

Université Marc Bloch, Strasbourg 2
U.F.R. des Lettres

E.A. 1339 Linguistique, Langues et Parole - LiLPa
Composante *Parole et Cognition*

Le bégaiement

Perturbation de l'organisation temporelle de la parole et conséquences spectrales

Thèse pour le doctorat en SCIENCES DU LANGAGE
Spécialité *Phonétique générale et expérimentale*

présentée par Fabrice HIRSCH

sous la direction de

M. le Professeur Rudolph SOCK

Décembre 2007

Membres du jury :

Marie-Claude MONFRAIS, phoniatre à l'hôpital européen Georges Pompidou – Paris, Examineur
Berthille PALLAUD, Professeur à l'Université Aix-Marseille 1 – Provence, Examineur
Jacqueline VAISSIÈRE, Professeur à l'Université de la Sorbonne Nouvelle – Paris 3, Rapporteur
Pascal PERRIER, Professeur à l'École Nationale Supérieure d'Électronique et de Radioélectricité de
Grenoble (ENSERG) et à l'Institut National Polytechnique de Grenoble (INPG), Rapporteur
Rudolph SOCK, Professeur à l'Université Marc Bloch – Strasbourg 2, Directeur de thèse
Jean-Pierre ZERLING, Professeur à l'Université Marc Bloch – Strasbourg 2, Président du jury

Remerciements

Nos remerciements vont tout d'abord à M. le Professeur Rudolph SOCK, qui nous a fait l'honneur de diriger notre travail et a toujours su être bienveillant à notre égard. Nous lui témoignons notre gratitude et le remercions de nous avoir conservé sa confiance pendant ces années de collaboration. Nous sommes fier d'avoir travaillé sous sa direction et avons grandement apprécié sa patience, sa disponibilité, la qualité de son encadrement et la fréquence des conseils scientifiques qu'il nous a donnés, ainsi que les nombreux encouragements qu'ils nous a adressés. Puisse-t-il recevoir nos plus vifs remerciements pour nous avoir inculqué les principes fondamentaux de la recherche en phonétique générale et expérimentale. À travers Rudolph SOCK, nous remercions également les membres de l'Institut de Phonétique de Strasbourg pour leur soutien moral de tous les moments, leurs conseils et leurs encouragements précieux. Nous leur savons gré de nous avoir transmis cette énergie bienfaisante et dynamisante.

Nous remercions vivement Mme le Professeur Jacqueline VAISSIÈRE et M. le Professeur Pascal PERRIER d'avoir accepté la double (et sans doute lourde) charge d'évaluer ce travail et d'en être les rapporteurs. Nos remerciements les plus sincères vont également à Mme le Professeur Berthille PALLAUD et à M. le Professeur Jean-Pierre ZERLING, qui ont accepté d'examiner notre recherche doctorale. Nous tenons à assurer de notre profonde reconnaissance Mme Marie-Claude MONFRAIS, phoniatre à l'hôpital européen Georges Pompidou de Paris, qui nous a suggéré diverses références bibliographiques et nous a transmis des données sur le bégaiement en les accompagnant de ses précieux conseils. Les entrevues qu'elle nous a accordées nous ont ouvert des perspectives. Qu'elle soit sincèrement remerciée pour le temps qu'elle nous a consacré. Nous sommes également très honoré que M. ZERLING ait accepté de tenir la présidence du jury.

Nous voulons tout particulièrement assurer de notre gratitude Béatrice VAXELAIRE pour le solide suivi scientifique qu'elle nous a apporté quand elle était notre Tutrice au C.I.E.S. d'Alsace et pour son enthousiasme à nous faire découvrir la cinéradiographie. Un grand merci également à Gilbert BROCK pour son soutien technique dans l'apprentissage du protocole d'acquisition des données de parole.

Parce que mener sa recherche doctorale, c'est aussi avoir la chance de rencontrer des personnes enrichissantes, tant scientifiquement qu'humainement, nous tenons à remercier très sincèrement Mmes Péla SIMON et Catherine SCHNEDECKER et MM. Georges KLEIBER, Jean-Pierre DURAFOUR et François WIOLAND.

