1	753,8	1518	761,9	1494,4	751,5	1480	371,2	2077,6	385,5	2028,8	361,4	2072,6	399,9	2074,3
C	C3	739,1	1455,4	750,7	1510,6			765,3	1479	383	2082,6	367,6	2053,4	339,4	2152,1	357,5	2084,6
C	C3			764,3	1508,6			792,6	1603,4			382,4	2093,1				
C	C4	785,4	1557,1	779	1567,5	698,4	1550,2	728,5	1547,4	496,9	2023,3	503,7	1954,2	508,1	1930,8	424,3	1876,3
C	C4	744,9	1532,7	680,3	1640,7	718	1551,4	699,9	1475,3	453,5	2073	454	1971,9	436,1	1943,4	459,3	2047,5
C	C4	749,6	1587	741,5	1464,1	715	1520,2	673,2	1479,3	479,9	1927	444,3	1955,3	441	1905,8	407,7	2003,4
C	C4	651	1528,6	666,8	1529,7	694,8	1436,7	670,1	1485,2	440,4	1942,4	471	1972,5	430,3	1931,4	428,2	1900,4
C	C4	690,1	1467,1	745,7	1490,6	704	1481,6	650	1481,2	389,8	1980,1	421	1969,4	398,7	1999,1	416,8	1980,4
C	C4	646,1	1511,6	671,7	1513,9	683,5	1563	691,5	1532,4	463,3	2002,2	434,6	1869,2	426,7	1911	422,1	1950,7
C	C4	689,8	1540,1	659,8	1461,4	680,2	1479,4	683,5	1489,7	434,3	1978,9	427,5	2006,9	440,8	1985,5	433,5	1937,4

C	C4	728,8	1570	683,7	1554,9	703,4	1578	671,8	1509,2	469,7	1984,9	454,4	1933,4	470,4	1998,9	438,4	1931,8
C	C4			663	1544,6	673,3	1551,9	651,7	1455,1	431,2	2056,3			437,3	1986,9	431,3	1910,5
C	C4					679,9	1462,8			438,1	1987,2			453,6	2045,3		
C	C4									452,9	1938,6						
C	C5	819,8	1763,8	766,6	1749,8	858,7	1822,5	799,5	1738,8	453,6	2169,5	376,7	2294,9	465,9	2347,9	465,6	2378,8
C	C5	773	1691,9	743,6	1740,6	831,8	1739,8	831,4	1714,9	468,4	2211,3	448,8	2198	486	2273,8	418,8	2248,9
C	C5	801,1	1726,7	815	1773,6	841	1740,9	870,1	1741,2	411,3	2225,5	399	2258,4	492,6	2342,8	450,8	2404,2
C	C5	830,3	1745,1	817,8	1758,5	823,2	1776,8	856,7	1755,7	433,5	2161,5	408,9	2204,8	471,3	2365,6	437	2230,4
C	C5	839,4	1745,4	806,4	1773,8	839,3	1753,6	828,8	1731,1	437,5	2098,2	426,4	2194,9	451	2362,6	487,1	2363
C	C5	871,6	1770,7	802,3	1786,7	852,3	1775,4	826,8	1788,2	378,2	2211,6	433	2147,9	474,2	2276	452,6	2217,8
C	C5	833,3	1743,4	786,1	1766,8	840,7	1728,2	802,4	1699,9	399,2	2198,5	426,1	2191,5	476,8	2324,6	475,7	2299,7
C	C5	796,4	1762	773,3	1768,2	839,6	1739,1	805,6	1723,3	440,6	2231,8	427,1	2237,8	455,7	2203,2	452,5	2316,8
C	C5	818,4	1722,8	790,3	1760,3	801,1	1711,9	824,5	1728,3	437,1	2166	413,7	2170,9	452,7	2299,5	462,5	2294,4
C	C5	793,7	1727,2	754	1713,2	828,6	1707,5	806,1	1709,5	444,4	2139,8	449,2	2134,2	449,7	2296	451,4	2327
C	C6	797,1	1859	834,2	1807,4	866,7	1638,1	790,2	1769,5	333,1	2387,4	321,3	2451,8	310,9	2397,3	321,5	2355,3
C	C6	804,6	1777,1	850,4	1761,6	838,1	1741,4	904	1757,2	385,8	2336,1	351,2	2392,5	386	2280,9	434,8	2346
C	C6	829,4	1759,2	837,5	1790,1	822,2	1674,9	865,5	1759,6	335,8	2428,4	316,1	2472	410,8	2242,9	297,6	2483,6
C	C6	803,8	1744,9	841,5	1742,6	857,2	1632,1	871,6	1821,5	331,4	2344,7	343,9	2460,7	298,3	2538,4	319,1	2480,9
C	C6	806,6	1752,5	843,2	1852,6	827,3	1777,8	981,6	1803,5	340,6	2488	338,3	2337,4	298,7	2444,6	321,3	2429,9
C	C6	835,2	1789,8	812,3	1769,8	930,6	1739,5	842,3	1810,2	344,8	2392,9	324,9	2470	363,1	2526,4	310,5	2565,9
C	C6	834,8	1837,9	851,9	1804	836,1	1767,6	715,6	1724,6	320,9	2389,2	353,1	2443,8	316	2432,9	311,6	2346,2
C	C6	833,1	1755,5	804,7	1818,9	846,9	1782,5	785	1697,2	312,8	2542,8	374,9	2404,3	318,4	2444,9	298,5	2437,2
C	C6	846,7	1818,9	810,9	1792,4	844,7	1835,1	874,4	1788,8	315,8	2435,9	368,2	2354	443,7	2357,6	370,3	2457,8
C	C6	857,1	1785,2	823,5	1778	836,5	1835,2	884,2	1680,7	385,4	2399,7			406,3	2319,7	376,5	2325,5
C	C7	887,5	1748,9	883,9	1818,1	944,5	1840,2	896,3	1786,9	406,2	2517,6	413,2	2490,2	393	2426,5	436,6	2454,8
C	C7	885,6	1764,3	845,1	1738,6	837,1	1819,1	808,2	1794,5	380,5	2480,7	410,5	2482,1	443,5	2480	396,2	2607,5
C	C7	856,1	1797,8	837,5	1633,5	882,5	1828	846,7	1824,7	398,3	2606,8	384,3	2550,8	424,4	2547,5	349	2535

C	C7	831,8	1688,5	823,9	1734,4	842,6	1772,1	869,9	1691,4	384,7	2465,2	399,9	2375,9	361,9	2491,2	401	2460,1
C	C7	805,6	1831,6	762,4	1861,2	776,9	1758	884	1729,2	415,6	2368,1	361,9	2513,1	384,7	2520,4	394,7	2462,4
C	C7	799,2	1746,3	843,9	1786,8	832,7	1676,5	821,3	1721,7	402,8	2473,3	384,2	2496,9	370,3	2497,1	353,7	2510,5
C	C7	817,3	1786,7	827,2	1794,6	809,8	1717,4	836,9	1784,6	364,6	2585,3	381,6	2455,1	424,7	2480,2	428,7	2462,2
C	C7	851,8	1744,4	814,3	1838	787,5	1572,6	862,5	1612,7	375,8	2500	351,8	2563,7	406,8	2438	385,4	2467,4
C	C7	853,8	1811,5	789,7	1680,9	780,6	1716,2	851,4	1781,4	403,7	2511,3	383,7	2460,7	364,9	2439,9	386,4	2426,9
C	C7					813,2	1670,2	787,7	1632,1	385,8	2456,5			394	2434,9	441,7	2420
C	C8	934,8	1721,8	902,1	1650,4	838,5	1507,7	866,7	1539,5	341,7	2666,1	336,9	2703,3	335,3	2582,4	360,4	2658,9
C	C8	854,9	1813,2	898,4	1662	915,4	1693,9	912,5	1628,7	350,5	2609,8	364,1	2661	332,9	2556	346,6	2599,2
C	C8	875,1	1636,9	940,2	1631,9	897,4	1615	837,3	1556,4	336,5	2667,8	356,1	2625,2	343,2	2582,3	353,2	2614,3
C	C8	874,1	1581,6	866,7	1647,6	877,6	1628,9	837,5	1489,2	352,3	2594,8	353,9	2599,8	353,7	2551	365,2	2686,9
C	C8	936,3	1602,9	793,7	1585,2	816,6	1544,8	831,2	1525,9	360,8	2512,3	366,3	2654,7	352,8	2623,4	358	2568,6
C	C8	967,2	1645,4	956,9	1619,6	846,2	1587,8	858,5	1629,7	365	2681	349,5	2600,5	375,2	2670,5	352,1	2658,2
C	C8	928	1600,9	889,6	1676,3	903,3	1632	904,4	1628,3	354,5	2689,8	353	2570,3	373,9	2542,7	350,7	2639,9
C	C8	872,2	1696,2	944,8	1656,3	926,1	1649,3	888,5	1605,8	367,5	2632,8	361,8	2613,2	335,1	2562	363,1	2615,4
C	C8	844,2	1691,7	835,2	1665,1	887,7	1638,9	912,5	1628,2	345,3	2590,2	359,6	2643	344,8	2522,1	357,1	2684,7
C	C8			833,1	1631,7			796,8	1605,1	330,7	2650,7	356,9	2708			323,5	2659,2
P	P1	607,2	1358,7	693,1	1467,2	661,3	1426,9	699,9	1456,9	299	2101,3	261,3	2203,5	292,1	2194,5	288,8	2207,1
P	P1	683	1390,7	626,1	1426	714,4	1414,3	700,4	1485,6	284,2	2243,7	271,9	2199,6	358,1	2108,1	260,3	2368,3
P	P1	607	1358,5	653,1	1420,6	662	1428,6	668,5	1485,1	340,6	2002,6	268,7	2249,4	343,2	2101,4	277,6	2261,6
P	P1	619,2	1334,9	720	1426,1	644,5	1370,8	712,2	1496	342,7	2007,4	295,2	2239,2	343,9	2090,1	307,9	2282,9
P	P1	633,3	1386,8	663,9	1479,2	708,5	1465,2	674,3	1470,8	335,7	2008,8	275,5	2182,7	354,2	2085	266,1	2346,9
P	P1	644,6	1392,9	690,4	1398,3	696,2	1371,6	725,7	1495,1	316	2121,3	268,6	2309,8	268,6	2273	276,5	2281,9
P	P1	646,5	1390,3	693,6	1460,2	714	1404,7	736,7	1493,5	292,4	2107,8	303,2	2274,7	289	2274	308	2181,7
P	P1	676,3	1435,4	690,5	1441,9	743,5	1422,5	724,9	1381,1	294,8	2161,5	279,5	2194,4	317,4	2140,2	262	2355,2
P	P1	661,3	1368	713,6	1418,3	686,1	1461,1	688,4	1492,3	318	2036,7	288,1	2259,8	292,9	2213	294,7	2261,7
P	P1	700,6	1382,2			743,6	1464,9			319,8	1967,6	262,8	2271,7			264,4	2312,2

P	P1	709	1398,5			743,4	1441,9										
P	P2	603,4	1478,3	701,7	1579,7	679,5	1444	689,8	1620,6	327,5	2083,8	349,3	1936,5	389,3	1965,8	361,4	2089,8
P	P2	647,1	1548,4	633,6	1645	691,8	1645,6	699,2	1600,7	363,6	2022,5	356,9	1995,6	364,3	2087,8	333,1	2028,9
P	P2	624,1	1557	704,9	1586,3	698,2	1561,4	719,7	1579	343,3	2089,2	368,4	1993,3	315,7	2128,7	377,7	2048,6
P	P2	640,3	1607	669,9	1558,7	739,4	1570,4	683,3	1627,1	348,6	2126,1	364,6	1904,1	345,1	2151,4	372,7	2040,8
P	P2	672,7	1624,4	614,9	1604	686,5	1598,3	757,8	1608,9	356,3	2094,1	350	1944,3	383,6	2112,1	341	2075,6
P	P2	656,1	1558,5	586,2	1599,3	706,1	1482,6	666,5	1566,7	350	2090,7	328,3	2030,5	349,9	2093,6	332,6	2156,4
P	P2	652	1561,1	637	1629,5	682,9	1473,5	669,5	1649,2	346,5	2093	346,1	2049,7	382,6	2028,1	353,1	2090,1
P	P2			644	1682			649,8	1661,4	347,2	2102,1	333,8	2120,2	378,7	2084,6	355,9	2087,7
P	P2			643,5	1603,7			735,6	1672,4	342,4	2145,9	367,7	2038	355,3	2147,6	344,2	2148,2
P	P2			655,6	1687,7			676,6	1576,8	347,6	2114,6	347	1972,8	359,1	2117,5	364,5	1982,7
P	P3	675	1608,1	812,4	1592,5	751,2	1658,8	673,1	1653,3	466,5	2053	555,9	2011,4	498,7	1853,2	465,3	2129,5
P	P3	783,8	1524,7	765,4	1672,7	745,9	1612,9	749,9	1604,5	447,1	2013,3	542,5	1989,6	476,3	1953,3	541,6	1957,3
P	P3	731,9	1600,8	755	1650,6	703,2	1608	744,5	1480,9	418,4	2032,5	419,9	2122,9	488,3	1911,7	481,1	1972,4
P	P3	701,8	1684,8	783,4	1597,4	676,4	1639,5	716,4	1610,5	530,5	1994,7	446	2030,3	521	1986	457,9	2062,3
P	P3	785,2	1525,7	811,1	1639,7	756,5	1534,6	752,5	1837,5	458,6	1959	538,1	2067,4	442,6	1948,9	428	1885,4
P	P3	805,9	1603,6	778	1625,2	769,2	1557,4	752,9	1552	475,7	1930,4	412,3	2026,6	490	1888,7	512,3	2003,9
P	P3	777,4	1604,2	823	1604,2	740,3	1537,2	744	1456,8	411,1	2020,5	447	2015,7	518,1	2020	428,8	1958,1
P	P3	740,7	1532,7	733,7	1634,3	737,5	1482,7	815,8	1599,9	418,6	1907,1	462,5	2076,1	559,8	1949,2	532	1986,3
P	P3	757,9	1530,5	763,2	1540,2			767,3	1529,1	497,6	1980,1	428,2	2047	495,5	1931,5	477	2026,2
P	P3	735,2	1630,8									500	2048,2			455,1	1996,2
P	P3															438,9	2088,9
P	P4	652,1	1390	678,8	1522,7	627,5	1439,7	603,7	1517,3	400	1833,2	401,2	1733,6	424,6	1774,2	455,2	1717,5
P	P4	627,5	1470,1	620,7	1474,4	649,1	1413	603,3	1448	395	1802,8	411	1770,4	399,5	1770,4	423,8	1743,8
P	P4	635,2	1430,2	638,3	1469,9	626,4	1363,1	614,8	1453,5	411,2	1755,8	430,6	1753,5	419,3	1768,4	407,3	1721,4
P	P4	661,3	1440,1	656,3	1490,8	672,2	1462,8	624,1	1439,3	436,3	1765,5	432,8	1727,4	430,3	1810,1	402,3	1655,5
P	P4	662,3	1491,3	631,5	1471,4	663,4	1483,6	628,6	1481,4	425,9	1713,4	390,6	1750,6	424,7	1705,1	388,2	1750,7

P	P4	641,4	1502	646,9	1463,3	709,8	1506,3	671,4	1496,5	384,9	1795,4	437,6	1695,7	396,7	1737	421,3	1710,8
P	P4	646,6	1452,4	660,1	1437,5	640,5	1521,2	655,9	1474,8	414,3	1764,9	432,2	1755,5	386	1786,8	424,7	1728,5
P	P4	627,6	1463,8	611,5	1506,8	619,6	1423,9	670,7	1512,4	408,1	1719	381,5	1810,9	424,4	1707,2	454,9	1733
P	P4			646,4	1434,2	634,7	1506,4	624,2	1459,2			427	1765,9			439,9	1713,9
P	P4			636,7	1537,9			642,8	1527,5			382,5	1764,6			421,2	1687,2
P	P4			620,3	1482,3			639,6	1432,9			406,6	1732,4			433,5	1752,4
P	P4							654,2	1429,6								
P	P5	806,1	1832,6	864	1838,7	773,8	1879,3	803,2	1903,9	422,9	2307,9	409,9	2195,5	444	2346,5	476,1	2217,4
P	P5	766,3	1919,6	735,6	1953,3	1013,7	2071,9	841,5	1943,1	427,1	2310,5	418,8	2076,7	447,9	2380,5	456,1	2171,8
P	P5	801,8	1894,3	809	1928,9	822,8	1933,4	934,5	1931,3	414	2205	447,1	2157,3	449	2350,3	483,4	2261,9
P	P5	793,6	1875,7	802,3	1892,1	918,6	1956,6	916,9	1951,7	410,8	2270,4	424	2058,9	577,7	2257,7	454,3	2248,5
P	P5	791,3	1945,2	785,3	1873,5	907,9	1882,2	874,7	1955,6	432,3	2198,6	422,2	2077,2	399,2	2344,8	436,7	2206,6
P	P5	778,7	1940,5	742	1917,9	854,4	1985	876,4	1959,9	435,9	2315,5	379,7	2016,3	421,9	2442,1	436,6	2224,7
P	P5	798,2	1920,4	727,1	1935,5	909,7	1967,1	853,9	1959,7	424,5	2271,7	419,2	2061,1	475,5	2378,5	460,5	2286,6
P	P5	752,6	1896,1	736,9	1933,8	836,1	1958,6	874,7	2016,5	398,7	2268,4	410,3	2142,9	466,6	2334,2	492,3	2232,3
P	P5	760,7	1869	713,9	1873,5	832,3	1981,7	870,1	1931	397	2253,8	408,3	2035,3	476,9	2390,1	535,1	2245,4
P	P5	739,4	1913,3	724,8	1952,2	856,7	1932,7	887,4	1953,6	418,8	2297,3	412,3	2116,2	440,7	2345,3	470,7	2230,2
P	P6	806,1	1624,9	861,9	1678,7	900,8	1668,4	962	1783,7	365,6	2262,3	410,3	2297,1	444,6	2191,6	428,8	2361,1
P	P6	801,2	1642,6	845,9	1616,6	797,2	1513	894,1	1579,4	344,6	2202,5	428,7	2105,8	463	2168,9	413,4	2093,7
P	P6	839,1	1605,4	870,3	1665,4	940,2	1649,7	854,2	1712,6	366,1	2229,3	460,3	2111	417,5	2315,6	468,1	2363,2
P	P6	814,5	1602,7	839	1621,6	857,1	1580,8	950,4	1804,4	382	2256,3	423,4	2160,2	409,2	2235,1	437	2339,4
P	P6	799,9	1498,8	814,2	1692,2	843	1633,9	839,6	1784	375,3	2251,1	416,5	2142,5	430,5	2251,1	418,9	2321,7
P	P6	797,2	1659,2	769,2	1656,6	877,2	1605	890,8	1616,2	383	2203	419,6	2228,5	436,1	2230,3	412,6	2287
P	P6	756,9	1630,7	772,9	1711,1	861,6	1627	820,6	1771,1	387,8	2239,4	412,6	2294,5	457,8	2263,9	396,8	2096,2
P	P6	780,9	1542,5	814,2	1680,6	864,6	1576,1	882,2	1705	376,3	2235,4	388,9	2090,6	447,1	2276,5	433,4	2235,8
P	P6	773,3	1661,8	791,9	1668,1	838,5	1613,1	869,5	1586,9	412,6	2216,7	428,1	2114,6	428,1	2140,4	415,9	2377,4
P	P6			834,5	1615,9			867,2	1619,9	413,5	2135,9	408,8	2264,1	435,6	2216,9	436,2	2188,2