Merci aussi à tous mes amis qui étaient là aussi bien dans les moments de doute que de joie. Je veux parler de Fabrice MARSAC, Issam ISSA, Vincent JESPERE, Pierre HUMBERT, Marion BÉCHET, Stéphanie KUNTZ, Philippe RICHERT, Carole LARLUS-LARRONDO, Guillaume PHILLIPPE, Marie CHEKROUNE, mais aussi de tous ceux qui, à un moment ou à un autre, m'ont apporté leur aide et leur gentillesse. Nous profitons de l'occasion pour leur dire le plaisir que nous avons de les connaître. Un merci tout particulier à Marion BÉCHET et à Fabrice MARSAC, nos courageux relecteurs, qui ont accepté la charge laborieuse de relire ce travail et d'en traquer les coquilles.

Nous aimerions également remercier Véronique FERBACH-HECKER, Kofi ADUMANYAH et Cyril DUBOIS, de l'Institut de Phonétique de Strasbourg, qui ont partagé notre quotidien tout au long de ce travail de recherche.

Enfin, nous avons une pensée particulièrement émue pour feu le Professeur André BOTHOREL, que nous sommes fier d'avoir connu, notamment dans le cadre des enseignements qu'il dispensait à l'Institut de Phonétique de Strasbourg.

Table des matières

Introduction	1
I. LE BÉGAIEMENT : ÉTAT DE LA QUESTION	7
<i>1. Le bégaiement : aspect général</i>	<i>9</i>
1.1. La fluence de la parole	9
1.2. Le bégaiement : définitions, étiologies et description	10
1.2.1. Définitions	10
1.2.2. Etiologies	13
1.2.3. Le bégaiement : un trouble développemental	16
1.2.4. Description	16
1.2.4.1. Niveau psychologique	17
1.2.4.2. Niveau comportemental	18
1.2.4.3. Répercussions linguistiques	19
1.2.4.4. Au niveau articulatoire	20
1.2.4.5. Conséquences du bégaiement sur le langage	22
<i>2. Bégaiement et habileté motrice</i>	<i>23</i>
2.1. L'habileté motrice	23
2.2. À propos du contrôle moteur de la parole chez les locuteurs bègues	24
2.3. Vitesse d'élocution	26
2.4. Synthèse sur la relation entre la vitesse d'élocution et la fluence	30
2.5. Exigences linguistiques et cognitives	31
2.5.1. Exigences linguistiques	31
2.5.2. Exigences cognitives	32
2.6. Synthèse sur les exigences linguistiques et cognitives	33
2.7. Le feedback	34
2.7.1. Le feedback auditif	34

2.7.2. Le feedback visuel	35
2.7.3. Feedback kinesthétique et proprioception	36
2.7.4 Exploration de l'utilisation du feedback	36
2.8. Synthèse sur l'effet du feedback	37
2.9. Variabilité vs. flexibilité chez les sujets bègues	37
2.10. Synthèse sur la variabilité et la flexibilité	38
3. <i>L'ouverture glottique</i> -----	39
3.1. Quelques considérations sur l'ouverture glottique	39
3.2. L'activité glottique chez les personnes bègues	41
3.3. Résumé de l'activité laryngée chez les sujets bègues	44
4. <i>Définition du Voice Onset Time (V.O.T.)</i> -----	45
4.1. Les règles aérodynamiques	47
4.2. Mouvement des articulateurs	48
4.3. L'étendue du contact articuloire	50
4.4. Influence de la vitesse d'élocution sur le V.O.T.	52
4.5. Influence du contexte vocalique sur le V.O.T. des occlusives sourdes	54
4.6. Le V.O.T chez les personnes bègues	55
4.7. Résumé	57
5. <i>Définition du Voice Termination Time (V.T.T.)</i> -----	57
6. <i>Coarticulation, anticipation et bégaiement</i> -----	59
6.1. L'équation du locus	60
6.2. L'Anticipation motrice	61
6.3. L'anticipation acoustique	64
6.4. Modèles d'anticipation	67
6.5. Le bégaiement, un défaut de coarticulation ?	71
6.5.1. Que se passe-t-il au niveau coarticuloire chez les personnes bègues ?	71
6.5.2. Synthèse	73

6.5.3. Comparaison de la coarticulation chez les sujets bègues et les sujets non bègues	81
6.5.4. Synthèse	85
II. PROCÉDURE EXPÉRIMENTALE	86
<i>7. Corpus</i>	88
<i>8. Locuteurs</i>	90
8.1. Locuteurs ayant prononcé le corpus 1	90
8.1.1. Fiche signalétique	90
8.2. Locuteurs ayant prononcé le corpus 2	94
8.3. Enregistrements	95
8.3.1. Enregistrements acoustiques	95
8.3.2. Enregistrements en nasofibroscopie	95
8.4. De l'étude des différents événements acoustico-articulatoires	96
8.4.1. V.O. (Voice Onset) et V.T. (Voice Termination)	96
8.4.2. F.O. (Frication Onset) et F.T. (Frication Termination)	97
8.4.3. V.V.O. (Vocalic Voiced Onset) et V.V.T. (Vocalic Voiced Termination)	98
8.4.4. Le V.O.T.	99
8.4.5. Le V.T.T.	101
III. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX	105
<i>9. Analyses de variances</i>	107
<i>10. Résultats sur le V.O.T. et le V.T.T.</i>	109
10.1. Introduction	109
10.2. Protocole expérimental	111
10.2.1. Locuteurs	111
10.2.2. Corpus	111
10.2.3. Acquisition des données	112
10.2.4. Mesures	112

10.2.5. Analyses statistiques	112
10.3. Résultats pour les locuteurs de contrôle	113
10.3.1. Le V.O.T. suivant le lieu d'articulation de la consonne	113
10.3.2. Une observation au passage	115
10.3.3. En résumé	116
10.3.4. Comparaison des valeurs du V.O.T. en fonction du contexte vocalique	118
10.4. Résultats pour les locuteurs bègues et anciens bègues	120
10.4.1. Le V.O.T. en fonction du lieu d'articulation	120
10.4.2. Le V.O.T. en fonction du contexte vocalique	121
10.4.3. Pour résumer	121
10.5. Comparaison de la durée du V.O.T. entre sujets de contrôle, sujets bègues et anciens sujets bègues	122
10.6. Bilan partiel	123
10.7. Etude du délai d'arrêt du voisement	124
10.7.1. Protocole expérimental	125
10.7.2. Mesures	125
10.7.3. Analyses statistiques	126
10.7.4. Résultats pour les locuteurs de contrôle	126
10.7.5. Comparaison de la durée du V.T.T. entre sujets de contrôle, sujets bègues et anciens sujets bègues	128
10.7.6. En résumé	128
10.7.7. Comparaison de la durée du V.T.T. pour les sujets bègues, les anciens bègues et les sujets de contrôle	128
10.8. En bref	129
10.9. Synthèse générale des résultats sur le V.O.T. et sur le V.T.T.	129
<i>11. Etude du temps de réaction laryngée-----</i>	<i>133</i>
11.1. Introduction	133
11.2. Protocole expérimental	134
11.2.1. Locuteurs et acquisition	134
11.3. Analyse des résultats	136
11.3.1. Disflueance dans la phrase : « <i>Il faut la faire sans aucun regret</i> »	136
11.3.1.1. Locuteur de contrôle	136

11.3.1.2. Locuteur bègue	138
11.3.1.3 Bilan partiel	151
11.3.2. Disfluece dans le mot : « <i>coupe-papier</i> »	151
11.3.2.1. Locuteur de contrôle	151
11.3.2.2. Locuteur bègue	154
11.3.2.3. Pour résumer	159
11.3.3. Synthèse	160