P	P7	798,1	1815,5	783,4	1915,9	871,4	1881,6	860,3	1984,4	393	2632,1	430,8	2240,1	459,8	2470,2	476,7	2359
P	P7	788,2	1941,2	790,5	1979,5	835,4	1741,9	845,5	1953,9	402,8	2597,9	429,9	2236,3	473	2405,6	514,5	2322,3
P	P7	754,3	1946,1	733,9	2000,7	748,1	1857,7	791,7	1888,8	431,1	2495,5	449,8	2347,6	474,7	2401,2	456,4	2288,5
P	P7	774,3	1904,4	791,2	1964,1	788,7	1822,7	815,7	1920,3	449,7	2495,7	482,6	2245,7	464,2	2541,8	475,9	2316,5
P	P7	747,1	1898,5	740,2	1986,4	824,1	1869,4	825,2	1935,2	402,3	2440,8	404,5	2170	464,8	2408	501,5	2271,9
P	P7	768,7	1921,8	735	1923,1	808,1	2008,7	755,7	1911,2	400,8	2536,5	383,6	2327,8	490,1	2483,1	482,5	2334,6
P	P7	763,2	1927	759,9	2043,6	786	2038,1	745,4	1851,3	408,7	2450,6	410,3	2362,6	489,5	2514,3	467	2329,4
P	P7	724,3	1856,5	715,3	1948,8	781,2	1931,6	798,2	1908,6	410	2518,9	404,8	2324	524,5	2429	493	2406,3
P	P7	697,8	1910,3	776,4	1959,7	820,6	1863,5	778,6	1907,9			393,8	2313,3			491,6	2440,5
P	P7	800,6	1921,2	779	1917,6	836,3	1870,5	802	1957			395,5	2317,8			489,4	2272,6
P	P8	841,4	1604,2	824,5	1693,7	935,8	1729,9	900,4	1701,8	432,4	2199,7	434,3	2174,7	425,7	2152,1	483,5	2178,8
P	P8	807,4	1598,4	716,4	1653,1	756,4	1683,1	786,9	1686,4	452,2	2087,2	452,3	2148,1	524,5	2164,8	486,6	2166,9
P	P8	761,3	1596,2	806,2	1714,6	842,7	1698	767,8	1753,4	422,2	2142	431,5	1946,7	473,1	2199,4	458,5	2188,7
P	P8	768,8	1634,2	746,8	1701,4	796,2	1733,8	822,7	1719,2	459,3	2135,6	434,7	2130,6	473,3	2172,6	461,1	2135,2
P	P8	720,4	1692,9	762,5	1687	781,9	1668,4	812	1700,2	411,1	2060,7	422,7	2169,7	470,5	2214,3	477,8	2194,1
P	P8	823,9	1565,7	730,6	1632,3	789,8	1732,7	786,7	1707,9	445	2250,9	440,3	2245	475,7	2201,5	496	2147,2
P	P8	755,3	1621,3	699,8	1680,2	798,3	1653,9	795,8	1713,9	450	2273,2	446,8	2129,8	488,7	2254	482,8	2217
P	P8	866,5	1528,3	743,1	1706,5	849	1659,8	788,6	1715,4	465,5	2197,1	453,8	2168	488,1	2263	460,8	2212,8
P	P8	765,5	1652,5	829,4	1614,6	779,1	1689,3	751,8	1700,7	436,1	2249,5	439	2239	461,4	2163,9	468,3	2186,5
P	P8	758,9	1625,1	686,5	1700,2	742,6	1691,6			428,8	2247,3	452	2142,1	470,2	2187,3	508	2306,7

Tableau A.2: Données acoustiques brutes de F2 initial et F2 centre (pour le calcul de l'équation du locus) (Gr. = groupe, L. = locuteur, i=initial, c=centre)

Gr.	L.	F2ibn	F2cbn	F2idn	F2cdn	F2ibe	F2cbe	F2ide	F2cde
C	C1	1510,2	1458,8	1543,5	1468,7	1436,6	1459,3	1581,5	1484,9
C	C1	1497,7	1471,3	1573,2	1490,6	1478,3	1463,2	1559,6	1473
C	C1	1466	1446,2	1611,7	1497,7	1475,4	1464,2	1575	1500,1
C	C1	1471	1447,7	1583,6	1482,2	1472,6	1480,9	1593	1537
C	C1	1488,2	1498,8	1615,1	1516,5	1467,9	1511,5	1605,4	1541
C	C1	1525,8	1492,2	1558,7	1485	1477,1	1518,6	1580,5	1515,4
C	C1	1520	1489,1	1580,4	1527,5	1472,6	1459,9	1587,8	1494,8
C	C1	1517,6	1515,5	1591,3	1471,7	1497,9	1485,3	1603,2	1500,7
C	C1	1522,7	1525,7	1618,6	1513,8	1506,8	1478,6	1580,9	1488,7
C	C1	1524,1	1478,3	1739,4	1844,8	1523,6	1467,2	1583,2	1472,4
C	C1	1488	1484,2	1816,5	1829,9	1485,8	1480,5	1583,4	1496,4
C	C1	1731,9	1741,8	1768,1	1809	1766,8	1778,2	1743,3	1805,4
C	C1	1783,4	1741	1804	1842,1	1675,6	1735,6	1732,9	1764,8
C	C1	1766,4	1809,6	1634,7	1836	1712,4	1735,7	1678,3	1780
C	C1	1640,7	1607,3	1738,3	1799,5	1669,8	1752,8	1788,2	1866
C	C1	1756,2	1773,6	1811,3	1848,3	1664,3	1717,3	1704,9	1771,5
C	C1	1807,9	1764,3	1778,3	1832,9	1688,7	1704,8	1777,8	1837
C	C1	1777	1777,1	1602,7	1748,1	1693,1	1711	1764,5	1848,6
C	C1	1752,5	1762,9	1752,6	1772,1	1708	1707,6	1734,4	1841
C	C1	1778,2	1734,6			1673,5	1724,3	1722	1838,8
C	C1	1804,4	1789,4			1712,3	1689,8	1716,7	1792,8
C	C2	1542	1469,3	1777,7	1686,4	1617,5	1620,2	1750,1	1675
C	C2	1632	1646,5	1769	1561,8	1677,7	1686,5	1761,5	1677,5
C	C2	1630,5	1629,3	1782,9	1662,6	1629,4	1608,6	1792,9	1679,8
C	C2	1632,6	1584,8	1785,2	1627	1616,8	1542,3	1780,5	1579,7
C	C2	1677,4	1640,7	1783,3	1599,3	1587,7	1586,2	1765,1	1674,2
C	C2	1642,5	1497,2	1774,8	1649,4	1620,8	1508,8	1735,9	1608,1
C	C2	1607,9	1574,5	1710,4	1630,5	1604,4	1522,8	1712,3	1588,3
C	C2	1656,9	1592,3	1726,8	1609,7	1562,6	1655,8	1729,4	1711,5
C	C2	1671,1	1639,9	1706	1682,4	1623,2	1552,2	1736,6	1605,4
C	C2	1616,6	1735,4	1741,5	1737,8	1624,7	1655	1772,2	1696,3
C	C2	1867,7	1915,3	1809,7	1920,5	1909,4	1946,4	1832,3	1970,6
C	C2	1875,9	1947,2	1769,3	1842,7	1895,3	1934,5	1810,1	1872,9
C	C2	1864,6	1937,3	1854,2	2005,7	1886,8	1922,7	1844,6	1906,5
C	C2	1903,7	2004,6	1830,4	1940	1870,6	1892,8	1837,7	1904,1

C	C2	1882,8	1939,4	1801,5	1922,9	1890,7	1928,1	1857	1927,1
C	C2	1859,4	1903	1785,1	1923,5	1885,3	1920,3	1806,1	1911,4
C	C2	1860	1916,4	1776,5	1887,6	1867,2	1924,3	1827,2	1880,5
C	C2	1840,3	1881,8	1729,6	1805,1	1826,4	1910,1	1755,8	1876,7
C	C2	1871,5	1921,3	1746,5	1911,3	1817,7	1889,7	1819,9	1928,7
C	C2	1862,5	1916,9	1854,4	1898,7	1839	1880,1	1841,4	1881,3
C	C3	1535,3	1396,9	1778,8	1498,6	1597,9	1541,7	1779,6	1562,3
C	C3	1547,4	1495,4	1767,8	1508,3	1496,1	1495,6	1766,3	1541,5
C	C3	1487,6	1455,4	1820,3	1454,9	1506	1439,8	1692,8	1469,4
C	C3	1506,2	1464,1	1708,9	1495,3	1429,6	1465,8	1814,3	1501,4
C	C3	1567,8	1511,1	1766,1	1543,8	1524,3	1523	1755,5	1460,6
C	C3	1598,9	1509,3	1730,2	1503,6	1511,5	1458,9	1676,4	1537,4
C	C3	1535,9	1462	1789,6	1523,6	1521,6	1485,9	1664,3	1469,5
C	C3	1560,9	1532,1	1731,6	1518	1512,6	1494,4	1726,3	1480
C	C3	1545,6	1455,4	1640,9	1510,6	1958,5	2146	1697,2	1479
C	C3	1938,9	2093	1704,8	1508,6	1979,7	2189,3	1725,3	1603,4
C	C3	2051,6	2183,6	1850,8	2009,8	2003,6	2148,5	1932,6	2050,1
C	C3	2049,2	2134,1	1942,1	2026,8	1923,3	2053,6	1989	2045,6
C	C3	1991	2085,1	1931,8	2039,2	1901,3	2036,9	1875,5	2026,2
C	C3	2010,4	2111,6	1900,2	2002,6	1903,5	2067,9	1933,9	2040,7
C	C3	1985,2	2097,2	1993,1	2100,8	1949,8	2061,4	1916,1	2065,5
C	C3	1974,6	2089,6	1963,1	2037,2	2002,9	2072,6	1920,1	2040,5
C	C3	1984	2077,6	1970,4	2032	1997,1	2152,1	1917,1	2055,1
C	C3	2009,1	2082,6	1974,9	2028,8			1961,1	2074,3
C	C3			1948,3	2053,4			1948,9	2084,6
C	C3			1904,7	2093,1				
C	C4	1519,2	1557,1	1857	1567,5	1642,4	1550,2	1846,9	1547,4
C	C4	1640,9	1532,7	1766	1640,7	1536,2	1551,4	1667,7	1475,3
C	C4	1615,3	1587	1830,8	1464,1	1555,4	1520,2	1786,2	1479,3
C	C4	1589,3	1528,6	1777,8	1529,7	1581,3	1436,7	1815,3	1485,2
C	C4	1569,1	1467,1	1910,6	1490,6	1589,3	1481,6	1840,4	1481,2
C	C4	1570,7	1511,6	1803,8	1513,9	1553,6	1563	1796,4	1532,4
C	C4	1531,7	1540,1	1849,9	1461,4	1640,4	1479,4	1868,4	1489,7
C	C4	1672,7	1570	1842,4	1554,9	1685	1578	1930,5	1509,2
C	C4	1843,2	2023,3	1862,6	1544,6	1595,4	1551,9	1863	1455,1
C	C4	1947,9	2073	1828,4	1938,6	1662,9	1462,8	1826,4	1876,3
C	C4	1881,7	1927	1875,8	1954,2	1738,3	1930,8	1865,9	2047,5
C	C4	1841,4	1942,4	1924	1971,9	1827,6	1943,4	1877,7	2003,4
C	C4	1973,4	1980,1	1989,9	1955,3	1784,5	1905,8	1890	1900,4

C	C4	1892,6	2002,2	1967	1972,5	1843,2	1931,4	1887,4	1980,4
C	C4	1898,7	1978,9	1963,8	1969,4	1823,7	1999,1	1933,7	1950,7
C	C4	1920,3	1984,9	1835,3	1869,2	1803,1	1911	1913,1	1937,4
C	C4	1939,6	2056,3	1973,9	2006,9	1911,4	1985,5	1892,9	1931,8
C	C4	1834,5	1987,2	1941,6	1933,4	1929,8	1998,9	1862,6	1910,5
C	C4					1988,8	1986,9		
C	C4					1960	2045,3		
C	C5	1890,7	1763,8	1942	1749,8	1863,6	1822,5	1926,6	1738,8
C	C5	1789,4	1691,9	1890,5	1740,6	1796,8	1739,8	1926,1	1714,9
C	C5	1819	1726,7	1895,9	1773,6	1817,6	1740,9	1925,1	1741,2
C	C5	1827,2	1745,1	1889,6	1758,5	1847,1	1776,8	1927,7	1755,7
C	C5	1829,2	1745,4	1918,8	1773,8	1794,4	1753,6	1945,5	1731,1
C	C5	1834,2	1770,7	1948,9	1786,7	1816,1	1775,4	1925,8	1788,2
C	C5	1847,3	1743,4	1930,3	1766,8	1808,4	1728,2	1895,4	1699,9
C	C5	1814,3	1762	1896,5	1768,2	1782,5	1739,1	1921,2	1723,3
C	C5	1838,7	1722,8	1867,5	1760,3	1791,2	1711,9	1937,7	1728,3
C	C5	1870,9	1727,2	1903,1	1713,2	1821,2	1707,5	1905,1	1709,5
C	C5	2176,2	2169,5	2953,7	2294,9	2205,1	2347,9	2145,2	2378,8
C	C5	2126,4	2211,3	2128,1	2198	2153,3	2273,8	2077,7	2248,9
C	C5	2158,3	2225,5	2065,5	2258,4	2218,2	2342,8	2203,5	2404,2
C	C5	2153,8	2161,5	2115,6	2204,8	2177,5	2365,6	2165,1	2230,4
C	C5	2144,8	2098,2	2140,8	2194,9	2148,1	2362,6	2062,2	2363
C	C5	2202,3	2211,6	2112,6	2147,9	2143,4	2276	2041	2217,8
C	C5	2193,1	2198,5	2148,9	2191,5	2140,8	2324,6	2159,7	2299,7
C	C5	2165,2	2231,8	2184,1	2237,8	2099,2	2203,2	2095	2316,8
C	C5	2191,6	2166	2144,9	2170,9	2168,7	2299,5	2081,6	2294,4
C	C5	2177,8	2139,8	2199,2	2134,2	2150,5	2296	2152	2327
C	C6	1735	1859	1949,5	1807,4	1718,6	1638,1	1953,4	1769,5
C	C6	1817,6	1777,1	1957,2	1761,6	1707,4	1741,4	1912,5	1757,2
C	C6	1738	1759,2	1969,4	1790,1	1694,8	1674,9	1941,2	1759,6
C	C6	1794,4	1744,9	1941,6	1742,6	1687,2	1632,1	1913,2	1821,5
C	C6	1737,9	1752,5	2027,6	1852,6	1666,7	1777,8	1996,6	1803,5
C	C6	1765,4	1789,8	1945,2	1769,8	1702	1739,5	1910,6	1810,2
C	C6	1764,7	1837,9	1937,4	1804	1695,1	1767,6	1934,7	1724,6
C	C6	1744,9	1755,5	1953	1818,9	1721,2	1782,5	1889,6	1697,2
C	C6	1949,5	1818,9	1964,4	1792,4	1692,5	1835,1	1949,9	1788,8
C	C6	1763,5	1785,2	1992,2	1778	1792,4	1835,2	1908,5	1680,7
C	C6	2278,3	2387,4	2061,3	2451,8	2320,6	2397,3	2341,2	2355,3
C	C6	2219,7	2336,1	2299,6	2392,5	2159,4	2280,9	2233,3	2346

C	C6	2191,1	2428,4	2329,3	2472	2228,8	2242,9	2329,7	2483,6
C	C6	2210	2344,7	2257,4	2460,7	2221,5	2538,4	2211,2	2480,9
C	C6	2174	2488	2220,1	2337,4	2233	2444,6	2208	2429,9
C	C6	2184,1	2392,9	2303,1	2470	2223,9	2526,4	2398,4	2565,9
C	C6	2218,6	2389,2	2246,2	2443,8	2192	2432,9	2356,2	2346,2
C	C6	2272,1	2542,8	2219	2404,3	2333,5	2444,9	2269,5	2437,2
C	C6	2169,2	2435,9	2183,2	2354	2214,7	2357,6	2227,8	2457,8
C	C6	2192,3	2399,7			2183,4	2319,7	2229	2325,5
C	C7	1755,2	1748,9	2133,1	1818,1	1724,5	1840,2	2051,3	1786,9
C	C7	1742,5	1826,8	2109,7	1738,6	1698,8	1819,1	2234,2	1794,5
C	C7	1840,6	1797,8	2111,2	1633,5	1780,9	1828	2145	1824,7
C	C7	1809,2	1688,5	2102,8	1734,4	1736	1772,1	2121	1691,4
C	C7	1796,4	1831,6	2028,5	1861,2	1754,1	1758	2068,1	1729,2
C	C7	1764,8	1746,3	2082,1	1786,8	1722,2	1676,5	2091,3	1721,7
C	C7	1790,2	1786,7	2094,6	1794,6	1731,9	1717,4	2063,9	1784,6
C	C7	1742,8	1744,4	2158,9	1838	1751,9	1572,6	2108,6	1612,7
C	C7	1722,9	1811,5	2150,3	1680,9	1806	1716,2	2092,6	1781,4
C	C7	1814,7	1764,3	2390,2	2490,2	1724,2	1670,2	2049,4	1632,1
C	C7	2333,4	2517,6	2362,6	2482,1	2301,3	2426,5	2173,9	2454,8
C	C7	2290,8	2480,7	2445	2550,8	2376,4	2480	2492,6	2607,5
C	C7	2357,9	2606,8	2303,8	2375,9	2355,8	2547,5	2455,9	2535
C	C7	2302	2465,2	2423,3	2513,1	2226	2491,2	2291,5	2460,1
C	C7	2212,7	2368,1	2451,7	2496,9	2297,7	2520,4	2299,4	2462,4
C	C7	2274	2473,3	2404,9	2455,1	2482,2	2497,1	2348,8	2510,5
C	C7	2371,3	2585,3	2510,1	2563,7	2339,1	2480,2	2291,6	2462,2
C	C7	2436,4	2500	2396,4	2460,7	2313,6	2438	2399,8	2467,4
C	C7	2271,9	2511,3			2264,9	2439,9	2350,3	2426,9
C	C7	2345,5	2456,5			2398,3	2434,9	2328,1	2420
C	C8	1808,7	1721,8	2007,4	1650,4	1654,8	1507,7	1959	1539,5
C	C8	1920,8	1813,2	2043,4	1662	1802,9	1693,9	2061,5	1628,7
C	C8	1766,4	1636,9	2015,1	1631,9	1628,1	1615	2047,4	1556,4
C	C8	1690	1581,6	2069,7	1647,6	1666,1	1628,9	1967,7	1489,2
C	C8	1778,4	1602,9	2037,4	1585,2	1679,9	1544,8	2011,2	1525,9
C	C8	1774,9	1645,4	2016,3	1619,6	1690,8	1587,8	1970	1629,7
C	C8	1732,4	1600,9	2006,6	1676,3	1638,4	1632	2007,2	1628,3
C	C8	1829,8	1696,2	2041,9	1656,3	1724,6	1649,3	2025,5	1605,8
C	C8	1756	1691,7	2085,6	1665,1	1701,7	1638,9	2020,2	1628,2
C	C8	2444,3	2666,1	2040,6	1631,7	2376,7	2582,4	1979,4	1605,1
C	C8	2357	2609,8	2423	2703,3	2352,3	2556	2231,4	2658,9

C	C8	2214,8	2667,8	2230,9	2661	2375,4	2582,3	2230,6	2599,2
C	C8	2289,3	2594,8	2258,5	2625,2	2273,2	2551	2079,3	2614,3
C	C8	2353,3	2512,3	2210,9	2599,8	2341,5	2623,4	2269,5	2686,9
C	C8	2256,8	2681	2227,7	2654,7	2306	2670,5	2180,9	2568,6
C	C8	2374,7	2689,8	2155,9	2600,5	2259,9	2542,7	2197,9	2658,2
C	C8	2259,9	2632,8	2193,7	2570,3	2348,2	2562	2243,1	2639,9
C	C8	2377,8	2590,2	2215,3	2613,2	2324,6	2522,1	2259	2615,4
C	C8	2378,7	2650,7	2244,1	2643			2246	2684,7
C	C8			2302,1	2708			2252,8	2659,2
P	P1	1390,2	1358,7	1595,2	1467,2	1411,8	1426,9	1583	1456,9
P	P1	1360,5	1390,7	1551	1426	1383,2	1414,3	1576,2	1485,6
P	P1	1388,9	1358,5	1623,1	1420,6	1411,4	1428,6	1583,6	1485,1
P	P1	1305,3	1334,9	1551,3	1426,1	1369,5	1370,8	1612,1	1496
P	P1	1343,4	1386,8	1604,3	1479,2	1462,7	1465,2	1577,5	1470,8
P	P1	1389,2	1392,9	1603,1	1398,3	1394,1	1371,6	1543,9	1495,1
P	P1	1366,6	1390,3	1592,3	1460,2	1418,6	1404,7	1588,7	1493,5
P	P1	1382,6	1435,4	1598,6	1441,9	1400	1422,5	1575,5	1381,1
P	P1	1358,1	1368	1600,8	1418,3	1436,2	1461,1	1577,5	1492,3
P	P1	1332,6	1382,2	1924	2203,5	1425,9	1464,9	2064,3	2207,1
P	P1	1417,3	1398,5	1966,3	2199,6	1389,4	1441,9	2004	2368,3
P	P1	1988,4	2101,3	2053,1	2249,4	1886,8	2194,5	1965,9	2261,6
P	P1	2124,8	2243,7	2023,9	2239,2	1937	2108,1	1974	2282,9
P	P1	1916,5	2002,6	1892	2182,7	1959,3	2101,4	2038,8	2346,9
P	P1	1947,5	2007,4	2111,8	2309,8	1964,5	2090,1	1949,3	2281,9
P	P1	1963,6	2008,8	1958,8	2274,7	1954,4	2085	1960,6	2181,7
P	P1	1979,3	2121,3	2014,8	2194,4	2072,8	2273	2040,4	2355,2
P	P1	1964,8	2107,8	1949,9	2259,8	2000,2	2274	1891,2	2261,7
P	P1	2073,2	2161,5	1943	2271,7	1976,4	2140,2	1933,4	2312,2
P	P1	1936,9	2036,7			2013,6	2213		
P	P1	2026,2	1967,6						
P	P2	1651,2	1478,3	1927,7	1579,7	1525,8	1444	1787,4	1620,6
P	P2	1765	1548,4	1827,5	1645	1631,4	1645,6	1748,3	1600,7
P	P2	1635,5	1557	1814,6	1586,3	1604,5	1561,4	1804,3	1579
P	P2	1691,9	1607	1794,5	1558,7	1595,1	1570,4	1708,9	1627,1
P	P2	1673,6	1624,4	1824,5	1604	1667,5	1598,3	1788,3	1608,9
P	P2	1713,8	1558,5	1783,4	1599,3	1527,9	1482,6	1840,8	1566,7
P	P2	1566,9	1561,1	1831,1	1629,5	1594,8	1473,5	1813,7	1649,2
P	P2	2061,3	2083,8	1842,7	1682	1982,1	1965,8	1797,8	1661,4
P	P2	1980,6	2022,5	1798,1	1603,7	1997,2	2087,8	1825,4	1672,4