12. Etude de l'espace vocalique-----161

12.1. Introduction	161
12.2. Méthode expérimentale	161
12.2.1. Locuteurs	161
12.2.2. Corpus	162
12.2.3. Acquisition des données	162
12.2.4. Mesures	163
12.2.5. Etude de la coarticulation	164
12.2.6. Résultats expérimentaux	165
12.3. Résultats expérimentaux	165
12.3.1. Etude de l'espace vocalique chez les Locuteurs de Contrôle (LC)	165
12.3.1.1. Etude de l'espace vocalique en fonction de la durée vocalique (locuteurs LC)	165
12.3.1.1.1. Séquences [pV]	165
12.3.1.1.1.1. Durée vocalique	165
12.3.1.1.1.2. Espace vocalique	167
12.3.1.1.1.2.1. Structure formantique du [i]	168
12.3.1.1.1.2.2. Structure formantique du [a]	169
12.3.1.1.1.2.3. Structure formantique du [u]	170
12.3.1.1.1.3. Comparaison de l'aire des triangles vocaliques	171
12.3.1.1.1.4. Etude de la dispersion	172
12.3.1.1.1.5. Etude de la coarticulation	173
12.3.2. Séquences [tV] et [kV]	175
12.3.2.1. Durées vocaliques	175
12.3.2.2. Espace vocalique	177
12.3.2.3. Comparaison de l'aire des triangles vocaliques	178

12.3.2.4. Etude de la coarticulation	178
12.3.3. Pour résumer	181
12.3.4. Etude de la durée vocalique et de l'espace vocalique chez les locuteurs bègues	182
12.3.4.1. Etude de l'espace vocalique en fonction de la durée vocalique	182
12.3.4.1.1. Séquences [pV]	182
12.3.4.1.1.1. Durée vocalique	182
12.3.4.1.1.2. Espace vocalique	184
12.3.4.1.1.2.1. Structure formantique du [i]	185
12.3.4.1.1.2.2. Structure formantique du [a]	186
12.3.4.1.1.2.3. Structure formantique du [u]	187
12.3.4.1.1.3. Calcul de l'espace vocalique	187
12.3.4.1.1.4. Etude de la dispersion	188
12.3.4.1.1.5. Etude de la coarticulation	189
12.3.4.1.2. Séquences [tV] et [kV]	191
12.3.4.1.2.1. Durée vocalique	191
12.3.4.1.2.2. Espace vocalique	193
12.3.4.1.2.3. Calcul de l'espace vocalique	194
12.3.4.1.2.4. Etude de la coarticulation	195
12.3.5. Synthèse	196
12.3.6. Etude de l'espace vocalique chez les bègues ayant suivi une thérapie (locuteurs AB)	198
12.3.6.1. Séquences [pV]	198
12.3.6.1.1. Durée vocalique	198
12.3.6.1.2. Espace vocalique	199
12.3.6.1.2.1. Structure formantique du [i]	200
12.3.6.1.2.2. Structure formantique du [a]	201
12.3.6.1.2.3. Structure formantique du [u]	202
12.3.6.1.3. Calcul de l'espace vocalique	203
12.3.6.1.4. Etude de la dispersion	204
12.3.6.1.5. Etude de la coarticulation	205
12.3.6.2. Séquences [tV] et [kV]	207
12.3.6.2.1. Durée vocalique	207
12.3.6.2.2. Espace vocalique	208
12.3.6.2.3. Calcul de l'espace vocalique	210
12.3.6.2.4. Etude de la coarticulation	210

12.3.7. Pour résumer	212
12.4. Bilan partiel	213
IV. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS	215
V. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	222
Bibliographie	226
Annexes	

Introduction

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'un thème de recherche mené à l'Institut de Phonétique de Strasbourg et dans la Composante *Parole et Cognition* de l'E.A. 1339 LiLPa. Il porte sur la *perturbation* et le *réajustement* dans le domaine de la production et de la perception de la parole. Nous nous sommes plus particulièrement intéressé, pour nos recherches dans le domaine de la parole dite « pathologique », au *bégaiement*, qui permet d'analyser des syllabes disfluentes et des syllabes fluentes.

Le bégaiement est un trouble dont les témoignages notés sont relativement anciens. L'un des premiers écrits relatant l'existence de ce trouble est en effet *Le Conte du Naufragé*, ouvrage datant du II^e millénaire avant Jésus-Christ :

« Tu parleras au roi avec présence d'esprit et répondras sans bégayer. La bouche de l'homme le sauve ; sa parole fait qu'on lui montre un visage avenant » (Le Conte du Naufragé).