P	P2	2194	2089,2	1794,6	1687,7	2013,6	2128,7	1792,9	1576,8
P	P2	1949	2126,1	1862,3	1936,5	2010,3	2151,4	1991,3	2089,8
P	P2	2075,1	2094,1	1970	1995,6	2016,7	2112,1	1954,4	2028,9
P	P2	2028,5	2090,7	2587,2	1993,3	2005,4	2093,6	2026,1	2048,6
P	P2	2111,9	2093	1887,6	1904,1	1981,9	2028,1	1945,7	2040,8
P	P2	2268,8	2102,1	1920,2	1944,3	2010,6	2084,6	1984,2	2075,6
P	P2	1991,5	2145,9	1980	2030,5	1983,2	2147,6	2073	2156,4
P	P2	2085,5	2114,6	1929,3	2049,7	1997,2	2117,5	2055	2090,1
P	P2			1893,2	2120,2			2000	2087,7
P	P2			2022,4	2038			2101,1	2148,2
P	P2			1986,4	1972,8			1978,4	1982,7
P	P3	1652,7	1608,1	1842,6	1592,5	1596,1	1658,8	1837,3	1653,3
P	P3	1615	1524,7	1832	1672,7	1632	1612,9	1778,3	1604,5
P	P3	1498,1	1600,8	2009,5	1650,6	1506,2	1608	1772,1	1480,9
P	P3	1733,6	1684,8	1784,2	1597,4	1582,8	1639,5	1803,9	1610,5
P	P3	1570,6	1525,7	1868,1	1639,7	1538,7	1534,6	1874,8	1837,5
P	P3	1598,6	1603,6	1880,3	1625,2	1651,6	1557,4	1857,6	1552
P	P3	1535,4	1604,2	1931,8	1604,2	1650,3	1537,2	1928,4	1456,8
P	P3	1584,5	1532,7	1768,8	1634,3	1533,1	1482,7	1777,5	1599,9
P	P3	1620,5	1530,5	1921,8	1540,2	1918,2	1853,2	1911,4	1529,1
P	P3	1609,6	1630,8	2086,2	2011,4	1992,3	1953,3	2135,1	2129,5
P	P3	1953,3	2053	2181	1989,6	1957,7	1911,7	2032,8	1957,3
P	P3	1995,9	2013,3	2086	2122,9	2024,7	1986	2038,7	1972,4
P	P3	2060,6	2032,5	1970,2	2030,3	2022,5	1948,9	2057,3	2062,3
P	P3	2086,3	1994,7	2059,8	2067,4	1901	1888,7	1967,1	1885,4
P	P3	2074,2	1959	1984,2	2026,6	2048,2	2020	2065,5	2003,9
P	P3	1977,7	1930,4	2006,6	2015,7	2050,1	1949,2	1924	1958,1
P	P3	2046,1	2020,5	2048,5	2076,1	2032,1	1931,5	2116,5	1986,3
P	P3	1973,5	1907,1	2103	2047			1991,1	2026,2
P	P3	2057,1	1980,1	2108,9	2048,2			2014,3	1996,2
P	P3							2116,1	2088,9
P	P4	1390,5	1390	1624,5	1522,7	1381	1413	1656,4	1517,3
P	P4	1446,7	1470,1	1665,7	1474,4	1405,6	1363,1	1713,4	1448
P	P4	1449,9	1430,2	1682,1	1469,9	1447,7	1462,8	1687,6	1453,5
P	P4	1389,3	1440,1	1694,3	1490,8	1468	1483,6	1659,6	1439,3
P	P4	1492,2	1491,3	1595,5	1471,4	1461,7	1506,3	1654,3	1481,4
P	P4	1474	1502	1704,1	1463,3	1459	1521,2	1749,3	1496,5
P	P4	1506,9	1452,4	1663,6	1437,5	1448,3	1423,9	1605,2	1474,8
P	P4	1518	1463,8	1695,1	1506,8	1443,9	1506,4	1633,2	1512,4

P	P4	1633,4	1833,2	1749,4	1434,2	1661	1774,2	1627,9	1459,2
P	P4	1704,4	1802,8	1669,9	1537,9	1622,8	1770,4	1627,9	1527,5
P	P4	1668	1755,8	1765,7	1482,3	1679	1768,4	1632,2	1432,9
P	P4	1630,4	1765,5	1751,9	1439,7	1697,6	1810,1	1579,7	1429,6
P	P4	1638,7	1713,4	1692,4	1733,6	1625,3	1705,1	1695,9	1717,5
P	P4	1702,8	1795,4	1787,3	1770,4	1688,1	1737	1737,3	1743,8
P	P4	1655,8	1764,9	1803,5	1753,5	1664,1	1786,8	1738,8	1721,4
P	P4	1663,8	1719	1710,9	1727,4	1715,7	1707,2	1655,3	1655,5
P	P4			1701,2	1750,6			1666,3	1750,7
P	P4			2209,8	1695,7			1731,1	1710,8
P	P4			1731,9	1755,5			1708,1	1728,5
P	P4			1763	1810,9			1699,9	1733
P	P4			1739,3	1765,9			1758,1	1713,9
P	P4			1781,2	1764,6			1727,2	1687,2
P	P4			1696,1	1732,4			1767,8	1752,4
P	P5	1864,7	1832,6	2100,8	1838,7	1881,4	1879,3	2086,2	1903,9
P	P5	1961,4	1919,6	2084,4	1953,3	1986,8	2071,9	2082,6	1943,1
P	P5	1929,5	1894,3	2131,4	1928,9	1871,2	1933,4	2081,6	1931,3
P	P5	1914,6	1875,7	2092,5	1892,1	1910,8	1956,6	2060,9	1951,7
P	P5	1924,1	1945,2	2054,9	1873,5	1907,3	1882,2	2123,7	1955,6
P	P5	1943,4	1940,5	2071	1917,9	1952,4	1985	2084	1959,9
P	P5	1943,7	1920,4	2102,7	1935,5	1963	1967,1	2095,7	1959,7
P	P5	1939,7	1896,1	2068,9	1933,8	1970,6	1958,6	2079,8	2016,5
P	P5	1948,5	1869	2083,7	1873,5	1954,3	1981,7	2081,9	1931
P	P5	1946,2	1913,3	2050,5	1952,2	1956,2	1932,7	2113,7	1953,6
P	P5	2278,4	2307,9	2147,4	2195,5	2297,1	2346,5	2163,7	2217,4
P	P5	2255,7	2310,5	2013,5	2076,7	2294,7	2380,5	2009,9	2171,8
P	P5	2233,4	2205	2032,8	2157,3	2313,2	2350,3	2197,7	2261,9
P	P5	2258,9	2270,4	2036,8	2058,9	2360,6	2257,7	2068,1	2248,5
P	P5	2261,6	2198,6	2041	2077,2	2287,3	2344,8	2013,1	2206,6
P	P5	2256,8	2315,5	1954,9	2016,3	2350	2442,1	2076,5	2224,7
P	P5	2280,9	2271,7	2005	2061,1	2328,1	2378,5	2175,2	2286,6
P	P5	2230,5	2268,4	2019,5	2142,9	2309,2	2334,2	1983,3	2232,3
P	P5	2222,7	2253,8	1993,2	2035,3	2339,9	2390,1	2125,5	2245,4
P	P5	2275,5	2297,3	2108,9	2116,2	2271,3	2345,3	2131,7	2230,2
P	P6	1592,5	1624,9	1865,5	1678,7	1586,4	1668,4	1861,2	1783,7
P	P6	1663,7	1642,6	1900,6	1616,6	1546,6	1513	1697,2	1579,4
P	P6	1651,9	1605,4	1887,3	1665,4	1617,3	1649,7	1845,2	1712,6
P	P6	1612,6	1602,7	1860	1621,6	1602,8	1580,8	1834,8	1804,4

P	P6	1620,5	1498,8	1834,4	1692,2	1557	1633,9	1837,4	1784
P	P6	1733,4	1659,2	1931	1656,6	1543,5	1605	1859,7	1616,2
P	P6	1640,3	1630,7	1867,8	1711,1	1552,7	1627	1850	1771,1
P	P6	1593,2	1542,5	1882,3	1680,6	1541	1576,1	1846,6	1705
P	P6	1595,2	1661,8	1876,1	1668,1	1520,3	1613,1	1815,8	1586,9
P	P6	2026,8	2262,3	1793,1	1615,9	2007,3	2191,6	1726,3	1619,9
P	P6	2157,9	2202,5	2085,2	2297,1	2005,9	2168,9	2105,4	2361,1
P	P6	2218,2	2229,3	2066,9	2105,8	2008,5	2315,6	2042,6	2093,7
P	P6	2216,6	2256,3	2097,5	2111	2032,4	2235,1	2023,8	2363,2
P	P6	2181,4	2251,1	2139,3	2160,2	1933,7	2251,1	2054,7	2339,4
P	P6	2148,9	2203	2068,6	2142,5	1990,2	2230,3	2005,3	2321,7
P	P6	2120,4	2239,4	2084,1	2228,5	1886,7	2263,9	1983,7	2287
P	P6	2116,8	2235,4	2010,6	2294,5	1897,2	2276,5	1995,5	2096,2
P	P6	2043,6	2216,7	2115	2090,6	1915,6	2140,4	2005,6	2235,8
P	P6	2124,5	2135,9	2177,7	2114,6	2067,2	2216,9	1974,6	2377,4
P	P6			2126,3	2264,1			2004,6	2188,2
P	P7	1944,1	1815,5	2151,1	1915,9	1883,1	1881,6	2105,8	1984,4
P	P7	1943,7	1941,2	2118,4	1979,5	1806,6	1741,9	2060,4	1953,9
P	P7	1964,3	1946,1	2139,8	2000,7	1848,2	1857,7	2010,4	1888,8
P	P7	1939,8	1904,4	2119,8	1964,1	1842,2	1822,7	2041,6	1920,3
P	P7	1910,8	1898,5	2121	1986,4	1833,7	1869,4	2089,5	1935,2
P	P7	1928,5	1921,8	2138,7	1923,1	1904,7	2008,7	2030,2	1911,2
P	P7	1977	1927	2090,7	2043,6	1853,7	2038,1	2081,1	1851,3
P	P7	1949,9	1856,5	2115,1	1948,8	1856,1	1931,6	2029,6	1908,6
P	P7	1904,9	1910,3	2116,3	1959,7	1868,4	1863,5	2005,9	1907,9
P	P7	1881,6	1921,2	2044,2	1917,6	1810,4	1870,5	2107,2	1957
P	P7	2414,1	2632,1	2214,7	2240,1	2303,4	2470,2	2177,9	2359
P	P7	2507,2	2597,9	1944,8	2236,3	2283,7	2405,6	2224,9	2322,3
P	P7	2518,5	2495,5	2183,3	2347,6	2246,3	2401,2	2223,9	2288,5
P	P7	2457,1	2495,7	2204,3	2245,7	2364,6	2541,8	2205,2	2316,5
P	P7	2444	2440,8	2243,6	2170	2266,2	2408	2142,3	2271,9
P	P7	2422,6	2536,5	2274,2	2327,8	2234,4	2483,1	2147,5	2334,6
P	P7	2326,8	2450,6	2285,5	2362,6	2309,2	2514,3	2215,4	2329,4
P	P7	2517,4	2518,9	2302,9	2324	2234	2429	2321,8	2406,3
P	P7			2122,2	2313,3			2169,8	2440,5
P	P7			2295,9	2317,8			2100,1	2272,6
P	P8	1563,3	1604,2	1863,6	1693,7	1719,2	1729,9	1851,9	1701,8
P	P8	1555,2	1598,4	1848,1	1653,1	1589,1	1683,1	1787,6	1686,4
P	P8	1512,6	1596,2	1816,5	1714,6	1655,3	1698	1925,2	1753,4

P	P8	1589,3	1634,2	1816,5	1701,4	1618,5	1733,8	1902,7	1719,2
P	P8	1601,2	1692,9	1886,5	1687	1627,8	1668,4	1831	1700,2
P	P8	1563,4	1565,7	1856,8	1632,3	1677,6	1732,7	1882,4	1707,9
P	P8	1572,3	1621,3	1847,1	1680,2	1620,4	1653,9	1900,8	1713,9
P	P8	1589,6	1528,3	1871,6	1706,5	1687,8	1659,8	1928,3	1715,4
P	P8	1600,5	1652,5	1833,2	1614,6	1696,7	1689,3	1838,7	1700,7
P	P8	1553,4	1625,1	1866,9	1700,2	1587,6	1691,6	2064,7	2178,8
P	P8	2255	2199,7	2149,4	2174,7	2068,4	2152,1	2007,6	2166,9
P	P8	2369,1	2087,2	2155,5	2148,1	2039,7	2164,8	2100,7	2188,7
P	P8	2095,8	2142	2106,1	1946,7	2028,6	2199,4	2116	2135,2
P	P8	2033,8	2135,6	2100	2130,6	2023,2	2172,6	2122,3	2194,1
P	P8	2044	2060,7	2155,2	2169,7	2005,8	2214,3	2200,2	2147,2
P	P8	2035,8	2250,9	2186,8	2245	2052	2201,5	2110,5	2217
P	P8	2091,6	2273,2	2088,9	2129,8	2085,7	2254	2106,1	2212,8
P	P8	2451,1	2197,1	2125,5	2168	2033,2	2263	2153,1	2186,5
P	P8	2245,4	2249,5	2219,9	2239	2025,8	2163,9	2139,6	2306,7
P	P8	1985,6	2247,3	2111	2142,1	1961,2	2187,3		

APPENDICE B

DONNÉES ARTICULATOIRES

Tableau B.1: Résultats articulatoires : asymétrie et courbure (Gr. = groupe, L. = locuteur, Cons. = contexte consonantique, AS = asymétrie, CO = courbure)

Gr.	L.	Cons	AS_a_n	CO_a_n	AS_a_e	CO_a_e	AS_i_n	CO_i_n	AS_i_e	CO_i_e
C	C1	b	0,91	4,16	0,77	3,94	2,27	3,91	2,49	3,57
C	C1	b	0,92	4,47	0,99	5,04	2,01	2,59	1,6	2,22
C	C1	b	0,82	4,09	0,58	4,09	1,88	3,76	1,53	2,36
C	C1	b	0,71	4,4	0,83	4,18	1,81	2,96	2,14	3,16
C	C1	b	0,75	5,07	0,71	5,22	2	2,93	1,96	2,8
C	C1	b	1,02	4,9	0,9	5,03	1,86	2,88	2,33	2,52
C	C1	b	0,78	4,32	0,85	4,39	1,81	4,54	2,59	3,01
C	C1	b	0,7	4,53	0,71	4,25	2,28	3,98	1,43	3,64
C	C1	b	0,59	4,9	0,94	4,91	2,53	2,77	2,39	3,87
C	C1	b	0,65	4,92	0,9	5,3	2,08	2,62	2,39	2,84
C	C1	d	0,73	3,76	0,96	3,89	2,96	2,24	2,12	2,58
C	C1	d	0,75	3,99	0,8	4,42	2,2	2,31	2,34	2,43
C	C1	d	1,03	4,79	0,73	4,31	2,58	2,11	1,53	2,73
C	C1	d	0,78	4,89	0,73	4,38	1,7	2,25	2,12	2,29
C	C1	d	0,91	3,81	0,89	3,74	1,73	2,22	2,29	2,46
C	C1	d	0,86	3,98	0,88	3,74	2,13	2,37	2,2	2,38
C	C1	d	0,78	4,55	0,78	3,91	3,19	2,28	2,74	2,28
C	C1	d	0,9	4,65	0,85	4,17	2,28	2,44	2,2	2,97
C	C1	d	0,94	4,52	0,85	4,46	2,25	2,87	2,55	3,13
C	C1	d	1,28	5,12	1,31	4,18	2,64	2,75	3,39	2,71
C	C2	b	0,92	3,16	1	3,23	1,12	3,3	1,35	3,21
C	C2	b	0,61	2,9	0,71	2,63	1,3	2,72	0,94	2,78
C	C2	b	0,79	2,91	0,73	2,84	1,45	2,77	1,44	2,89
C	C2	b	0,95	2,9	1,13	2,76	0,97	2,75	1,29	2,82
C	C2	b	0,82	2,75	0,65	3,12	1,32	2,8	1,59	2,75
C	C2	b	0,85	2,85	0,78	2,9	1,07	2,84	0,5	4,78

C	C2	b	0,9	3,11	0,92	2,86	1,71	3,04	1,59	3,05
C	C2	b	0,65	2,96	0,72	3,07	1,31	3,66	2,15	3,12
C	C2	b	0,89	3	0,98	2,85	1,44	3,07	1,6	3,03
C	C2	b	0,57	3,01	1,08	3,09	1,41	3,25	1,74	3,61
C	C2	d	0,95	2,77	0,82	3,15	0,98	2,71	1,1	3,33
C	C2	d	1,2	2,7	0,87	2,68	1,01	2,69	1,24	2,54
C	C2	d	0,86	2,73	1,07	2,74	0,66	2,07	1,01	2,63
C	C2	d	0,55	2,82	0,83	2,65	0,87	2,72	1,03	2,82
C	C2	d	0,89	2,72	0,9	2,92	0,99	2,39	1,18	2,6
C	C2	d	0,85	2,86	0,6	3,01	1,37	2,46	0,85	2,68
C	C2	d	1,12	2,89	0,69	2,97	1,16	2,58	1,22	2,69
C	C2	d	0,87	2,93	0,77	3,27	0,79	2,75	1,03	2,72
C	C2	d	0,87	3,38	0,66	2,99	1,16	2,38	1,14	2,75
C	C2	d	0,86	2,95	0,83	3,26	0,83	2,73	1,24	2,94
C	C3	b	0,83	5,32	0,95	3,71	0,55	5,12	0,64	4,82
C	C3	b	0,61	4,91	0,73	5,52	0,58	4,59	0,82	4,18
C	C3	b	0,69	6,34	0,74	5,35	0,58	4,38	0,9	5,34
C	C3	b	0,76	6,31	0,54	5,85	0,5	4,13	0,65	4,29
C	C3	b	0,75	4,31	0,69	4,77	0,76	3,33	0,8	4,3
C	C3	b	0,67	5,92	0,82	5,86	0,66	4,15	0,78	4,57
C	C3	b	0,85	5,58	0,78	4,82	0,89	4,01	0,74	3,52
C	C3	b	0,84	4,04	0,88	4,19	0,9	4,72	0,98	3,94
C	C3	b	0,68	4,88	0,7	4,51	0,61	3,84	0,74	3,55
C	C3	d	0,71	5,31	0,6	5,54	0,78	3,76	0,52	5,2
C	C3	d	1,2	5,8	0,87	5,09	0,68	4,04	0,71	4,4
C	C3	d	0,63	5,75	0,74	5,09	0,66	4,33	1,24	4,26
C	C3	d	0,52	5,62	0,8	6,11	0,61	4,25	0,61	4,06
C	C3	d	0,8	4,66	0,72	5,87	0,73	5,39	0,93	4,67
C	C3	d	0,88	5,18	0,99	5,75	0,68	4,5	0,86	4,47
C	C3	d	0,77	4,76	0,78	4,47	0,61	4,68	0,62	4,2
C	C3	d	0,81	4,6	0,61	6,32	0,59	5,93	0,71	6,94
C	C3	d	0,59	5,58	0,92	5,66	0,65	4,48	0,54	4,16
C	C3	d	0,6	5,38	0,82	5,17	0,65	4,24	0,66	3,74
C	C4	b	1,11	2,07	0,87	2,44	1,23	1,81	1,21	1,92
C	C4	b	0,83	2,36	1	2,2	1,49	1,7	1,57	1,62
C	C4	b	0,95	2,35	0,99	2,48	1,54	1,89	1,8	1,92
C	C4	b	1,12	2,33	0,52	2,58	1,3	1,86	1,23	1,83
C	C4	b	0,81	2,49	0,82	2,55	1,42	1,91	1,62	2,01
C	C4	b	0,81	2,46	0,6	2,6	1,34	1,86	1,52	1,85
C	C4	b	0,9	2,24	0,52	2,45	1,23	1,76	1,19	1,79
C	C4	b	0,64	2,82	0,62	2,26	1,47	1,76	1,67	1,83
C	C4	b	0,68	2,26	0,5	2,56	1,74	1,77	1,45	1,78
C	C4	b					1,71	1,9	1,42	1,86
C	C4	d	0,52	2,18	0,76	2,07	0,73	2,36	0,9	2,98
C	C4	d	0,83	2,23	0,66	2,73	0,68	2,26	0,96	2,08