Durant l'antiquité, la cause avancée pour expliquer l'apparition de ce trouble était d'ordre organique. Ainsi, le premier organe cité comme responsable du bégaiement fut la langue. Pour exemple, Hippocrate (460-377 av. J.-C.) considérait que celle-ci était trop peu humide chez les personnes bègues. De même, Aristote (384-322 av. J.-C.) pensait que la langue était d'une trop grande épaisseur ou trop paresseuse chez les personnes atteintes de ce dysfonctionnement. À l'inverse, Galien (131-201) la jugeait trop froide et trop mouillée. Du fait que les médecins d'alors considéraient ce « mal » comme un problème organique, de nombreuses opérations de la langue, d'une efficacité douteuse, ont été réalisées durant une longue période. D'autres organes tels que le larynx ou le cerveau ont par la suite été vus comme la cause possible de ce trouble.

Ces hypothèses sur l'étiologie du bégaiement ont traversé plusieurs siècles. Au XVII^e siècle encore, Bacon pensait que la langue était trop épaisse et froide. Pour soigner les personnes souffrant de ce trouble, il préconisait à ses patients de boire une dose modérée de

vin. Même si le remède était davantage apprécié par les personnes atteintes de bégaiement, il ne fut pas plus efficace.

Plus tard, la réflexion sur le bégaiement semblait évoluer. En 1783, Mendelsohn commençait à penser que la cause du bégaiement était principalement d'ordre psychologique. Il suggérait que ce trouble provenait de collisions entre différentes idées tentant d'utiliser à des moments identiques les mêmes organes de la parole.

Ce n'est qu'à partir du milieu du XIX^e siècle que l'on commença à considérer le bégaiement non plus comme un problème organique, mais comme un défaut du fonctionnement langagier. Même si les opérations de la langue étaient encore parfois réalisées, elles cédèrent progressivement la place à des exercices de respiration, de diction, de scansion, dont les plus connus étaient ceux de Gutzmann (1870).

Au fur et à mesure que le temps passait, d'autres aspects (neurologiques, psychologiques,) ont fini par entrer en compte dans la description du bégaiement. Ainsi, les médecins ont fini par prendre en considération de nouveaux paramètres : étant donné que les disfluences interviennent surtout en présence de monde, le bégaiement a fini par être observé comme un *trouble de la communication*, et non plus comme un problème touchant simplement à la parole. De même, la psychanalyse, science naissante à l'époque, s'intéressa également à ce trouble.

Aujourd'hui, le bégaiement se définit comme un *trouble du rythme de la parole* dans lequel l'individu sait exactement ce qu'il veut dire, mais est incapable de le dire en raison d'une répétition involontaire, d'une prolongation ou de l'arrêt d'un son (Organisation Mondiale de la Santé, 1977). Il s'agirait en fait d'une *perturbation* momentanée de la coordination des gestes de la parole. S'il s'agit de la caractéristique la plus criante chez les personnes bègues, d'autres traits moins perceptibles spécifient également ce trouble. Autrement dit, d'autres éléments que les prolongations ou les blocages, mais qui sont moins perceptibles, le caractériseraient également. Nous en parlerons dans l'État de la Question (Chapitre 3.).

L'objectif de nos recherches, menées sur le *plan acoustique*, est de tenter de répondre aux questions suivantes :

1. Cette *perturbation* de la *coordination motrice* est-elle également visible dans le signal de parole lors de productions fluides ?
2. Le manque de coordination motrice a-t-il des conséquences sur l'établissement et sur l'arrêt du voisement en parole fluide ?
3. Si oui, comment ce manque de coordination motrice se traduit-il lors des disfluences ?
4. Le manque de coordination évoqué aura-t-il des conséquences sur la qualité des sons produits ? Autrement dit, la structure formantique des voyelles sera-elle comparable chez les locuteurs de contrôle et les sujets bègues en vitesse d'élocution normale ?
5. L'accélération de la *vitesse d'élocution*, en tant que *perturbateur naturel* du système de production-perception de la parole, engendra-t-elle les mêmes conséquences pour les deux groupes de sujets ?