C	C4	d	0,6	2,47	0,97	2,59	1,06	2,18	0,87	2,23
C	C4	d	0,76	2,51	0,66	2,24	0,92	2,2	0,74	2,38
C	C4	d	0,64	2,35	0,82	2,58	1,38	2,08	0,87	2,26
C	C4	d	0,81	2,26	0,72	2,18	0,93	2,21	1,02	2,14
C	C4	d	0,82	2,42	0,81	2,5	0,91	1,95	0,78	2,13
C	C4	d	0,84	2,48	0,88	2,39	1,14	2,15	0,75	2,41
C	C4	d	0,72	2,47	0,82	2,34	0,98	2,38	0,85	2,37
C	C5	b	0,43	5,56	0,33	5,77	2,13	2,69	2,77	2,52
C	C5	b	1,23	5,2	0,4	4,55	1,75	2,28	3,65	2,88
C	C5	b	0,36	4,89	0,32	5,02	2,16	2,3	2,3	2,42
C	C5	b	0,35	4,13	0,46	4,85	2,75	2,47	2,04	2,49
C	C5	b	0,83	5,17	0,35	5,6	2,31	2,31	1,85	2,36
C	C5	b	0,44	4,35	0,42	5,19	2,1	2,5	2,15	2,54
C	C5	b	0,86	4,9	0,27	4,98	1,92	2,5	2,28	2,62
C	C5	b	0,88	4,64	0,39	5,21	2,92	2,88	3,15	2,76
C	C5	b	0,91	5,04	0,4	5,66	2,39	2,49	2,89	2,71
C	C5	b	0,53	4,93	0,45	5,84	2,18	2,71	2,81	2,69
C	C5	d	0,83	5,12	0,35	5,14	1,7	2,64	2,33	2,71
C	C5	d	1,06	4,69	0,45	4,44	2,06	2,32	2,24	2,23
C	C5	d	0,81	4,55	0,44	4,77	1,91	2,24	2,58	2,44
C	C5	d	0,69	4,51	0,81	4,55	1,77	2,31	1,57	2,33
C	C5	d	0,71	4,38	0,36	5,02	1,71	2,34	1,93	2,53
C	C5	d	0,91	4,35	0,86	5,13	1,71	2,54	1,91	2,31
C	C5	d	1,12	4,98	0,44	5,76	1,77	2,92	2,49	2,39
C	C5	d	0,82	4,75	0,43	4,73	1,93	2,46	2,19	2,56
C	C5	d	0,55	4,66	0,48	4,76	1,77	2,51	2,79	2,65
C	C5	d	0,73	4,46	0,38	5,29	1,32	2,67	2,03	2,68
C	C6	b	1,14	3,53	1,34	3,16	2,75	2,83	2,86	2,58
C	C6	b	1,38	3,54	1,62	3,06	1,97	1,82	2,15	1,85
C	C6	b	1,2	2,74	1,05	2,61	1,61	2,15	2,61	2,06
C	C6	b	1,19	3,32	1,22	2,74	2,53	1,93	2,4	1,97
C	C6	b	1,52	3,3	1,02	2,93	2,56	2,46	2,41	2,46
C	C6	b	1,11	2,95	1,12	2,88	1,89	2,21	3,08	1,81
C	C6	b	1,13	2,88	1,05	2,88	2,64	2,18	4,69	2
C	C6	b	1,34	2,78	1,2	2,78	1,71	2,82	2,05	2,16
C	C6	b	1,13	3,48	1,61	2,91	3,24	3,16	2,26	2,3
C	C6	b	1,01	3,16	1,45	3,87	2,46	2,91	2,89	2,78
C	C6	d	1,22	3,67	1,07	3,57	2,81	2,82	3,4	2,91
C	C6	d	1,63	3,73	1,2	3,42	2,03	2,07	1,31	3,28
C	C6	d	0,89	3,33	0,88	3,51	2,29	2,06	1,9	2,34
C	C6	d	1,16	3,35	0,92	3,22	1,76	2,26	1,76	2,24
C	C6	d	0,87	3,78	0,97	3,77	2,9	2,19	2,2	2,13
C	C6	d	1,03	3,45	1,02	3,5	3,38	2,22	2,48	2,02
C	C6	d	1,04	3,78	0,88	3,31	2,28	2,23	2,32	2,2
C	C6	d	1,32	3,81	1,01	3,41	3,03	2,27	1,63	2,12

C	C6	d	1,26	3,63	0,78	3,71	2,41	2,18	3,23	2,73
C	C6	d	1,28	3,34	1,22	3,42	3,1	2,6	3,89	2,63
C	C7	b	0,62	3,68	0,49	3,4	1,12	2,86	1,83	2,7
C	C7	b	0,57	3,53	0,52	4,1	1,63	3,05	1,18	3,44
C	C7	b	0,5	3,74	0,77	3,77	1,71	2,9	1,47	2,96
C	C7	b	0,58	3,71	0,6	3,65	1,63	3	1,78	2,91
C	C7	b	0,53	4,05	0,47	3,99	1,39	2,99	1,43	3,04
C	C7	b	0,54	4	0,7	4,07	1,6	2,85	1,61	2,79
C	C7	b	0,46	3,78	0,7	4,12	1,89	2,57	1,59	2,81
C	C7	b	0,54	3,83	0,69	3,58	1,22	2,97	1,33	3,11
C	C7	b	0,53	4,2	0,66	3,92	1,46	2,6	1,44	2,68
C	C7	b	0,54	3,54	0,77	3,47	1,12	2,68	1,75	2,59
C	C7	d	0,39	3,87	0,42	3,71	0,93	2,83	2,44	3,94
C	C7	d	0,58	4,04	0,43	4,07	1,16	2,87	1,35	3,08
C	C7	d	0,45	4,02	0,49	4,34	1,12	3,4	1,54	3,73
C	C7	d	0,84	5,86	0,45	4,26	1,33	3,34	0,97	3,1
C	C7	d	0,42	4,18	0,44	4,46	0,98	3,14	1,32	3,21
C	C7	d	0,38	4,65	0,66	3,68	1,05	2,97	1,41	3,09
C	C7	d	0,61	4,14	0,57	4,14	1,34	2,85	1,08	2,94
C	C7	d	0,53	3,84	0,53	3,85	1,53	3,62	0,91	2,95
C	C7	d	0,63	3,8	0,68	3,78	1,44	3,51	1,43	3,17
C	C7	d	0,66	3,72	0,36	3,87	1,96	3,32	1,23	2,92
C	C8	b	0,78	3,03	0,7	3,06	1,89	2,08	1,66	2,31
C	C8	b	0,72	3,73	0,73	2,78	1,46	1,61	1,43	1,77
C	C8	b	0,63	2,58	0,63	2,57	0,77	1,84	1,74	2,04
C	C8	b	0,73	3,55	0,92	3,53	1,24	1,77	1,93	2,06
C	C8	b	1,09	3,6	0,75	3,82	1,22	1,92	1,26	2,21
C	C8	b	1	3,57	0,77	2,9	1,57	2,17	0,98	2,72
C	C8	b	1,09	3,61	0,6	3,67	1,02	3,02	1,5	2,67
C	C8	b	0,85	3,69	0,74	4,09	0,86	2,77	1,1	2,57
C	C8	b	0,68	4,35	1,01	4,22	1,1	2,72	0,92	2,8
C	C8	b					1,26	2,73	1,25	4,09
C	C8	d	0,76	3,89	0,71	4,1	1,66	2,11	1,58	2,06
C	C8	d	0,53	3,43	0,71	3,46	1,15	2,95	1,3	1,93
C	C8	d	0,72	3,16	0,72	2,65	2,11	1,88	1,06	2
C	C8	d	0,75	3,03	0,89	2,94	1,12	2,9	0,83	2,45
C	C8	d	0,72	3,3	0,93	3,18	0,76	3,17	1,13	2,22
C	C8	d	0,72	4,17	0,91	3,84	0,81	3,06	0,92	3,13
C	C8	d	0,85	3,87	0,9	3,97	0,82	2,81	1,33	2,72
C	C8	d	0,87	4,19	1,11	4,17	1,33	2,72	1,26	3
C	C8	d	0,75	4,01	0,91	4,31	1,01	3,27	1,24	3,21
C	C8	d	0,79	3,98	0,81	4,14	2,35	2,17	2,61	2,08
P	P1	b	0,92	5,82	0,78	6,12	1,47	2,91	1,5	2,54
P	P1	b	1,35	5,59	1,07	4,14	1,33	2,78	1,61	2,91
P	P1	b	1,45	4,54	1,81	5,15	1,19	3,26	1,65	3,17

P	P1	b	0,52	4,92	1,48	5,63	1,51	3,08	1,66	3,07
P	P1	b	1,79	5,16	1,26	6,29	1,41	3,19	1,11	2,86
P	P1	b	1,34	5,23	0,83	4,29	1,65	2,91	1,12	2,62
P	P1	b	1,7	5,29	1,6	5,14	1,16	2,84	1,94	3,04
P	P1	b	1,68	4,17	2,15	4,35	1,67	2,93	1,16	2,84
P	P1	b	1,26	5,22	1,94	5,62	1,21	2,95	1,16	2,36
P	P1	b	0,9	5,08	0,79	5,35	1,2	2,52	1,34	2,56
P	P1	d	0,52	4,9	0,98	5,11	1,66	3,4	1,48	2,98
P	P1	d	1,66	4,16	1,6	3,78	1,4	2,84	1,33	2,73
P	P1	d	1,94	7,12	1,26	7,59	1,23	2,8	0,99	2,69
P	P1	d	0,51	6,67	0,91	5,89	1,13	2,98	1,33	2,38
P	P1	d	1,07	6,08	0,46	5,89	1,23	2,66	0,99	2,7
P	P1	d	1,21	4,82	1,3	4,62	1,03	2,3	1,63	2,61
P	P1	d	1,36	4,31	1,37	5,11	1,06	2,67	1,26	2,72
P	P1	d	1,7	4,71	1,6	3,91	1,74	2,87	1,33	2,77
P	P1	d	0,95	4,47	0,37	5,8	1,32	3,03	1,8	2,82
P	P2	b	0,96	3,26	0,62	3,31	0,83	2,74	0,83	2,51
P	P2	b	0,57	3,3	0,58	3,45	0,9	2,67	0,87	2,52
P	P2	b	0,77	3,34	0,62	3,29	0,86	2,45	0,8	2,42
P	P2	b	0,64	3,27	0,68	3,33	0,68	2,64	0,63	2,7
P	P2	b	0,64	3,15	0,51	3,47	0,8	2,68	0,73	2,56
P	P2	b	0,53	3,46	0,56	3,38	0,82	2,73	0,79	2,5
P	P2	b	0,59	3,27	0,49	3,52	0,92	2,54	0,73	2,44
P	P2	b					0,7	2,47	0,82	2,48
P	P2	b					0,93	2,58	1,11	2,41
P	P2	b					0,88	2,67	0,97	2,43
P	P2	d	0,71	3,2	0,54	3,75	0,51	3,26	0,53	3,54
P	P2	d	0,6	3,19	0,6	3,24	0,59	3,17	0,58	2,77
P	P2	d	0,63	3,41	0,57	3,67	0,57	2,95	0,6	2,66
P	P2	d	0,49	3,55	0,56	3,27	0,53	3,1	0,66	2,89
P	P2	d	0,64	3,11	0,65	3,26	0,65	3,27	0,63	2,99
P	P2	d	0,51	3,33	0,48	3,45	0,75	2,92	0,59	2,76
P	P2	d	0,54	3,13	0,54	3,39	0,63	3,14	0,57	2,74
P	P2	d	0,57	2,87	0,54	3,44	0,62	2,94	0,72	2,68
P	P2	d	0,55	3,41	0,5	3,41	0,61	2,95	0,68	2,64
P	P2	d	0,61	3,38	0,53	3,67	0,66	3,05	0,61	3,14
P	P3	b	0,53	5	0,45	5,34	1,37	4,88	0,74	3,63
P	P3	b	0,59	3,58	0,52	4,27	1,13	4,92	1,05	4,75
P	P3	b	0,64	4,13	0,73	5,99	2,01	4,51	3,04	5,37
P	P3	b	0,76	5,03	0,97	4,21	1,29	5,7	1,53	4,63
P	P3	b	0,66	6,12	0,48	6,18	0,85	4,38	1,36	3,61
P	P3	b	0,64	6,33	0,55	4,51	1,4	4,49	0,98	3,7
P	P3	b	0,62	3,97	0,51	3,59	1,61	4,53	1,56	6,07
P	P3	b	0,54	5,75	0,6	6,37	1,17	4,46	1,13	4,43
P	P3	b	0,57	3,97	0,56	4,22	0,88	3,5	0,94	3,98

P	P3	d	0,71	7,97	1,01	5,82	1,26	4,12	1,72	4,09
P	P3	d	0,59	5,24	0,74	3,6	1,37	5,24	1,51	3,64
P	P3	d	0,44	5,74	0,45	5,98	0,76	6,15	0,55	3,25
P	P3	d	0,7	6,65	0,85	8,09	0,82	3,77	0,98	4,47
P	P3	d	0,68	6,74	0,7	5,05	0,58	4,24	1,4	4,68
P	P3	d	1,01	6,95	1,02	3,95	0,8	3,84	1,51	5,71
P	P3	d	0,9	4,23	1,51	7,38	0,69	3,88	0,85	3,42
P	P3	d	0,89	4,12	0,6	3,88	0,7	3,78	1,21	4,18
P	P3	d	0,74	3,98	0,53	4,52	0,92	3,58	0,89	4,24
P	P3	d					0,81	3,91	1,16	3,48
P	P4	b	0,93	4,32	1,23	4,25	1,54	4,22	1,61	4,63
P	P4	b	1,08	5,07	1,43	3,99	1,53	3,36	1,55	4,15
P	P4	b	1,12	4,14	1,36	4,05	1,93	4,96	2,37	4,28
P	P4	b	1,23	4,07	0,57	4,81	1,35	3,91	2,09	4,54
P	P4	b	1,27	4,13	1,04	4,85	2,95	4,65	1,38	4,4
P	P4	b	1	5,63	1,01	5	2,16	3,84	1,87	4,06
P	P4	b	1,6	5,22	1,43	5,3	2,26	4,04	1,84	3,74
P	P4	b	1,88	5,94	0,98	4,34	2,46	4,38	2,58	4,03
P	P4	d	0,98	5,15	1,89	5,87	1,93	5,07	0,9	5,92
P	P4	d	1,84	5,27	1,49	5,43	1,36	4,31	1,56	4,47
P	P4	d	1,47	6,14	1,29	5,25	3,19	5,94	1,19	6,51
P	P4	d	0,97	4,68	1,04	4,95	1,4	4,88	1,27	4,88
P	P4	d	0,89	6,04	1,75	6,61	2,4	4,79	1,43	4,3
P	P4	d	1,24	4,78	1,4	4,72	1,04	4,22	1,11	3,93
P	P4	d	1,17	4,74	1,02	4,34	1,21	5,22	1,11	4,63
P	P4	d	1,98	5,03	1,01	5,36	1,35	4,06	1,53	4,23
P	P4	d	1,73	5,99	1,43	4,82	1,32	4,25	1,5	4,9
P	P4	d	1,55	6,24	1,99	5,96	2,62	3,54	1,31	3,67
P	P4	d	1,99	5,71	1,56	5,47	1,52	3,63	1,27	4,16
P	P4	d	1,97	5,67	1,41	6,04				
P	P5	b	1,24	6,78	0,72	6,27	1,54	4,72	2,12	4,81
P	P5	b	0,77	5,85	1,11	6,98	2,24	6,79	1,98	6,51
P	P5	b	0,93	7,21	0,91	5,36	1,34	4,95	1,81	6,25
P	P5	b	0,93	6,74	0,92	7,08	3,24	5,69	1,75	6,01
P	P5	b	0,92	7,3	0,74	5,82	1,46	4,62	1,22	4,1
P	P5	b	0,82	7,82	1,07	7,33	2,16	4,98	2,71	5,43
P	P5	b	1,4	6,19	0,87	6,91	1,83	4,91	2,03	5,53
P	P5	b	1,11	6,72	0,73	7,4	1,81	4,09	1,69	4,87
P	P5	b	0,98	6,49	1,1	7,43	1,19	5,01	2,02	6,14
P	P5	b	1,01	7,52	0,5	6,58	2,63	5,94	1,82	5,15
P	P5	d	0,66	8,77	0,81	8,8	1,03	5,31	1,49	5,35
P	P5	d	0,82	7,97	0,96	11,99	1,98	5,12	1,21	5,68
P	P5	d	0,96	9,66	0,66	9,45	1,03	5,21	1,05	8,9
P	P5	d	1,15	7,29	0,79	7,82	1,13	5,1	1,57	5,26
P	P5	d	0,65	8,03	0,33	7,07	1,36	5,08	0,95	4,87

P	P5	d	1,35	10,13	0,58	10	1,02	5,98	1,32	5,6
P	P5	d	0,85	7,48	0,56	7,57	0,79	6,14	1,29	6,56
P	P5	d	0,39	7,5	0,55	9,18	0,8	5,44	1,01	5,28
P	P5	d	1,01	8,81	0,34	8,08	1,27	6,48	1,04	5,36
P	P5	d	0,96	8,2	0,74	8,78	1,42	5,7	1,37	5,38
P	P6	b	0,43	6,04	0,3	5,1	0,65	2,65	0,74	2,83
P	P6	b	0,23	5,04	0,31	4,65	0,57	3,4	0,66	2,51
P	P6	b	0,45	5,67	0,23	6,16	0,51	3,2	0,63	2,51
P	P6	b	0,26	5,18	0,28	5,13	0,68	2,94	0,43	2,87
P	P6	b	0,34	4,72	0,23	5,35	0,56	2,96	0,82	2,74
P	P6	b	0,47	5,53	0,38	5,88	0,66	3,17	0,96	2,89
P	P6	b	0,48	5,62	0,37	5,24	0,74	2,75	0,86	2,84
P	P6	b	0,49	6,18	0,43	5,44	0,74	2,61	0,8	2,72
P	P6	b	0,4	4,75	0,43	5,3	0,81	3	0,65	2,81
P	P6	d	0,56	6,1	0,3	5,83	0,49	3,4	0,48	2,71
P	P6	d	0,55	4,06	0,46	3,38	0,6	2,7	0,66	2,7
P	P6	d	0,33	4,23	0,5	4,34	0,61	3,26	0,78	2,82
P	P6	d	0,33	4,96	0,41	3,68	0,59	2,88	0,64	2,77
P	P6	d	0,52	5,44	0,43	5,45	0,47	3,11	0,54	2,76
P	P6	d	0,54	5,89	0,45	4,91	0,56	3,13	0,53	2,68
P	P6	d	0,33	4,37	0,35	4,14	0,57	2,84	0,65	2,75
P	P6	d	0,33	5,19	0,38	4,67	0,59	2,64	0,65	2,72
P	P6	d	0,41	5,47	0,35	5,38	0,57	3,21	0,56	2,53
P	P6	d	0,46	5,82	0,38	5,25	0,49	2,92	0,58	2,6
P	P7	b	0,59	3,15	0,75	3,11	1,78	2,69	1,16	2,55
P	P7	b	0,82	3,02	0,7	3,58	0,76	2,93	0,95	2,95
P	P7	b	0,68	3,26	0,74	2,97	0,76	3,23	1,04	3,97
P	P7	b	0,9	3,46	0,87	2,82	1,49	3,14	1,05	3,13
P	P7	b	0,81	4,71	0,6	3,32	1,11	3,28	1,3	3,02
P	P7	b	0,84	3,77	0,63	3,22	1,09	3,51	1	3,01
P	P7	b	0,62	2,88	1	4,25	1,29	2,45	1,06	2,64
P	P7	b	0,63	4,02	0,87	3,81	0,71	2,67	0,87	3,19
P	P7	b	0,83	3,69	1,06	3,87	1,32	3,73	0,79	2,73
P	P7	b	0,85	3,22	0,91	3,63	0,71	2,66	1,04	2,82
P	P7	d	0,75	3,25	0,85	3,1	0,63	2,79	1,15	4,23
P	P7	d	0,77	2,93	1,15	1,93	1,16	2,75	1,02	2,79
P	P7	d	0,66	2,97	0,54	3,93	0,68	3,08	0,94	2,4
P	P7	d	0,61	2,1	0,79	2,14	2,03	2,64	1,2	2,66
P	P7	d	0,86	3,53	1,06	3,88	1,38	2,86	1,04	2,74
P	P7	d	0,66	3,34	1,11	3,3	0,94	3,01	0,82	2,45
P	P7	d	1,55	3,52	0,66	3,25				
P	P7	d	0,89	2,37	0,92	3,86				
P	P7	d	1,04	2,74	0,88	3,49				
P	P8	b	0,65	5,75	0,51	5,31	0,66	2,79	0,89	3,15
P	P8	b	0,79	5,21	0,61	4,73	0,83	3,05	1,01	2,88

P	P8	b	0,7	4,49	0,56	4,93	1,01	3,13	0,88	2,76
P	P8	b	0,62	4,84	0,67	4,72	0,91	2,73	1,02	2,9
P	P8	b	0,64	4,85	0,56	4,88	0,67	3,31	0,96	2,98
P	P8	b	0,65	5,23	0,6	5,11	1	3,11	0,91	2,8
P	P8	b	0,59	5,11	0,62	4,6	1,15	2,7	0,91	2,95
P	P8	b	0,61	5,45	0,64	5,32	0,94	2,73	1,29	2,73
P	P8	b	0,63	5,78	0,48	5,25	0,88	2,88	1,27	3
P	P8	b	0,68	5,29	0,74	4,79	0,95	2,78	0,96	2,84
P	P8	d	0,62	6,81	0,66	5,16	1,14	3,56	1,17	3,14
P	P8	d	0,63	5,85	0,61	5,3	0,82	3,23	0,91	3,02
P	P8	d	0,46	5,13	0,63	5,31	0,76	4,08	1,02	3,08
P	P8	d	0,63	5,26	0,55	5,6	0,89	3	1,01	3,21
P	P8	d	0,65	5,41	0,63	5,26	0,95	4,19	1	3,22
P	P8	d	0,57	5,56	0,57	5,76	1,32	3,21	0,74	3,1
P	P8	d	0,57	5,95	0,62	5,6	0,68	3,27	1,12	3,31
P	P8	d	0,71	6,59	0,54	5,76	1,3	4,17	0,9	3,06
P	P8	d	0,55	5,37	0,6	5,75	0,79	3,57	0,89	3,08
P	P8	d	0,89	3,62	0,57	5,57	0,9	3,07	1,23	3,04

Tableau B.2: Résultats articulatoires: angles (Gr = groupe, L. = locuteur, Voy. = voyelle, Cons. = consonne, Cond. = condition)

Gr.	L.	Voy.	Cons.	Cond.	Angle_A	Angle_B	Angle_C
C	C1	a	b	n	26,72	24,71	128,57
C	C1	a	b	n	25,06	23,22	131,71
C	C1	a	b	n	28,53	24	127,47
C	C1	a	b	n	28,69	21,22	130,1
C	C1	a	b	n	24,63	19,07	136,31
C	C1	a	b	n	22,04	22,34	135,63
C	C1	a	b	n	27,85	22,4	129,75
C	C1	a	b	n	28,22	20,58	131,19
C	C1	a	b	n	28,86	17,94	133,21
C	C1	a	b	n	27,34	18,49	134,17
C	C1	a	b	n	30,27	24,21	125,52
C	C1	a	b	e	21,74	21,57	136,69
C	C1	a	b	e	33,68	21,09	125,23
C	C1	a	b	e	27,86	23,65	128,49
C	C1	a	b	e	24,72	18,16	137,12
C	C1	a	b	e	22,71	20,7	136,58
C	C1	a	b	e	26,34	22,85	130,82
C	C1	a	b	e	29,56	21,94	128,5
C	C1	a	b	e	22,81	21,59	135,6

C	C1	a	b	e	21,68	19,76	138,55
C	C1	i	b	e	21,42	44,35	114,23
C	C1	i	b	n	20,23	39,88	119,88
C	C1	i	b	n	35,07	47,01	97,92
C	C1	i	b	n	24,91	44,78	110,31
C	C1	i	b	n	28,32	46,6	105,07
C	C1	i	b	n	29,54	52,8	97,66
C	C1	i	b	n	24,72	50	105,28
C	C1	i	b	n	25,06	33,7	121,24
C	C1	i	b	n	20,12	41,22	118,66
C	C1	i	b	n	26,52	50,07	103,41
C	C1	i	b	n	29,49	49,68	100,82
C	C1	i	b	e	36,26	49,54	94,2
C	C1	i	b	e	30,07	49,36	100,57
C	C1	i	b	e	22,18	37,4	120,41
C	C1	i	b	e	27,65	43,47	108,88
C	C1	i	b	e	27,1	45,7	107,21
C	C1	i	b	e	28,1	44,85	107,06
C	C1	i	b	e	18,86	31,78	129,36
C	C1	i	b	e	19,88	39,47	120,64
C	C1	i	b	e	26,74	51,93	101,33
C	C1	i	b	e	26,52	50,07	103,41
C	C1	a	d	n	32,15	24,77	123,08
C	C1	a	d	n	30,28	23,68	126,04
C	C1	a	d	n	22,34	23	134,65
C	C1	a	d	n	24,99	20,03	134,98
C	C1	a	d	n	28,83	26,59	124,57
C	C1	a	d	n	28,46	25,05	126,49
C	C1	a	d	n	26,68	21,32	132,01
C	C1	a	d	n	24,4	22,27	133,32
C	C1	a	d	n	24,59	23,18	132,23
C	C1	a	d	n	19,17	23,99	136,84
C	C1	a	d	n	30,9	60,53	268,57
C	C1	a	d	e	27,61	26,76	125,63
C	C1	a	d	e	26,93	22,2	130,88
C	C1	a	d	e	28,75	21,92	129,33
C	C1	a	d	e	28,33	21,6	130,07
C	C1	a	d	e	29,54	26,8	123,67
C	C1	a	d	e	29,66	26,74	123,61
C	C1	a	d	e	30,37	24,43	125,2
C	C1	a	d	e	27,61	23,87	128,52

C	C1	a	d	e	26,05	22,47	131,48
C	C1	a	d	e	22,82	28,95	128,23
C	C1	i	d	n	32,21	54,21	93,58
C	C1	i	d	n	33,38	59,52	267,09
C	C1	i	d	n	35,18	50,18	94,64
C	C1	i	d	n	35,41	50,88	93,71
C	C1	i	d	n	31,84	52,85	95,32
C	C1	i	d	n	29,89	61,43	268,68
C	C1	i	d	n	30,55	53,37	96,08
C	C1	i	d	n	26,72	48,59	104,69
C	C1	i	d	n	26,63	52,93	100,45
C	C1	i	d	e	29,75	50,43	99,81
C	C1	i	d	e	30,38	53,93	95,7
C	C1	i	d	e	31,2	42,77	106,03
C	C1	i	d	e	32,78	53,74	93,48
C	C1	i	d	e	30,25	53,14	96,61
C	C1	i	d	e	31,43	53,4	95,17
C	C1	i	d	e	30,96	58,66	90,38
C	C1	i	d	e	26,08	47,06	106,85
C	C1	i	d	e	23,96	48,57	107,47
C	C1	i	d	e	25,51	58,26	96,24
C	C2	a	b	n	33,4	31,27	115,33
C	C2	a	b	n	42,22	29,12	108,66
C	C2	a	b	n	38	31,61	110,4
C	C2	a	b	n	35,25	33,93	110,82
C	C2	a	b	n	38,85	33,46	107,69
C	C2	a	b	n	37,48	32,96	109,57
C	C2	a	b	n	34,2	31,35	114,45
C	C2	a	b	n	40,64	29,11	110,25
C	C2	a	b	n	35,23	32,23	112,54
C	C2	a	b	n	42,37	27,61	110,02
C	C2	a	b	e	31,76	31,75	116,48
C	C2	a	b	e	42,39	33,11	104,5
C	C2	a	b	e	39,86	31,39	108,75
C	C2	a	b	e	34,27	37,68	108,05
C	C2	a	b	e	39,2	27,78	113,01
C	C2	a	b	e	38,25	31,56	110,19
C	C2	a	b	e	36,1	33,94	109,96
C	C2	a	b	e	37,88	29,23	112,88
C	C2	a	b	e	35,38	34,74	109,88
C	C2	a	b	e	31,98	33,87	114,15

C	C2	i	b	n	29,81	32,7	117,49
C	C2	i	b	n	33,08	40,24	106,68
C	C2	i	b	n	31,41	41,45	107,14
C	C2	i	b	n	36,4	35,6	107,99
C	C2	i	b	n	32,17	39,69	108,14
C	C2	i	b	n	34,17	36,09	109,74
C	C2	i	b	n	27,51	41,77	110,72
C	C2	i	b	n	25,74	32,32	121,94
C	C2	i	b	n	28,94	38,5	112,56
C	C2	i	b	n	27,71	36,54	115,75
C	C2	i	b	e	28,48	36,15	115,36
C	C2	i	b	e	36,61	34,99	108,41
C	C2	i	b	e	30,37	40,24	109,39
C	C2	i	b	e	32,19	39,09	108,72
C	C2	i	b	e	30,66	43,35	105,98
C	C2	i	b	e	32,03	17,46	130,51
C	C2	i	b	e	28,13	40,39	111,48
C	C2	i	b	e	25,13	45,27	109,6
C	C2	i	b	e	28,22	40,58	111,2
C	C2	i	b	e	23,56	37,14	119,3
C	C2	a	d	n	36,51	35,24	108,25
C	C2	a	d	n	34,11	39,15	106,74
C	C2	a	d	n	38,43	34,26	107,31
C	C2	a	d	n	44,9	28,88	106,22
C	C2	a	d	n	37,96	34,75	107,29
C	C2	a	d	n	37,34	32,88	109,78
C	C2	a	d	n	33,24	36,21	110,55
C	C2	a	d	n	36,25	32,48	111,27
C	C2	a	d	n	32,48	28,96	118,56
C	C2	a	d	n	36,26	32,28	111,46
C	C2	a	d	e	35,14	30,04	114,81
C	C2	a	d	e	38,7	34,96	106,34
C	C2	a	d	e	35,22	37,03	107,75
C	C2	a	d	e	39,81	34,58	105,61
C	C2	a	d	e	35,95	33,04	111,01
C	C2	a	d	e	41,64	27,92	110,45
C	C2	a	d	e	39,46	29,66	110,88
C	C2	a	d	e	35,09	28,41	116,49
C	C2	a	d	e	40,1	29,07	110,83
C	C2	a	d	e	34,1	29,25	116,65
C	C2	i	d	n	36,73	36,22	107,05

C	C2	i	d	n	36,5	36,67	106,83
C	C2	i	d	n	50,62	38,61	90,76
C	C2	i	d	n	38,26	34,49	107,25
C	C2	i	d	n	40,06	39,82	100,12
C	C2	i	d	n	35,18	43,95	100,87
C	C2	i	d	n	35,78	39,99	104,23
C	C2	i	d	n	39,46	33,03	107,51
C	C2	i	d	n	38,04	42,14	99,81
C	C2	i	d	n	38,97	33,74	107,28
C	C2	i	d	e	29,88	32,22	117,9
C	C2	i	d	e	35,43	41,47	103,1
C	C2	i	d	e	37,07	37,45	105,48
C	C2	i	d	e	34,98	35,79	109,22
C	C2	i	d	e	35,33	40,03	104,64
C	C2	i	d	e	39,16	34,55	106,29
C	C2	i	d	e	34,08	39,51	106,41
C	C2	i	d	e	36	36,76	107,24
C	C2	i	d	e	34,26	37,87	107,87
C	C2	i	d	e	31,55	37,35	111,1
C	C3	a	b	n	22,55	18,94	138,51
C	C3	a	b	n	28,31	18,12	133,58
C	C3	a	b	n	21,04	14,95	144,01
C	C3	a	b	n	20,12	15,6	144,28
C	C3	a	b	n	28,37	22,11	129,52
C	C3	a	b	n	22,88	15,73	141,39
C	C3	a	b	n	21,32	18,36	140,32
C	C3	a	b	n	28,46	24,54	127
C	C3	a	b	n	26,83	18,99	134,18
C	C3	a	b	e	28,97	27,75	123,27
C	C3	a	b	e	23,19	17,43	139,38
C	C3	a	b	e	23,64	18,05	138,31
C	C3	a	b	e	26,1	14,71	139,19
C	C3	a	b	e	27,27	19,48	133,25
C	C3	a	b	e	20,76	17,23	142,01
C	C3	a	b	e	25,35	20,24	134,41
C	C3	a	b	e	26,99	24,16	128,85
C	C3	a	b	e	28,32	20,65	131,03
C	C3	i	b	n	28,88	16,84	134,28
C	C3	i	b	n	30,54	19,03	130,43
C	C3	i	b	n	31,77	19,85	128,38
C	C3	i	b	n	36,03	19,93	124,04

C	C3	i	b	n	34,92	27,8	117,27
C	C3	i	b	n	31,22	21,78	127
C	C3	i	b	n	27,94	25,23	126,83
C	C3	i	b	n	24,11	21,93	133,96
C	C3	i	b	n	34,55	22,75	122,69
C	C3	i	b	e	28,07	18,76	133,16
C	C3	i	b	e	27,95	23,58	128,47
C	C3	i	b	e	21,57	19,56	138,87
C	C3	i	b	e	30,55	21,06	128,39
C	C3	i	b	e	27,57	22,71	129,72
C	C3	i	b	e	33,8	26,23	119,97
C	C3	i	b	e	27,18	26,61	126,2
C	C3	i	b	e	33,4	26,14	120,46
C	C3	a	d	n	24,36	17,89	137,75
C	C3	a	d	n	17,56	20,73	141,71
C	C3	a	d	n	24,29	15,82	139,89
C	C3	a	d	n	27,38	15,16	137,46
C	C3	a	d	n	25,84	21,06	133,1
C	C3	a	d	n	22,45	19,88	137,66
C	C3	a	d	n	25,86	20,37	133,76
C	C3	a	d	n	25,86	21,48	132,66
C	C3	a	d	n	19,5	15,29	145,21
C	C3	a	d	n	25,67	15,95	138,38
C	C3	a	d	n	26,26	16,61	137,13
C	C3	a	d	e	25,73	16,11	138,17
C	C3	a	d	e	22,92	20,16	136,92
C	C3	a	d	e	24,73	18,94	136,34
C	C3	a	d	e	20,24	16,38	143,38
C	C3	a	d	e	22,22	16,31	141,47
C	C3	a	d	e	19,25	19,12	141,62
C	C3	a	d	e	27,05	21,69	131,26
C	C3	a	d	e	22,6	14,32	143,08
C	C3	a	d	e	20,26	18,75	140,99
C	C3	a	d	e	26	20,02	133,98
C	C3	a	d	e	23,26	19,38	137,36
C	C3	i	d	n	31,32	25,28	123,4
C	C3	i	d	n	31,43	22,56	126,01
C	C3	i	d	n	30,14	20,95	128,91
C	C3	i	d	n	31,94	20,73	127,33
C	C3	i	d	n	23,73	17,8	138,47
C	C3	i	d	n	28,7	20,52	130,78

C	C3	i	d	n	29,29	19,02	131,69
C	C3	i	d	n	24,35	15,03	140,62
C	C3	i	d	n	29,42	20,25	130,33
C	C3	i	d	n	30,88	21,27	127,86
C	C3	i	d	e	29,32	16,29	134,39
C	C3	i	d	e	28,63	21,29	130,08
C	C3	i	d	e	23	27,68	129,32
C	C3	i	d	e	32,97	21,7	125,33
C	C3	i	d	e	24	22,46	133,54
C	C3	i	d	e	25,83	22,57	131,6
C	C3	i	d	e	31,91	21,09	126,99
C	C3	i	d	e	19,11	13,87	147,02
C	C3	i	d	e	34,36	20,31	125,33
C	C3	i	d	e	33,98	23,93	122,09
C	C4	a	b	n	42,49	45,53	91,98
C	C4	a	b	n	43	37,81	99,19
C	C4	a	b	n	41,2	39,68	99,13
C	C4	a	b	n	39,16	42,3	98,54
C	C4	a	b	n	41,85	36,03	102,12
C	C4	a	b	n	42,35	36,36	101,29
C	C4	a	b	n	43,38	40,29	96,33
C	C4	a	b	n	42,22	30,2	107,58
C	C4	a	b	n	47,49	36,75	95,76
C	C4	a	b	e	41,26	37,49	101,25
C	C4	a	b	e	42,36	42,23	95,41
C	C4	a	b	e	39,06	38,78	102,16
C	C4	a	b	e	48,51	30,51	100,98
C	C4	a	b	e	41,12	35,46	103,42
C	C4	a	b	e	45,79	31,62	102,59
C	C4	a	b	e	49,92	31,82	98,26
C	C4	a	b	e	49,26	35,58	95,16
C	C4	a	b	e	49,57	30,29	100,14
C	C4	i	b	n	45,09	50,95	263,96
C	C4	i	b	n	44,51	55,69	259,79
C	C4	i	b	n	41,1	53,31	265,6
C	C4	i	b	n	43,55	51,09	265,37
C	C4	i	b	n	41,67	51,66	266,67
C	C4	i	b	n	43,2	51,62	265,18
C	C4	i	b	n	45,77	51,71	262,52
C	C4	i	b	n	43,6	54,45	261,96
C	C4	i	b	n	41,6	57,1	261,3

C	C4	i	b	n	39,79	54,89	265,32
C	C4	i	b	e	43,56	49	267,44
C	C4	i	b	e	45,27	57,79	256,94
C	C4	i	b	e	38,98	55,55	265,47
C	C4	i	b	e	44,61	50,61	264,78
C	C4	i	b	e	38,76	52,47	268,77
C	C4	i	b	e	41,86	53,73	264,41
C	C4	i	b	e	45,74	50,74	263,52
C	C4	i	b	e	41,12	55,52	263,37
C	C4	i	b	e	43,6	54	262,4
C	C4	i	b	e	42,41	52,42	265,17
C	C4	a	d	n	53,13	34,93	91,94
C	C4	a	d	n	44,71	39,36	95,92
C	C4	a	d	n	47,23	32,85	99,92
C	C4	a	d	n	42,7	35,02	102,28
C	C4	a	d	n	47,4	35,03	97,57
C	C4	a	d	n	44,68	38,63	96,7
C	C4	a	d	n	42,54	36,97	100,49
C	C4	a	d	n	41,49	36,5	102
C	C4	a	d	n	43,95	34,94	101,12
C	C4	a	d	e	48,19	40,31	91,5
C	C4	a	d	e	42,62	31,36	106,02
C	C4	a	d	e	38,02	37,24	104,74
C	C4	a	d	e	48,31	36,58	95,11
C	C4	a	d	e	40,65	35,31	104,04
C	C4	a	d	e	47,75	38,27	93,99
C	C4	a	d	e	41,83	35,88	102,28
C	C4	a	d	e	41,74	38,23	100,03
C	C4	a	d	e	43,44	37,86	98,7
C	C4	i	d	n	45,03	36,23	98,74
C	C4	i	d	n	47,53	36,66	95,8
C	C4	i	d	n	41,72	43,45	94,83
C	C4	i	d	n	43,38	41,1	95,52
C	C4	i	d	n	39,74	48,89	91,37
C	C4	i	d	n	43,13	41,13	95,74
C	C4	i	d	n	47,12	44,38	268,5
C	C4	i	d	n	41,15	44,91	93,95
C	C4	i	d	n	40,31	39,79	99,9
C	C4	i	d	e	35,29	32,52	112,19
C	C4	i	d	e	44,54	43,34	92,12
C	C4	i	d	e	43,88	40,05	96,07