Afin de répondre à ces interrogations, nous étudierons l'*organisation temporelle* (ou *timing*) de la parole produite par des personnes bègues, des anciens sujets bègues et des locuteurs de contrôle. Acceptant, d'après la littérature (voir Chapitre 6.), que le bégaiement se manifeste surtout dans les phases de transition entre éléments consonantiques et vocaliques, nos investigations se focaliseront sur des phases transitoires dites intrasegmentales (décrites dans le Chapitre 4.).

Nos *hypothèses* générales relatives à l'*organisation temporelle* des productions des sujets bègues sont les suivantes :

1. Etant donné que le bégaiement implique un problème de coordination oro-laryngée (cf. le Chapitre 3.), nous pensons déceler dans le *timing acoustique* des « anomalies » au niveau de la coordination temporelle entre des gestes supraglottiques et la mise en route de l'activité glottique. En d'autres termes, les patrons temporels oro-laryngés chez les personnes bègues ne devraient pas

ressembler à ceux habituellement attestés dans la littérature ou à ceux de nos locuteurs de contrôle.

2. La gestion de la variation de la vitesse d'élocution étant problématique chez le sujet bègue, il est probable que cette difficulté soit accentuée dans la coordination des phases de transition oro-laryngée.
3. Le groupe des anciens sujets bègues devrait afficher un comportement semblable, sinon proche, à celui des locuteurs de contrôle, acceptant que la thérapie suivie ait été bénéfique sur le plan du contrôle entre les gestes du larynx et ceux du conduit vocal supraglottique.

Si le timing acoustique oro-laryngé présente des anomalies chez les sujets bègues, il serait judicieux d'examiner le comportement laryngé de ces derniers.

Nous tenterons, le cas échéant, de voir, à partir de données *nasofibroscopiques*, si des événements se déroulant au niveau glottique pourraient expliquer, au moins en partie, cet éventuel manque de coordination temporelle au plan acoustique.

Notre *hypothèse* principale sur l'*activité glottique* chez le sujet bègue, suivant la littérature (voir le Chapitre 3.), serait celle-ci : nous devrions déceler un « temps de réaction glottique » remarquablement long chez le sujet bègue en phase disfluente, comparé au « temps de réaction glottique » du sujet de contrôle. Un possible « temps de réaction glottique » trop long pourrait correspondre à la présence d'activités laryngées inadéquates, telles des ouvertures et des fermetures anormales de la glotte en phase pré-phonatoire (Watson et Alfonso, 1987).

Si ces deux investigations portent essentiellement sur des données temporelles (et qualitatives pour les films nasofibroscopiques), une autre partie sera consacrée à l'étude de la *structure formantique* des voyelles en parole fluente (chez tous les sujets).

Depuis Lindblom (1963), on sait en effet que la structure formantique des voyelles n'est pas la même selon la vitesse d'élocution employée. Ainsi, lorsqu'un locuteur parle très rapidement, un phénomène d'« *undershoot* », consistant à attirer les voyelles vers le centre de

l'espace vocalique, a lieu. Pour les sujets bègues, en revanche, très peu d'études ont été réalisées sur l'« *undershoot* » en vitesse d'élocution rapide. Pourtant, une étude de ce type pourrait présenter un certain intérêt, étant donné que la structure formantique des voyelles a souvent été décrite comme centralisée par rapport à des sujets sans trouble de la parole (Blomgren *et al.*, 1998), et cela déjà en vitesse d'élocution normale. Par conséquent, et partant de l'hypothèse où le triangle vocalique est fortement restreint en vitesse d'élocution normale, la question serait de savoir si l'espace vocalique subira plus de réduction en vitesse d'élocution rapide.

Notre *hypothèse* générale relative à l'espace vocalique des sujets bègues est la suivante : si le triangle vocalique est déjà fortement restreint en vitesse d'élocution normale chez les sujets bègues, nous pensons que davantage de réduction d'un espace déjà relativement exigü ne pourrait pas se faire pas, en raison de la nécessité de préserver une certaine distance entre les voyelles pour une meilleure perception des contrastes vocaliques.