C	C4	i	d	e	44,67	36,11	99,22
C	C4	i	d	e	43,52	39,56	96,92
C	C4	i	d	e	42,76	43,34	93,91
C	C4	i	d	e	46,91	39,92	93,17
C	C4	i	d	e	43,97	36,03	100
C	C4	i	d	e	42,61	38,02	99,37
C	C5	a	b	n	30,71	14,45	134,84
C	C5	a	b	n	19,2	23,21	137,59
C	C5	a	b	n	37,45	15,58	126,96
C	C5	a	b	n	42,96	18,1	118,95
C	C5	a	b	n	23,12	19,45	137,43
C	C5	a	b	n	37,17	18,27	124,55
C	C5	a	b	n	23,79	20,83	135,38
C	C5	a	b	n	24,68	22,09	133,22
C	C5	a	b	n	22,6	20,78	136,62
C	C5	a	b	n	30,38	17,22	132,4
C	C5	a	b	e	34,88	13	132,12
C	C5	a	b	e	37,76	17,06	125,18
C	C5	a	b	e	39,56	14,71	125,73
C	C5	a	b	e	33,07	16,77	130,17
C	C5	a	b	e	34,56	13,55	131,9
C	C5	a	b	e	33,26	15,24	131,5
C	C5	a	b	e	43,14	14,34	122,52
C	C5	a	b	e	34,19	14,97	130,84
C	C5	a	b	e	31,64	13,9	134,45
C	C5	a	b	e	28,94	13,93	137,14
C	C5	i	b	n	28,65	49,31	102,03
C	C5	i	b	n	34,53	50,28	95,19
C	C5	i	b	n	32,41	53,89	93,7
C	C5	i	b	n	28,88	56,58	94,54
C	C5	i	b	n	31,82	55,06	93,12
C	C5	i	b	n	30,53	51,04	98,42
C	C5	i	b	n	31,32	49,41	99,28
C	C5	i	b	n	25	53,68	101,31
C	C5	i	b	n	29,73	53,72	96,56
C	C5	i	b	n	28,33	49,56	102,11
C	C5	i	b	e	28,39	56,25	95,35
C	C5	i	b	e	23,87	58,22	97,91
C	C5	i	b	e	30,65	53,73	95,61
C	C5	i	b	e	30,85	50,68	98,46
C	C5	i	b	e	33,15	50,43	96,42

C	C5	i	b	e	29,94	51,1	98,96
C	C5	i	b	e	28,77	51,35	99,87
C	C5	i	b	e	25,54	56,42	98,04
C	C5	i	b	e	26,43	55,14	98,43
C	C5	i	b	e	26,75	54,77	98,48
C	C5	a	d	n	23,29	19,67	137,04
C	C5	a	d	n	22,55	23,71	133,74
C	C5	a	d	n	26,08	21,73	132,19
C	C5	a	d	n	28,59	20,51	130,9
C	C5	a	d	n	28,74	21,35	129,91
C	C5	a	d	n	25,72	23,76	130,53
C	C5	a	d	n	20,77	23,08	136,14
C	C5	a	d	n	25,08	20,96	133,96
C	C5	a	d	n	31,14	18,4	130,46
C	C5	a	d	n	27,94	21,23	130,83
C	C5	a	d	e	36,82	14,74	128,45
C	C5	a	d	e	35,97	18,1	125,93
C	C5	a	d	e	34,26	16,86	128,89
C	C5	a	d	e	26,16	21,66	132,17
C	C5	a	d	e	37,2	15,13	127,67
C	C5	a	d	e	22,88	19,88	137,24
C	C5	a	d	e	29,47	14,09	136,45
C	C5	a	d	e	35,09	16,85	128,07
C	C5	a	d	e	32,94	17,25	129,81
C	C5	a	d	e	34,58	14,61	130,81
C	C5	i	d	n	31,07	45,69	103,24
C	C5	i	d	n	32,7	52,86	94,44
C	C5	i	d	n	34,16	52,39	93,45
C	C5	i	d	n	34,06	50,14	95,8
C	C5	i	d	n	30,98	49,27	99,74
C	C5	i	d	n	34,12	49,26	96,62
C	C5	i	d	n	31,95	46,9	101,15
C	C5	i	d	n	28,21	43,48	108,31
C	C5	i	d	n	31,67	49,96	98,36
C	C5	i	d	n	31,98	47,89	100,13
C	C5	i	d	n	33,41	40,94	105,65
C	C5	i	d	e	27,8	50,87	101,33
C	C5	i	d	e	32,98	55,45	91,58
C	C5	i	d	e	29,58	55,72	94,7
C	C5	i	d	e	35,05	47,79	97,16
C	C5	i	d	e	34,06	50,14	95,8

C	C5	i	d	e	30,98	49,27	99,74
C	C5	i	d	e	33,42	51,5	95,07
C	C5	i	d	e	30,42	55,64	93,93
C	C5	i	d	e	29,7	51,26	99,03
C	C5	i	d	e	27,18	55,11	97,71
C	C5	i	d	e	29,15	48,48	102,38
C	C6	a	b	n	27,96	31,28	120,76
C	C6	a	b	n	25,99	33,89	120,12
C	C6	a	b	n	33,79	38,65	107,56
C	C6	a	b	n	29,03	33,34	117,63
C	C6	a	b	n	26,72	37,33	115,96
C	C6	a	b	n	32,84	35,58	111,59
C	C6	a	b	n	33,17	36,53	110,3
C	C6	a	b	n	32,09	40,06	107,85
C	C6	a	b	n	28,49	31,42	120,08
C	C6	a	b	n	32,13	32,46	115,41
C	C6	a	b	e	28,89	36,57	114,54
C	C6	a	b	e	27,85	40,49	111,66
C	C6	a	b	e	36,77	38,16	105,07
C	C6	a	b	e	33,64	39	107,36
C	C6	a	b	e	34,09	34,54	111,37
C	C6	a	b	e	33,31	36,43	110,26
C	C6	a	b	e	34,24	35,42	110,34
C	C6	a	b	e	33,37	38,42	108,21
C	C6	a	b	e	29,09	41,84	109,07
C	C6	a	b	e	23,58	32,39	124,03
C	C6	i	b	n	25,69	52,94	101,37
C	C6	i	b	n	39,56	58,43	262,01
C	C6	i	b	n	36,98	50,51	92,51
C	C6	i	b	n	35,82	61,32	262,85
C	C6	i	b	n	29,49	55,37	95,14
C	C6	i	b	n	34,7	52,59	92,71
C	C6	i	b	n	32,27	59,05	268,69
C	C6	i	b	n	29,34	43,85	106,81
C	C6	i	b	n	22,48	53,31	104,2
C	C6	i	b	n	25,83	49,92	104,26
C	C6	i	b	e	27,6	56,25	96,15
C	C6	i	b	e	38,34	59,6	262,05
C	C6	i	b	e	33,9	60,32	265,79
C	C6	i	b	e	35,7	59,88	264,42
C	C6	i	b	e	29,89	54,18	95,92

C	C6	i	b	e	36,26	66,14	257,6
C	C6	i	b	e	31,21	70,62	258,17
C	C6	i	b	e	34,49	54,65	90,86
C	C6	i	b	e	32,06	54,76	93,18
C	C6	i	b	e	25,84	54,42	99,74
C	C6	a	d	n	26,4	31,11	122,49
C	C6	a	d	n	23,38	35,15	121,47
C	C6	a	d	n	32,52	29,53	117,94
C	C6	a	d	n	29,08	32,81	118,1
C	C6	a	d	n	29,54	26,37	124,1
C	C6	a	d	n	29,8	30,44	119,76
C	C6	a	d	n	27,48	28,33	124,19
C	C6	a	d	n	24,79	31,31	123,9
C	C6	a	d	n	26,33	31,88	121,79
C	C6	a	d	n	28,08	34,23	117,7
C	C6	a	d	e	28,49	30,07	121,44
C	C6	a	d	e	28,19	32,77	119,04
C	C6	a	d	e	31,37	28,11	120,52
C	C6	a	d	e	33,02	30,8	116,18
C	C6	a	d	e	28,3	27,65	124,05
C	C6	a	d	e	29,48	30,02	120,51
C	C6	a	d	e	32,93	29,55	117,52
C	C6	a	d	e	30,21	30,56	119,23
C	C6	a	d	e	31,64	25,65	122,71
C	C6	a	d	e	28,06	32,94	119
C	C6	i	d	n	25,72	53,5	100,79
C	C6	i	d	n	35,81	55,65	268,54
C	C6	i	d	n	34,89	57,99	267,12
C	C6	i	d	n	34,75	50,7	94,56
C	C6	i	d	n	31,52	60,68	267,8
C	C6	i	d	n	30,28	63,09	266,62
C	C6	i	d	n	32,77	55,73	91,5
C	C6	i	d	n	30,34	60,61	269,06
C	C6	i	d	n	32,98	57,38	269,63
C	C6	i	d	n	26,96	57,63	95,42
C	C6	i	d	e	24	56,52	99,48
C	C6	i	d	e	28,29	35,15	116,55
C	C6	i	d	e	33,13	51,14	95,73
C	C6	i	d	e	35,06	50,96	93,98
C	C6	i	d	e	34,28	56,36	269,37
C	C6	i	d	e	34,75	59,79	265,46

C	C6	i	d	e	33,05	56,5	90,45
C	C6	i	d	e	37,34	51,19	91,47
C	C6	i	d	e	25,65	57,22	97,13
C	C6	i	d	e	25,53	61,72	92,75
C	C7	a	b	n	35,36	23,75	120,88
C	C7	a	b	n	37,92	23,98	118,1
C	C7	a	b	n	38,73	21,83	119,45
C	C7	a	b	n	36,18	23,14	120,68
C	C7	a	b	n	35,45	20,68	123,87
C	C7	a	b	n	35,6	21,02	123,38
C	C7	a	b	n	40,03	21,12	118,85
C	C7	a	b	n	36,7	21,87	121,44
C	C7	a	b	n	34,56	19,99	125,44
C	C7	a	b	n	38,85	23,54	117,61
C	C7	a	b	e	41,72	23,7	114,58
C	C7	a	b	e	35,44	20,34	124,22
C	C7	a	b	e	31,3	25,19	123,52
C	C7	a	b	e	36,2	23,63	120,17
C	C7	a	b	e	38,29	20,19	121,51
C	C7	a	b	e	30,87	22,68	126,45
C	C7	a	b	e	30,46	22,45	127,09
C	C7	a	b	e	34,3	25,28	120,41
C	C7	a	b	e	32,69	22,98	124,33
C	C7	a	b	e	33,5	26,99	119,51
C	C7	i	b	n	33,51	36,51	109,98
C	C7	i	b	n	27,86	40,77	111,37
C	C7	i	b	n	28,7	43,06	108,24
C	C7	i	b	n	28,23	41,23	110,54
C	C7	i	b	n	29,85	38,63	111,52
C	C7	i	b	n	29,7	42,31	107,99
C	C7	i	b	n	30,72	48,4	100,88
C	C7	i	b	n	31,53	36,74	111,73
C	C7	i	b	n	32,94	43,47	103,59
C	C7	i	b	n	35,21	38,29	106,49
C	C7	i	b	e	29,84	46,32	103,85
C	C7	i	b	e	28,25	32,37	119,38
C	C7	i	b	e	29,61	39,86	110,53
C	C7	i	b	e	28,23	43,74	108,03
C	C7	i	b	e	29,15	38,61	112,24
C	C7	i	b	e	30,14	43,01	106,85
C	C7	i	b	e	30,15	42,68	107,17

C	C7	i	b	e	29,36	36,91	113,73
C	C7	i	b	e	32,28	42,3	105,42
C	C7	i	b	e	31,2	46,74	102,06
C	C7	a	d	n	42,62	19,79	117,59
C	C7	a	d	n	34,04	21,37	124,59
C	C7	a	d	n	38,58	19,85	121,57
C	C7	a	d	n	20,48	17,46	142,06
C	C7	a	d	n	39,07	18,76	122,16
C	C7	a	d	n	37,94	16,54	125,52
C	C7	a	d	n	32,51	21,29	126,2
C	C7	a	d	n	36,94	21,69	121,37
C	C7	a	d	n	34,14	23,24	122,61
C	C7	a	d	n	34,02	24,05	121,94
C	C7	a	d	e	42,55	20,9	116,54
C	C7	a	d	e	39,27	19,33	121,4
C	C7	a	d	e	35,06	18,91	126,03
C	C7	a	d	e	37,23	18,79	123,98
C	C7	a	d	e	36,19	17,9	125,91
C	C7	a	d	e	34,26	24,31	121,44
C	C7	a	d	e	33,5	20,82	125,68
C	C7	a	d	e	36,88	21,65	121,47
C	C7	a	d	e	33,13	23,94	122,93
C	C7	a	d	e	44,04	19,44	116,51
C	C7	i	d	n	36,22	34,38	109,4
C	C7	i	d	n	32,97	37,07	109,96
C	C7	i	d	n	29,13	31,96	118,91
C	C7	i	d	n	27,69	34,9	117,41
C	C7	i	d	n	32,79	32,14	115,07
C	C7	i	d	n	33,24	34,66	112,1
C	C7	i	d	n	31,48	39,37	109,15
C	C7	i	d	n	24,55	35,02	120,43
C	C7	i	d	n	25,75	34,74	119,51
C	C7	i	d	n	24,49	41,73	113,78
C	C7	i	d	e	19,68	41,08	119,23
C	C7	i	d	e	29,44	37,34	113,22
C	C7	i	d	e	23,81	34,26	121,93
C	C7	i	d	e	33,22	32,48	114,3
C	C7	i	d	e	28,69	35,9	115,42
C	C7	i	d	e	28,99	37,97	113,05
C	C7	i	d	e	33,22	35,38	111,4
C	C7	i	d	e	35,52	32,87	111,61

C	C7	i	d	e	28,18	37,5	114,32
C	C7	i	d	e	31,79	37,4	110,81
C	C8	a	b	n	37,04	30,41	112,56
C	C8	a	b	n	32,69	24,69	122,63
C	C8	a	b	n	45,12	32,33	102,55
C	C8	a	b	n	33,64	26,03	120,33
C	C8	a	b	n	28,05	30,18	121,77
C	C8	a	b	n	29,3	29,24	121,46
C	C8	a	b	n	28	30,04	121,96
C	C8	a	b	n	30,44	26,67	122,9
C	C8	a	b	n	29,64	21,1	129,26
C	C8	a	b	e	38,43	29,07	112,5
C	C8	a	b	e	40,45	31,96	107,59
C	C8	a	b	e	45,29	32,33	102,38
C	C8	a	b	e	30,56	28,56	120,88
C	C8	a	b	e	31,48	24,58	123,93
C	C8	a	b	e	38,42	31,46	110,12
C	C8	a	b	e	36,03	23,53	120,44
C	C8	a	b	e	29,97	23,03	127
C	C8	a	b	e	25,24	25,43	129,33
C	C8	i	b	n	36,25	54,25	269,5
C	C8	i	b	n	46,29	56,73	256,98
C	C8	i	b	n	51,31	43,78	264,91
C	C8	i	b	n	45,57	51,64	262,79
C	C8	i	b	n	43,46	49,07	267,46
C	C8	i	b	n	37,07	49,87	93,06
C	C8	i	b	n	33,22	33,78	112,99
C	C8	i	b	n	38,04	33,81	108,15
C	C8	i	b	n	35,1	37,72	107,18
C	C8	i	b	n	33,3	39,73	106,97
C	C8	i	b	e	34,73	48,99	96,29
C	C8	i	b	e	43,82	53,83	262,35
C	C8	i	b	e	37,68	53,33	268,99
C	C8	i	b	e	36,43	54,94	268,63
C	C8	i	b	e	39,08	45,67	95,25
C	C8	i	b	e	36,61	36,11	107,29
C	C8	i	b	e	31,94	43,08	104,98
C	C8	i	b	e	36,58	39,33	104,09
C	C8	i	b	e	36,67	34,51	108,82
C	C8	i	b	e	23,72	28,8	127,47
C	C8	a	d	n	30,7	24,35	124,95

C	C8	a	d	n	40,06	24,03	115,91
C	C8	a	d	n	37,14	28,54	114,32
C	C8	a	d	n	37,58	30,01	112,42
C	C8	a	d	n	35,83	27,61	116,57
C	C8	a	d	n	29,81	22,39	127,8
C	C8	a	d	n	29,34	25,51	125,15
C	C8	a	d	n	27,2	24,05	128,75
C	C8	a	d	n	30,12	23,6	126,28
C	C8	a	d	n	29,61	24,25	126,14
C	C8	a	d	e	30,34	22,66	127
C	C8	a	d	e	34,81	26,28	118,91
C	C8	a	d	e	41,97	33,01	105,02
C	C8	a	d	e	35,88	32,66	111,47
C	C8	a	d	e	33,05	31,25	115,7
C	C8	a	d	e	28,61	26,49	124,9
C	C8	a	d	e	28,03	25,51	126,46
C	C8	a	d	e	24,46	26,88	128,66
C	C8	a	d	e	25,98	23,93	130,09
C	C8	a	d	e	28,31	23,69	128
C	C8	i	d	n	37,2	51,57	91,23
C	C8	i	d	n	32,43	36,03	111,54
C	C8	i	d	n	38,13	58,82	263,04
C	C8	i	d	n	33,08	36,17	110,75
C	C8	i	d	n	36,1	29,07	114,83
C	C8	i	d	n	36,2	30,63	113,17
C	C8	i	d	n	38,34	32,86	108,8
C	C8	i	d	n	32,77	40,55	106,67
C	C8	i	d	n	31,4	31,57	117,03
C	C8	i	d	n	33,25	57,01	269,73
C	C8	i	d	e	38,44	51,35	90,21
C	C8	i	d	e	42,6	50,02	267,38
C	C8	i	d	e	44,16	45,89	269,95
C	C8	i	d	e	41,95	36,76	101,29
C	C8	i	d	e	40,33	43,73	95,94
C	C8	i	d	e	33,65	31,53	114,82
C	C8	i	d	e	32,77	40,55	106,67
C	C8	i	d	e	30,84	36,98	112,18
C	C8	i	d	e	29,38	34,86	115,76
C	C8	i	d	e	33,66	60,1	266,24
P	P1	a	b	n	19,68	18,28	142,04
P	P1	a	b	n	17,29	22,81	139,9

P	P1	a	b	n	20,4	28,38	131,21
P	P1	a	b	n	30,67	17,17	132,17
P	P1	a	b	n	16,79	28,38	134,83
P	P1	a	b	n	18,45	24,16	137,39
P	P1	a	b	n	16,7	27,05	136,26
P	P1	a	b	n	20,96	32,72	126,31
P	P1	a	b	n	18,96	23,43	137,61
P	P1	a	b	n	22,52	20,56	136,92
P	P1	a	b	e	20,45	16,24	143,31
P	P1	a	b	e	25,1	26,53	128,37
P	P1	a	b	e	16,8	28,61	134,59
P	P1	a	b	e	16,6	23,75	139,65
P	P1	a	b	e	15,92	19,74	144,34
P	P1	a	b	e	27,28	23,07	129,64
P	P1	a	b	e	17,53	26,85	135,62
P	P1	a	b	e	18,65	35,9	125,45
P	P1	a	b	e	15,08	27,61	137,31
P	P1	a	b	e	23,02	18,46	138,52
P	P1	i	b	n	29,97	40,31	109,73
P	P1	i	b	n	32,21	39,92	107,87
P	P1	i	b	n	29,39	33,88	116,73
P	P1	i	b	n	28,34	39,22	112,44
P	P1	i	b	n	28,17	37,02	114,81
P	P1	i	b	n	28,92	42,4	108,68
P	P1	i	b	n	33,29	37,24	109,47
P	P1	i	b	n	28,67	42,38	108,96
P	P1	i	b	n	31,81	36,84	111,35
P	P1	i	b	n	36,06	41,11	102,83
P	P1	i	b	e	33,25	44,5	102,25
P	P1	i	b	e	29,12	41,86	109,01
P	P1	i	b	e	26,84	39,92	113,24
P	P1	i	b	e	27,57	40,97	111,46
P	P1	i	b	e	33,63	36,49	109,88
P	P1	i	b	e	35,88	38,9	105,22
P	P1	i	b	e	26,48	44,03	109,49
P	P1	i	b	e	38,31	42,39	99,3
P	P1	i	b	e	34,3	42,52	103,19
P	P1	a	d	n	30,97	17,19	131,85
P	P1	a	d	n	21,08	32,59	126,32
P	P1	a	d	n	12,02	22,47	145,51
P	P1	a	d	n	23,83	12,79	143,38

P	P1	a	d	n	17,63	18,85	143,53
P	P1	a	d	n	20,78	24,63	134,59
P	P1	a	d	n	21,91	28,73	129,36
P	P1	a	d	n	18,64	29,86	131,5
P	P1	a	d	n	24,66	23,56	131,77
P	P1	a	d	e	21,59	21,15	137,25
P	P1	a	d	e	23,25	34,59	122,16
P	P1	a	d	e	13,27	16,6	150,12
P	P1	a	d	e	19,65	17,95	142,4
P	P1	a	d	e	28,28	13,92	137,8
P	P1	a	d	e	20,97	26,43	132,6
P	P1	a	d	e	18,71	24,82	136,47
P	P1	a	d	e	22,55	33,61	123,83
P	P1	a	d	e	32,68	13,28	134,04
P	P1	i	d	n	25,24	38,03	116,73
P	P1	i	d	n	31,18	40,2	108,62
P	P1	i	d	n	32,91	38,59	108,5
P	P1	i	d	n	32,31	35,55	112,14
P	P1	i	d	n	34,22	40	105,78
P	P1	i	d	n	40,7	41,41	97,89
P	P1	i	d	n	35,97	37,63	106,4
P	P1	i	d	n	28,79	43,66	107,56
P	P1	i	d	n	30,11	37,44	112,45
P	P1	i	d	e	29,35	39,76	110,88
P	P1	i	d	e	32,67	40,51	106,82
P	P1	i	d	e	36,76	36,52	106,72
P	P1	i	d	e	36,36	44,29	99,35
P	P1	i	d	e	36,69	36,32	106,98
P	P1	i	d	e	31,76	45,19	103,06
P	P1	i	d	e	33,39	39,76	106,85
P	P1	i	d	e	32,31	40,16	107,54
P	P1	i	d	e	28,88	44,84	106,27
P	P2	a	b	n	32,1	30,97	116,94
P	P2	a	b	n	39,72	25,52	114,75
P	P2	a	b	n	34,61	27,92	117,46
P	P2	a	b	n	38,17	26,62	115,21
P	P2	a	b	n	39,17	27,48	113,35
P	P2	a	b	n	39,83	23,87	116,31
P	P2	a	b	n	39,61	25,92	114,47
P	P2	a	b	e	38,38	26,02	115,61
P	P2	a	b	e	38,17	24,69	117,14

P	P2	a	b	e	38,41	26,25	115,35
P	P2	a	b	e	36,59	26,74	116,67
P	P2	a	b	e	40,39	23,54	116,06
P	P2	a	b	e	39,48	24,76	115,76
P	P2	a	b	e	40,7	22,99	116,31
P	P2	i	b	n	38,87	33,66	107,47
P	P2	i	b	n	38,31	35,38	106,31
P	P2	i	b	n	41,39	37,3	101,31
P	P2	i	b	n	43,08	32,54	104,38
P	P2	i	b	n	40,12	33,83	106,05
P	P2	i	b	n	39,2	33,64	107,16
P	P2	i	b	n	39,3	37,09	103,61
P	P2	i	b	n	44,44	34,5	101,06
P	P2	i	b	n	38,73	36,86	104,41
P	P2	i	b	n	38,69	35,17	106,14
P	P2	i	b	e	41,3	36,11	102,59
P	P2	i	b	e	40,5	36,53	102,98
P	P2	i	b	e	42,86	36,64	100,5
P	P2	i	b	e	43,78	31,06	105,16
P	P2	i	b	e	42,89	34,05	103,06
P	P2	i	b	e	42,26	35,63	102,11
P	P2	i	b	e	44,13	35,29	100,58
P	P2	i	b	e	41,79	36,38	101,83
P	P2	i	b	e	38,28	41,28	100,44
P	P2	i	b	e	39,96	39,07	100,97
P	P2	a	d	n	37,03	28,09	114,88
P	P2	a	d	n	39,76	26,68	113,56
P	P2	a	d	n	37,29	25,5	117,21
P	P2	a	d	n	40,47	22,83	116,7
P	P2	a	d	n	39,35	27,84	112,81
P	P2	a	d	n	41,65	24,43	113,92
P	P2	a	d	n	42,18	26,24	111,59
P	P2	a	d	n	43,9	28,58	107,52
P	P2	a	d	n	39,71	24,41	115,88
P	P2	a	d	n	37,85	25,53	116,62
P	P2	a	d	e	37,26	22,31	120,43
P	P2	a	d	e	39,39	26,31	114,3
P	P2	a	d	e	37	23,1	119,91
P	P2	a	d	e	40,37	25,48	114,15
P	P2	a	d	e	38,02	26,82	115,16
P	P2	a	d	e	41,84	23,21	114,95

P	P2	a	d	e	40,1	24,38	115,53
P	P2	a	d	e	39,49	24,17	116,35
P	P2	a	d	e	41,36	23,7	114,95
P	P2	a	d	e	38,23	22,64	119,13
P	P2	i	d	n	42,28	24,82	112,91
P	P2	i	d	n	40,27	26,63	113,1
P	P2	i	d	n	43,13	27,93	108,94
P	P2	i	d	n	42,97	26,25	110,78
P	P2	i	d	n	37,87	26,75	115,38
P	P2	i	d	n	38,6	30,97	110,44
P	P2	i	d	n	39,47	27,48	113,05
P	P2	i	d	n	41,71	28,8	109,5
P	P2	i	d	n	41,72	28,69	109,59
P	P2	i	d	n	39,54	28,51	111,95
P	P2	i	d	e	39,16	23,41	117,43
P	P2	i	d	e	44,67	29,67	105,66
P	P2	i	d	e	45,01	31	103,99
P	P2	i	d	e	40,95	29,89	109,16
P	P2	i	d	e	40,76	28,62	110,63
P	P2	i	d	e	44,43	29,92	105,65
P	P2	i	d	e	45,15	29,83	105,02
P	P2	i	d	e	41,82	32,68	105,49
P	P2	i	d	e	43,04	32,49	104,48
P	P2	i	d	e	40,15	27,11	112,74
P	P3	a	b	n	30,11	16,97	132,92
P	P3	a	b	n	36,89	23,95	119,16
P	P3	a	b	n	31,8	21,66	126,54
P	P3	a	b	n	24,65	19,32	136,03
P	P3	a	b	n	22,38	15,17	142,45
P	P3	a	b	n	22,09	14,5	143,41
P	P3	a	b	n	33,43	22,19	124,38
P	P3	a	b	n	26,36	15,01	138,63
P	P3	a	b	n	34,6	21,63	123,77
P	P3	a	b	e	30,97	15,24	133,78
P	P3	a	b	e	34,26	19,65	126,09
P	P3	a	b	e	21,61	16,11	142,27
P	P3	a	b	e	25,82	25,03	129,15
P	P3	a	b	e	26,5	13,48	140,03
P	P3	a	b	e	32,06	18,95	129
P	P3	a	b	e	39,57	22,81	117,62
P	P3	a	b	e	22,67	14,11	143,23

P	P3	a	b	e	33,53	20,22	126,24
P	P3	i	b	n	19,54	25,89	134,57
P	P3	i	b	n	20,94	23,46	135,6
P	P3	i	b	n	18,38	33,76	127,86
P	P3	i	b	n	17,32	21,87	140,81
P	P3	i	b	n	26,5	22,88	130,62
P	P3	i	b	n	20,91	28,08	131,01
P	P3	i	b	n	19,7	29,98	130,33
P	P3	i	b	n	22,61	25,88	131,5
P	P3	i	b	n	31,38	28,22	120,4
P	P3	i	b	e	32,87	25,63	121,5
P	P3	i	b	e	22,37	23,32	134,31
P	P3	i	b	e	13,9	36,93	129,17
P	P3	i	b	e	19,63	28,65	131,72
P	P3	i	b	e	25,7	33,21	121,09
P	P3	i	b	e	28,65	28,1	123,25
P	P3	i	b	e	15,13	22,83	142,04
P	P3	i	b	e	23	25,71	131,29
P	P3	i	b	e	27,34	26,01	126,65
P	P3	a	d	n	16,84	12,09	151,07
P	P3	a	d	n	27,21	16,89	135,9
P	P3	a	d	n	29,76	14,07	136,17
P	P3	a	d	n	20	14,38	145,62
P	P3	a	d	n	20,17	13,98	145,85
P	P3	a	d	n	15,98	16,15	147,87
P	P3	a	d	n	26,58	24,18	129,24
P	P3	a	d	n	27,26	24,67	128,07
P	P3	a	d	n	30,68	23,57	125,75
P	P3	a	d	e	18,84	19,1	142,06
P	P3	a	d	e	33,18	25,72	121,09
P	P3	a	d	e	28,44	13,6	137,95
P	P3	a	d	e	15,09	12,86	152,05
P	P3	a	d	e	25,77	18,57	135,66
P	P3	a	d	e	26,63	27,11	126,26
P	P3	a	d	e	12,69	18,8	148,51
P	P3	a	d	e	34,56	22,4	123,04
P	P3	a	d	e	32,71	18,65	128,64
P	P3	i	d	n	23,52	28,82	127,66
P	P3	i	d	n	18,28	24,28	137,44
P	P3	i	d	n	20,57	16	143,43
P	P3	i	d	n	30,46	25,83	123,71

P	P3	i	d	n	32,88	20,4	126,72
P	P3	i	d	n	30,42	25,11	124,47
P	P3	i	d	n	32,34	23,53	124,13
P	P3	i	d	n	32,64	24,28	123,09
P	P3	i	d	n	30,29	28,16	121,55
P	P3	i	d	n	29,66	24,85	125,48
P	P3	i	d	e	21,14	33,59	125,27
P	P3	i	d	e	24,57	34,59	120,84
P	P3	i	d	e	29,98	23,13	126,89
P	P3	i	d	e	41,01	25,48	113,52
P	P3	i	d	e	24,32	23,92	131,76
P	P3	i	d	e	20,15	27,11	132,74
P	P3	i	d	e	16,21	23,76	140,04
P	P3	i	d	e	32,45	28,38	119,17
P	P3	i	d	e	23,58	27,93	128,49
P	P3	i	d	e	26,54	24,04	129,42
P	P3	i	d	e	28,16	31,87	119,97
P	P4	a	b	n	25,6	24,13	130,27
P	P4	a	b	n	20,85	22,27	136,88
P	P4	a	b	n	24,61	27,11	128,28
P	P4	a	b	n	24,04	28,67	127,29
P	P4	a	b	n	23,43	28,76	127,81
P	P4	a	b	n	19,59	19,53	140,88
P	P4	a	b	n	17,27	26,51	136,22
P	P4	a	b	n	14,47	25,85	139,68
P	P4	a	b	e	23,11	27,74	129,15
P	P4	a	b	e	23,1	31,34	125,56
P	P4	a	b	e	23,2	30,23	126,57
P	P4	a	b	e	29,95	18,03	132,01
P	P4	a	b	e	22,04	22,81	135,15
P	P4	a	b	e	21,65	21,92	136,43
P	P4	a	b	e	17,76	24,68	137,56
P	P4	a	b	e	24,94	24,53	130,53
P	P4	i	b	n	21,37	31	127,63
P	P4	i	b	n	26,23	37,01	116,76
P	P4	i	b	n	17,03	30,61	132,36
P	P4	i	b	n	23,98	31	125,01
P	P4	i	b	n	16,05	40,3	123,65
P	P4	i	b	n	20,84	39,38	119,78
P	P4	i	b	n	19,63	38,87	121,5
P	P4	i	b	n	17,83	38,31	123,87

P	P4	i	b	e	19,29	29,38	131,33
P	P4	i	b	e	21,6	31,58	126,82
P	P4	i	b	e	18,38	38,2	123,42
P	P4	i	b	e	18,03	34,22	127,75
P	P4	i	b	e	21,44	28,39	130,17
P	P4	i	b	e	20,69	35,21	124,1
P	P4	i	b	e	22,43	37,2	120,37
P	P4	i	b	e	18,97	41,6	119,42
P	P4	a	d	n	21,37	21,08	137,55
P	P4	a	d	n	16,33	28,32	135,35
P	P4	a	d	n	15,3	21,94	142,76
P	P4	a	d	n	23,48	22,82	133,7
P	P4	a	d	n	19,38	17,36	143,26
P	P4	a	d	n	20,68	25,16	134,16
P	P4	a	d	n	21,41	24,59	134
P	P4	a	d	n	16,67	30,63	132,69
P	P4	a	d	n	14,76	24,45	140,79
P	P4	a	d	n	14,76	22,23	143,01
P	P4	a	d	n	14,72	27,65	137,63
P	P4	a	d	n	14,87	27,65	137,47
P	P4	a	d	e	14,59	26,21	139,2
P	P4	a	d	e	17,12	24,62	138,26
P	P4	a	d	e	18,67	23,62	137,71
P	P4	a	d	e	21,62	22,43	135,95
P	P4	a	d	e	13,37	22,56	144,06
P	P4	a	d	e	19,95	27,01	133,03
P	P4	a	d	e	24,51	24,94	130,55
P	P4	a	d	e	20,34	20,6	139,06
P	P4	a	d	e	19,43	26,79	133,79
P	P4	a	d	e	14,15	26,65	139,2
P	P4	a	d	e	16,7	25,08	138,22
P	P4	a	d	e	15,78	21,79	142,42
P	P4	i	d	n	16,65	30,02	133,33
P	P4	i	d	n	21,91	28,68	129,41
P	P4	i	d	n	12,48	35,18	132,34
P	P4	i	d	n	19,32	26,22	134,46
P	P4	i	d	n	16,48	35,34	128,18
P	P4	i	d	n	24,93	25,78	129,29
P	P4	i	d	n	19,31	22,89	137,8
P	P4	i	d	n	23,24	30,08	126,68
P	P4	i	d	n	22,45	28,64	128,9

P	P4	i	d	n	21,3	45,6	113,1
P	P4	i	d	n	24,51	34,8	120,7
P	P4	i	d	e	19,64	17,78	142,58
P	P4	i	d	e	20,17	29,83	130
P	P4	i	d	e	15,81	18,58	145,61
P	P4	i	d	e	20,14	24,9	134,96
P	P4	i	d	e	21,58	29,43	129
P	P4	i	d	e	25,85	28,21	125,94
P	P4	i	d	e	22,33	24,49	133,17
P	P4	i	d	e	21,35	30,94	127,71
P	P4	i	d	e	18,77	27,09	134,14
P	P4	i	d	e	25,66	32,26	122,08
P	P4	i	d	e	23,2	28,64	128,15
P	P5	a	b	n	14,92	18,3	146,78
P	P5	a	b	n	21,48	16,82	141,7
P	P5	a	b	n	16,05	14,99	148,96
P	P5	a	b	n	17,13	15,97	146,9
P	P5	a	b	n	15,96	14,72	149,31
P	P5	a	b	n	15,8	13,12	151,07
P	P5	a	b	n	15,48	21,18	143,33
P	P5	a	b	n	15,8	17,44	146,76
P	P5	a	b	n	17,32	16,95	145,73
P	P5	a	b	n	14,84	14,94	150,22
P	P5	a	b	e	20,94	15,31	143,75
P	P5	a	b	e	15,25	16,82	147,93
P	P5	a	b	e	21,38	19,61	139,01
P	P5	a	b	e	16,4	15,19	148,4
P	P5	a	b	e	21,99	16,67	141,34
P	P5	a	b	e	14,82	15,74	149,44
P	P5	a	b	e	17,23	15,17	147,6
P	P5	a	b	e	17,76	13,14	149,09
P	P5	a	b	e	14,43	15,74	149,83
P	P5	a	b	e	24,41	12,87	142,72
P	P5	i	b	n	19,26	28,29	132,45
P	P5	i	b	n	12,03	25,53	142,44
P	P5	i	b	n	19,43	25,34	135,23
P	P5	i	b	n	12,96	36,74	130,3
P	P5	i	b	n	20,03	28,05	131,92
P	P5	i	b	n	16,38	32,37	131,26
P	P5	i	b	n	17,48	29,95	132,56
P	P5	i	b	n	20,78	34,56	124,66

P	P5	i	b	n	20,2	23,61	136,19
P	P5	i	b	n	13,07	31,43	135,5
P	P5	i	b	e	17,01	33	129,99
P	P5	i	b	e	13,02	24,56	142,43
P	P5	i	b	e	13,93	24,22	141,85
P	P5	i	b	e	14,65	24,57	140,78
P	P5	i	b	e	23,9	28,43	127,67
P	P5	i	b	e	14,16	34,37	131,47
P	P5	i	b	e	15,1	28,71	136,19
P	P5	i	b	e	18,11	28,93	132,96
P	P5	i	b	e	13,7	26,17	140,13
P	P5	i	b	e	16,73	28,71	134,56
P	P5	a	d	n	16,04	10,7	153,26
P	P5	a	d	n	15,53	12,88	151,59
P	P5	a	d	n	11,95	11,46	156,58
P	P5	a	d	n	14,39	16,43	149,18
P	P5	a	d	n	17,52	11,62	150,86
P	P5	a	d	n	9,75	13,06	157,19
P	P5	a	d	n	16,2	13,91	149,88
P	P5	a	d	n	25,27	10,53	144,2
P	P5	a	d	n	12,72	12,87	154,41
P	P5	a	d	n	13,97	13,45	152,58
P	P5	a	d	e	14,25	11,62	154,12
P	P5	a	d	e	9,68	9,27	161,05
P	P5	a	d	e	14,94	9,95	155,11
P	P5	a	d	e	16,21	12,85	150,94
P	P5	a	d	e	29,93	10,62	139,45
P	P5	a	d	e	15,3	8,96	155,74
P	P5	a	d	e	20,29	11,62	148,09
P	P5	a	d	e	17,1	9,57	153,33
P	P5	a	d	e	26,07	9,41	144,52
P	P5	a	d	e	14,95	11,24	153,81
P	P5	i	d	n	20,36	20,95	138,69
P	P5	i	d	n	16,37	30,23	133,39
P	P5	i	d	n	20,69	21,29	138,02
P	P5	i	d	n	20,25	22,68	137,07
P	P5	i	d	n	18,87	24,9	136,23
P	P5	i	d	n	18,33	18,66	143,01
P	P5	i	d	n	20,26	16,26	143,48
P	P5	i	d	n	22,53	18,28	139,19
P	P5	i	d	n	15,44	19,28	145,28

P	P5	i	d	n	16,65	22,99	140,36
P	P5	i	d	e	17,32	24,98	137,7
P	P5	i	d	e	17,83	21,22	140,95
P	P5	i	d	e	12,35	13	154,65
P	P5	i	d	e	17,27	26,02	136,71
P	P5	i	d	e	22,9	21,79	135,3
P	P5	i	d	e	17,43	22,51	140,05
P	P5	i	d	e	15,17	19,22	145,61
P	P5	i	d	e	20,67	20,83	138,5
P	P5	i	d	e	20,12	20,79	139,09
P	P5	i	d	e	17,84	23,74	138,42
P	P6	a	b	n	28,65	13,36	137,99
P	P6	a	b	n	46,99	13,68	119,33
P	P6	a	b	n	29,75	14,32	135,94
P	P6	a	b	n	43,23	13,64	123,13
P	P6	a	b	n	39,91	15,84	124,25
P	P6	a	b	n	29,63	14,86	135,51
P	P6	a	b	n	28,89	14,7	136,41
P	P6	a	b	n	26,31	13,54	140,15
P	P6	a	b	n	36,48	16,41	127,11
P	P6	a	b	e	40,49	14,3	125,21
P	P6	a	b	e	42,55	15,7	121,75
P	P6	a	b	e	41,03	11,28	127,7
P	P6	a	b	e	41,3	14,05	124,65
P	P6	a	b	e	44,81	12,96	122,23
P	P6	a	b	e	31,58	13,24	135,18
P	P6	a	b	e	35,15	14,69	130,16
P	P6	a	b	e	31,3	14,75	133,95
P	P6	a	b	e	31,94	15,14	132,91
P	P6	i	b	n	43,72	32	104,28
P	P6	i	b	n	39,14	24,75	116,11
P	P6	i	b	n	42,89	25,25	111,86
P	P6	i	b	n	39,92	29,8	110,28
P	P6	i	b	n	43,13	27,89	108,98
P	P6	i	b	n	38,37	27,72	113,92
P	P6	i	b	n	40,47	32,34	107,19
P	P6	i	b	n	42,03	33,65	104,32
P	P6	i	b	n	36,75	31,04	112,21
P	P6	i	b	n	40,06	29,47	110,47
P	P6	i	b	e	39,74	31,62	108,64
P	P6	i	b	e	44,99	33,44	101,57