Les *motivations* de cette recherche sont principalement de deux ordres :

1. D'abord, nous avons voulu apporter une contribution aux études préoccupées par des phénomènes de *perturbation* et de *réajustement* en production de la parole. L'analyse de la production de la parole chez des sujets bègues, que cela soit en phase fluente ou en phase disfluente, devrait contribuer à améliorer les connaissances que nous avons sur les stratégies mises en òuvre par ces locuteurs afin que le message linguistique soit compréhensible. Les données sur la parole « pathologique » en général permettent, dans certains cas, de déterminer les limites du fonctionnement adéquat du système de production-perception de la parole. Elles peuvent parfois nous indiquer le degré de flexibilité du système et les moyens dont disposent certains sujets souffrant de tels troubles pour *compenser* leurs difficultés. Il s'agit ainsi de contribuer à la compréhension de la parole dite « normale » en faisant un détour par la parole dite « pathologique ».
2. Ensuite, nous nous sommes rendu à l'évidence du manque de données et de résultats expérimentaux portant sur le timing articulatoire-acoustique exploitant le *paradigme de la variation de la vitesse d'élocution* en tant que paramètre *perturbateur* du système de production-perception de la parole. Il en va de même des études réalisées

sur l'«undershoot» en vitesse d'élocution rapide chez les sujets bègues. Nous espérons ainsi apporter une contribution à l'analyse et à la rationalisation de telles données qui, à notre connaissance, ne sont pas attestées dans la littérature pour le français.

L'organisation de ce travail est la suivante :

Notre première partie sera consacrée à l'exposé de l'état de la question. Il portera sur le bégaiement, sur la configuration glottique, sur les Voice Onset / Termination Times, ainsi que sur différentes considérations spectrales.

La deuxième partie portera sur la procédure expérimentale. Il y sera question des corpus utilisés, ainsi que des locuteurs.

La troisième partie portera sur les résultats. Le premier chapitre exposera nos données sur les délais d'établissement et de fin de voisement, le deuxième sur les observations réalisées à partir des films en nasofibroscopie, le troisième sur la structure formantique des voyelles et le quatrième sur les transitions formantiques.

Une synthèse des résultats suivra cette partie.

I.

LE BÉGAIEMENT :

ÉTAT DE LA QUESTION

Résumé

Cette partie présente un état de la question portant sur le bégaiement et les différents paramètres qui seront décrits par la suite.

Dans le Chapitre 1., nous définissons le bégaiement par rapport à son étiologie et aux différentes caractéristiques psychologiques, comportementales et articulatoires. Il sera possible de constater, entre autres, que le bégaiement est un trouble de la communication qui se manifeste par des disfluences (arrêt de sons, blocages, répétitions) plus spécifiques et plus fréquentes par rapport à des locuteurs de contrôle.

Le Chapitre 2. porte sur l'habileté motrice chez les personnes bègues. Celle-ci semble en effet plus limitée chez ces derniers par rapport à des locuteurs sans trouble de la parole.

Le Chapitre 3. traite de l'ouverture glottique. Dans un premier temps, une description de la configuration glottique lors de la production de sons sera donnée. Puis nous donnerons quelques caractéristiques du fonctionnement glottique chez les personnes bègues.

Quant au Chapitre 4., il évoquera la durée du délai d'établissement du voisement et d'arrêt du voisement. Ce paramètre, qui dépend de nombreux facteurs comme la pression d'air, le lieu d'occlusion consonantique ou l'étendue de contact, peut être considéré comme pertinent pour mesurer le timing chez les personnes bègues.

Le Chapitre 5. traite du délai de fin de voisement. Nous verrons que cet intervalle varie en fonction de différents paramètres, comme, par exemple, le lieu d'articulation consonantique.

Le Chapitre 6. portera sur des considérations qualitatives. Nous aborderons ainsi des questions ayant trait à la structure formantique des voyelles produites par des sujets bègues ou non bègues et nous donnerons quelques éléments sur la coarticulation qui peut se révéler anormale chez les personnes atteintes de ce trouble de la communication.

1. Le bégaiement : aspect général

1.1. La fluence de la parole

La fluence peut se définir comme la capacité à parler sans effort et sans à-coup. À l'oral, la fluence se caractérise par (Starkweather, 1987) :

- de la continuité dans la parole ;
- une vitesse d'élocution relativement rapide qui est susceptible de varier selon les besoins du locuteur ;
- un minimum d'effort articulaire ;
- un rythme d'élocution comportant des groupes rythmiques de 5-6 syllabes espacés par de légères pauses.