P	P6	i	b	e	45,92	32,98	101,1
P	P6	i	b	e	49,03	26,6	104,37
P	P6	i	b	e	39,04	33,64	107,32
P	P6	i	b	e	35,23	34,21	110,56
P	P6	i	b	e	37,36	33,19	109,45
P	P6	i	b	e	39,65	33,54	106,81
P	P6	i	b	e	41,97	30,49	107,54
P	P6	i	b	e	40,71	33,23	106,05
P	P6	a	d	n	24,54	14,36	141,1
P	P6	a	d	n	34,85	20,85	124,3
P	P6	a	d	n	43,42	17,49	119,09
P	P6	a	d	n	38,9	15,05	126,05
P	P6	a	d	n	28,17	15,65	136,19
P	P6	a	d	n	25,97	14,61	139,42
P	P6	a	d	n	42,71	16,93	120,36
P	P6	a	d	n	38,1	14,32	127,57
P	P6	a	d	n	32,2	14,46	133,34
P	P6	a	d	n	28,53	14,09	137,38
P	P6	a	d	e	36,49	12,6	130,91
P	P6	a	d	e	43,05	23,42	113,53
P	P6	a	d	e	34,59	19,07	126,34
P	P6	a	d	e	43,05	20,96	115,99
P	P6	a	d	e	31,25	14,73	134,01
P	P6	a	d	e	33,19	16,48	130,33
P	P6	a	d	e	43,16	18	118,85
P	P6	a	d	e	37,94	16,45	125,61
P	P6	a	d	e	35,63	14,1	130,27
P	P6	a	d	e	34,79	14,69	130,52
P	P6	i	d	n	41,95	23,65	114,4
P	P6	i	d	n	44,72	30,62	104,66
P	P6	i	d	n	39,13	26,26	114,61
P	P6	i	d	n	43,1	28,9	108
P	P6	i	d	n	45,36	25,25	109,39
P	P6	i	d	n	41,76	26,48	111,76
P	P6	i	d	n	44,08	28,95	106,96
P	P6	i	d	n	45,54	31,07	103,4
P	P6	i	d	n	40,67	26,1	113,24
P	P6	i	d	n	46,2	27,04	106,76
P	P6	i	d	e	48,63	28,62	102,75
P	P6	i	d	e	42,91	31,57	105,53
P	P6	i	d	e	39,07	32,2	108,73

P	P6	i	d	e	42,83	30,6	106,57
P	P6	i	d	e	45,75	29,21	105,04
P	P6	i	d	e	47,19	29,76	103,05
P	P6	i	d	e	42,61	31,06	106,33
P	P6	i	d	e	42,9	31,32	105,78
P	P6	i	d	e	47,76	31,7	100,54
P	P6	i	d	e	46,44	31,23	102,33
P	P7	a	b	n	40,56	26,76	112,68
P	P7	a	b	n	36,24	31,07	112,69
P	P7	a	b	n	37,23	27,18	115,59
P	P7	a	b	n	31,45	28,76	119,79
P	P7	a	b	n	25,44	21	133,56
P	P7	a	b	n	30,14	26,08	123,78
P	P7	a	b	n	42,09	29,4	108,51
P	P7	a	b	n	32,87	22,05	125,08
P	P7	a	b	n	30,84	26,43	122,74
P	P7	a	b	n	34,05	29,84	116,11
P	P7	a	b	e	36,89	29,38	113,72
P	P7	a	b	e	34,08	25,49	120,43
P	P7	a	b	e	38,29	30,43	111,29
P	P7	a	b	e	37,28	33,52	109,2
P	P7	a	b	e	38,64	25,75	115,61
P	P7	a	b	e	38,93	26,83	114,24
P	P7	a	b	e	25,16	25,2	129,64
P	P7	a	b	e	29,39	26,2	124,41
P	P7	a	b	e	26,69	28,01	125,31
P	P7	a	b	e	29,94	27,79	122,28
P	P7	i	b	n	30,12	45,85	104,04
P	P7	i	b	n	38,32	30,94	110,74
P	P7	i	b	n	35,58	28,64	115,78
P	P7	i	b	n	28	38,44	113,57
P	P7	i	b	n	30,06	32,8	117,15
P	P7	i	b	n	28,67	30,77	120,56
P	P7	i	b	e	36,1	40,25	103,65
P	P7	i	b	e	35,75	35,04	109,21
P	P7	i	b	e	34,84	33,41	111,75
P	P7	i	b	e	26,27	27,18	126,55
P	P7	i	b	e	31,88	33,23	114,88
P	P7	i	b	e	30,36	37,34	112,3
P	P7	i	b	e	33,62	33,66	112,72
P	P7	a	d	n	35,72	28,3	115,99

P	P7	a	d	n	38,08	31,13	110,78
P	P7	a	d	n	40,21	29,23	110,56
P	P7	a	d	n	51,36	37,46	91,18
P	P7	a	d	n	31,56	27,78	120,66
P	P7	a	d	n	36,99	26,45	116,55
P	P7	a	d	n	25,06	35,9	119,04
P	P7	a	d	n	41,86	38,52	99,62
P	P7	a	d	n	35,58	36,69	107,73
P	P7	a	d	e	35	30,91	114,08
P	P7	a	d	e	44,09	48,11	267,8
P	P7	a	d	e	35,8	21,45	122,75
P	P7	a	d	e	46,7	39,83	93,47
P	P7	a	d	e	26,58	28,05	125,37
P	P7	a	d	e	29,93	32,63	117,44
P	P7	a	d	e	37,71	27,06	115,23
P	P7	a	d	e	28,39	26,51	125,11
P	P7	a	d	e	31,41	28,3	120,29
P	P7	i	d	n	35,9	43,08	101,02
P	P7	i	d	n	42,08	32,63	105,29
P	P7	i	d	n	25,25	31,83	122,93
P	P7	i	d	n	42,23	32,64	105,12
P	P7	i	d	n	42,68	30,32	107
P	P7	i	d	n	34,09	38,16	107,74
P	P7	i	d	n	38,64	28,68	112,68
P	P7	i	d	n	29,45	48,91	101,64
P	P7	i	d	n	31,05	39,77	109,18
P	P7	i	d	n	34,48	32,74	112,78
P	P7	i	d	e	36,3	37,93	105,77
P	P7	i	d	e	33,94	30,37	115,69
P	P7	i	d	e	39,77	33,26	106,96
P	P7	i	d	e	34,78	35,84	109,38
P	P7	i	d	e	23,83	26,91	129,26
P	P7	i	d	e	35,39	35,96	108,66
P	P7	i	d	e	40,7	38,99	100,31
P	P7	i	d	e	34,55	39,57	105,87
P	P7	i	d	e	35,54	36,65	107,81
P	P7	i	d	e	42,11	36,57	101,33
P	P8	a	b	n	23,82	15,99	140,19
P	P8	a	b	n	23,5	18,95	137,56
P	P8	a	b	n	28,4	20,76	130,85
P	P8	a	b	n	28,33	18,53	133,14

P	P8	a	b	n	27,72	18,72	133,56
P	P8	a	b	n	25,88	17,5	136,62
P	P8	a	b	n	27,9	17,25	134,85
P	P8	a	b	n	25,75	16,48	137,78
P	P8	a	b	n	24,1	15,74	140,16
P	P8	a	b	n	25,11	17,57	137,31
P	P8	a	b	e	29,02	15,92	135,05
P	P8	a	b	e	29,24	18,76	132
P	P8	a	b	e	29,48	17,56	132,95
P	P8	a	b	e	27,85	19,47	132,68
P	P8	a	b	e	29,73	17,75	132,52
P	P8	a	b	e	27,52	17,38	135,1
P	P8	a	b	e	29,7	19,36	130,94
P	P8	a	b	e	25,73	17,11	137,17
P	P8	a	b	e	30,41	15,74	133,85
P	P8	a	b	e	26,08	19,99	133,93
P	P8	i	b	n	41,97	30,79	107,25
P	P8	i	b	n	35,87	30,93	113,2
P	P8	i	b	n	32,45	32,76	114,79
P	P8	i	b	n	37,58	34,95	107,48
P	P8	i	b	n	36,94	26,76	116,3
P	P8	i	b	n	32,77	32,78	114,44
P	P8	i	b	n	34,72	38,48	106,8
P	P8	i	b	n	36,99	35,45	107,56
P	P8	i	b	n	36,48	33,16	110,37
P	P8	i	b	n	36,47	35,05	108,48
P	P8	i	b	e	34,04	30,98	114,98
P	P8	i	b	e	34,66	34,85	110,49
P	P8	i	b	e	37,68	34,32	108
P	P8	i	b	e	34,36	34,8	110,83
P	P8	i	b	e	34,38	33,33	112,3
P	P8	i	b	e	36,85	34,21	108,94
P	P8	i	b	e	35,36	32,95	111,69
P	P8	i	b	e	33,08	39,96	106,96
P	P8	i	b	e	30,8	37,06	112,15
P	P8	i	b	e	35,72	34,63	109,65
P	P8	a	d	n	20,96	13,4	145,64
P	P8	a	d	n	23,92	15,54	140,54
P	P8	a	d	n	31,66	15,9	132,44
P	P8	a	d	n	26,21	17,22	136,57
P	P8	a	d	n	25,07	16,97	137,96

P	P8	a	d	n	26,47	15,73	137,8
P	P8	a	d	n	24,94	14,75	140,3
P	P8	a	d	n	20,09	14,54	145,37
P	P8	a	d	n	27,63	16,13	136,24
P	P8	a	d	n	30,36	27,64	122
P	P8	a	d	e	26,05	17,8	136,15
P	P8	a	d	e	26,44	16,92	136,64
P	P8	a	d	e	25,9	17,12	136,97
P	P8	a	d	e	26,79	15,43	137,78
P	P8	a	d	e	25,46	15,27	139,26
P	P8	a	d	e	24,94	16,17	138,89
P	P8	a	d	e	26,3	14,97	138,73
P	P8	a	d	e	24,95	15,53	139,52
P	P8	a	d	e	26,44	15,7	137,86
P	P8	i	d	n	27,78	31,02	121,21
P	P8	i	d	n	34,6	29,38	116,03
P	P8	i	d	n	29,61	23,33	127,06
P	P8	i	d	n	35,35	32,13	112,52
P	P8	i	d	n	26,07	24,96	128,97
P	P8	i	d	n	28,66	35,88	115,46
P	P8	i	d	n	37,05	27,16	115,79
P	P8	i	d	n	22,94	28,9	128,16
P	P8	i	d	n	32,51	26,61	120,89
P	P8	i	d	n	34,57	31,68	113,76
P	P8	i	d	e	30,57	34,65	114,78
P	P8	i	d	e	34,73	32,36	112,91
P	P8	i	d	e	32,79	33,24	113,96
P	P8	i	d	e	31,74	32,07	116,19
P	P8	i	d	e	31,84	31,92	116,24
P	P8	i	d	e	37,24	29,31	113,45
P	P8	i	d	e	29,74	32,58	117,67
P	P8	i	d	e	34,5	31,87	113,63
P	P8	i	d	e	34,57	31,6	113,83
P	P8	i	d	e	30,77	36,29	112,94

RÉFÉRENCES

- Ackermann, H., et W. Ziegler. 1991. «Articulatory deficits in parkinsonian dysarthria: an acoustic analysis». *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*. vol. 54, no 12, p. 1093-1098. En ligne. <<http://jnnp.bmj.com/cgi/content/abstract/jnnp;54/12/1093> >.
- Ackermann, Hermann, Ingo Hertrich, Irene Daum, Gabriele Scharf et Sybille Spieker. 1997. «Kinematic Analysis of Articulatory Movements in Central Motor Disorders». *Movement Disorders*. vol. 12, no 6, p. 1019-1027.
- Ashby, Michael, et John Maidment. 2005. *Introducing Phonetic Science*. Coll. «Cambridge Introductions to Language and Linguistics». Cambridge: Cambridge University Press.
- Aubin, Jérôme. 2006. «Effets acoustiques et articulatoires de perturbations labiales sur la parole des enfants et des adultes». Montréal, Département de linguistique et de didactique des langues, Université du Québec à Montréal.
- Beckman, M. E., J. Edwards et J. Fletcher. 1992. «Prosodic structure and tempo in a sonority model of articulatory dynamics». In *Papers in laboratory phonology II: Segment, gesture, prosody*, G.J. Docherty et Ladd D. R., p. 968-986. Cambridge: Cambridge University Pres.
- Brisebois, Amélie. 2009. «La compensation à une perturbation labiale chez les sourds: une étude des liens entre la perception et la production de la parole». Montréal,

Département de linguistique et de didactique des langues, Université du Québec à Montréal.

- Connor, Nadine P., James H. Abbs, Kelly J. Cole et Vincent L. Gracco. 1989. «Parkinsonian deficits in serial multiarticulate movements for speech». *Brain*. vol. 112, p. 997-1009.
- Darley, Frederic L., Arnold E. Aronson et Joe R. Brown. 1969. «Clusters of deviant speech dimensions in the dysarthrias». *Journal of Speech and Hearing Research*. vol. 12, p. 462-496.
- , 1969. «Differential diagnosis patterns of dysarthria». *Journal of Speech and Hearing Research*. vol. 12, p. 249-269.
- De Jong, K. 1995. «The supraglottal articulation of prominence in English: Linguistic stress as localized hyperarticulation». *Journal of the Acoustical Society of America*. vol. 97, p. 491-504.
- Defebvre, Luc, et Marc Vérin (2006). *La maladie de Parkinson*. Monographies de neurologie. Paris, Elsevier Masson: 220 p
- Duez, Danielle. 2007. *International Conference on Phonetic Sciences* (Saarbrücker). 1973-1976 p.
- , 2009. «Segmental Duration in Parkinsonian French Speech». *Folia Phoniatrica et Logopaedica*. vol. 61, p. 239-246.
- Dujardin, Kathy, et Luc Defebvre. 2007. *Neuropsychologie de la maladie de Parkinson et des syndromes apparentés*, 2e édition. Coll. «Neuropsychologie». Issy-les-Moulineaux: Masson.
- Erickson, Donna. 2002. «Articulation of Extreme Formant Patterns for Emphasized Vowels». *Phonetica*. vol. 59, p. 134-149.
- 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, no 6, p. 2608-2622.

- Gick, Bryan. 2002. «The Use of Ultrasound for Linguistic Phonetic Fieldwork». *Journal of the International Phonetic Association*. vol. 32, no 2, p. 113-121.
- Goberman, Alexander M., et Carl Coelho. 2002. «Acoustic analysis of Parkinsonian speech I: Speech characteristics and L-Dopa therapy». *NeuroRehabilitation*. vol. 17, p. 237-246.
- Goberman, Alexander M., et Lawrence W. Elmer. 2005. «Acoustic analysis of clear versus conversational speech in individuals with Parkinson disease». *Journal of Communication Disorders*. vol. 38, p. 215-230.
- Harel, Brian T., Michael S. Cannizzaro, Henri Cohen, Nicole Reilly et Peter J. Snyder. 2004. «Acoustic characteristics of Parkinsonian speech: a potential biomarker of early disease progression and treatment». *Journal of Neurolinguistics*. vol. 17, p. 439-453.
- Hirose, Hajime. 1986. «Pathophysiology of Motor Speech Disorders (Dysarthria)». *Folia Phoniatrica et Logopaedica*. vol. 38, p. 61-88.
- 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, p. 204-215.
- Ho, Aileen K., Robert Iansek, Caterina Marigliani, John L. Bradshaw et Sandra Gates. 1999. «Speech impairment in a large sample of patients with Parkinson's disease». *Behavioural Neurology*. vol. 11, p. 131-137.
- Hoehn, Margaret M., et Melvin D. Yahr. 1967. «Parkinsonism: onset, progression, and mortality». *Neurology*. vol. 17, no 5, p. 427-442. En ligne. <<http://www.neurology.org>>.
- Kavistkaya, Darya, Khalil Iskarous, Aude Noiray et Michael Proctor. 2009. *Formal Approaches to Slavic Linguistics 17* (New Haven, CT). J. Reich, M. Babyonyshev et Darya Kavistaka Michigan Slavic Publications, 97-110 p.
- Keller, Eric. 1987. «Ultrasound measurement of tongue dorsum movements in articulatory speech impairments». In *Phonetic Approaches to Speech*

Production in Aphasia and Related Disorders, J.H. Ryalls, p. 93-112. San Diego, CA: College-Hill Press.

Kent, Ray D. 1997. *The Speech Sciences*. San Diego: Thomson Delmar Learning (Singular Publishing Group).

-----, 2000. «Research on speech motor control and its disorders: A review and prospective». *Journal of Communication Disorders*. vol. 22, p. 391-428.

Kent, Ray D., Jane F. Kent et Gary Weismer. 2000. «What dysarthrias can tell us about the neural control of speech». *Journal of Phonetics*. vol. 28, p. 273-302.

Kent, Ray D., et Y.-J. Kim. 2003. «Toward an acoustic typology of motor speech disorders». *Clinical linguistics & phonetics*. vol. 17, no 6, p. 427-445.

Li, M., C. Kambhamettu et Maureen Stone. 2008. «Automatic contour tracking in ultrasound images». *Clinical linguistics & phonetics*. vol. 19, no 6-7, p. 545-554.

Loew, R. C., J. A. Kegl et H. Poizner. 1995. «Flattening of distinctions in a Parkinsonian signer». *Aphasiology*. vol. 9, no 4, p. 381-396.

Martin, Pierre. 1996. *Éléments de phonétique avec application au français*. Québec: Les Presses de l'Université Laval.

Ménard, Lucie, Hélène Loevenbruck et Christophe Savariaux. 2006. «Articulatory and acoustic correlates of contrastive focus in French: a developmental study». In *Speech Production: Models, Phonetic Processes, and Techniques*, Jonathan Harrington et Marija Tabain. New York: Psychology Press.

Quedas, Araken, André de Campos Duprat et Gisele Gasparini. 2007. «Lombard's effect's implication in intensity, fundamental frequency and stability on the voice of individuals with Parkinson's disease». *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*. vol. 73, no 5, p. 675-683. En ligne. <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-72992007000500014&nrm=iso>.

- Shawker, Thomas H., et Barbara C. Sonies. 1984. «Tongue Movement During Speech: A Real-Time Ultrasound Evaluation». *Journal of Clinical Ultrasound*. vol. 12, p. 125-133.
- Smith, Anne. 1992. «The Control of Orofacial Movements in Speech». *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine*. vol. 3, no 3, p. 233-267.
- Sussman, Harvey M., Celeste Duder, Eileen Dalston et Antonina Cacciatore. 1999. «An Acoustic Analysis of the Development of CV Coarticulation: A Case Study». *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. vol. 42, p. 1080-1096.
- Sussman, Harvey M., Kathryn A. Hoemeke et Farhan Ahmed. 1993. «A cross-linguistic investigation of locus equations as a phonetic descriptor for place of articulation». *Journal of the Acoustical Society of America*. vol. 94, no 3, p. 1256-1268.
- Sussman, Harvey M., Helen A. McCaffrey et Sandra A. Matthews. 1991. «An investigation of locus equations as a source of relational invariance for stop place categorization». *Journal of the Acoustical Society of America*. vol. 90, no 3, p. 1309-1325.
- Weismer, Gary. 1984. «Articulatory Characteristics of Parkinsonian Dysarthria: Segmental and Phrase-Level Timing, Spirantization, and Glottal-Supraglottal Coordination». In *The Dysarthrias: Physiology, Acoustics, Perception, Management*, p. 101-130. San Diego: College-Hill Press.
- 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, p. 1-18.
- Whalen, Douglas H., Khalil Iskarous, Mark K. Tiede, David J. Ostry, Heike Lehnert-LeHouiller, Eric Vatikiotis-Bateson et Donald S. Hailey. 2005. «The Haskins Optically Corrected Ultrasound System (HOCUS)». *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. vol. 48, p. 543-553.
- Wrench, Allan, et J. M. Scobbie. 2008. *Proceedings of the Eighth International Seminar on Speech Production (ISSP)* (Strasbourg). 57-60 p.

- Yunusova, Yana. 2005. «Articulatory movements during vowels produced by speakers with dysarthria and normal controls». Madison, Communicative Disorders, University of Wisconsin - Madison, 231 p.
- 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, p. 591-611.