Un auditeur juge un discours fluent si les pauses, dans ce discours, se produisent à des moments linguistiques clés et si ces dernières apportent au message linguistique à transmettre l'information syntaxique et sémantique nécessaire à sa compréhension.

En parole non-pathologique, certaines disfluences peuvent être considérées comme normales voire naturelles. Ainsi, Goldman-Eisler (1968) a montré qu'elles occupaient 40% à 50% du discours pour des locuteurs sans trouble de la parole. De même, Beattie et Bradbury (1979) ont montré, par exemple, que les répétitions de mots et de syllabes augmentaient de 104% en même temps que la qualité narrative diminuait, lorsqu'un locuteur était obligé de combler les pauses dans son discours.

En fait, les notions de *capacités* et de *demandes* sont régulièrement employées pour évoquer la fluence verbale. Les performances langagières sont ainsi limitées et par le degré de complexité requis pour réaliser une tâche, et par les capacités du système du locuteur. Il est à noter que ces capacités peuvent être altérées par certains paramètres comme la fatigue, le stress, les émotions. Par conséquent, une parole sera fluente si les capacités du système sont supérieures aux demandes langagières. Lorsque les capacités du système ne sont pas au

niveau des exigences requises, des réajustements normaux du système indiquant que les demandes sont supérieures aux capacités seront observés.

Pour résumer, la présence de disfluences dans la parole est donc normale et nécessaire puisqu'elles permettent de maintenir une certaine stabilité du système, en cas de reformulations, par exemple. Mais si leur fréquence ou leur nature sortent de l'ordinaire, on peut parler d'un trouble de la parole tel que la dysarthrie, la dysphonie ou encore le bégaiement.

1.2. Le bégaiement : définitions, étiologies et description

Le bégaiement engendre un trouble plus complexe de la communication qui se manifeste par des disfluences dans la parole, étant donné que des pauses involontaires, entre autres, se sont immiscées à l'intérieur des groupes rythmiques.

1.2.1. Définitions

Plusieurs définitions du bégaiement reviennent régulièrement dans la littérature que nous avons parcourue jusqu'à présent. La première est celle de Andrews et Harris (1964) qui pose le bégaiement comme une interruption du rythme de la parole qui serait due à des disfluences anormales et revenant très souvent la parole. Non seulement ces disfluences attirent l'attention, mais elles interfèrent dans la communication et causent des désagréments pour le locuteur bègue et pour ses auditeurs. Les personnes atteintes de ce trouble savent précisément ce qu'elles souhaitent exprimer, mais sont momentanément incapable de parler facilement en raison d'une répétition involontaire, d'une prolongation de son ou de l'arrêt d'un son :

Stuttering is an interruption in the normal rhythm of speech of such frequency and abnormality as to attract attention, interfere with communication, or cause distress to a stutterer or his audience. He knows precisely what he wishes to say, but at the time is unable to say it easily because of an involuntary repetition, prolongation or cessation of sound.
(p.1)

La définition de l'Organisation Mondiale de la Santé (1977) reprend la description de Andrews et Harris (1964) en parlant du bégaiement comme un trouble du rythme de la parole dans lequel l'individu sait exactement ce qu'il veut dire, mais est incapable de le dire en raison d'une répétition involontaire, d'une prolongation ou de l'arrêt d'un son :

Disorders in the rhythm of speech, in which the individual knows exactly what he wishes to say, but at the time is unable to say it because of involuntary, repetitive prolongation or cessation of a sound. (p. 202)

Cela tend à mettre en avant la relation entre l'altération de la fluence verbale et la difficulté, voire l'impossibilité momentanée, pour le locuteur bègue de contrôler les gestes de la parole.

Une autre définition du bégaiement est également souvent citée dans la littérature traitant de ce trouble de la parole. Il s'agit de celle de Wingate (1964), qui explique que le bégaiement est une perturbation de la fluence de l'expression verbale caractérisée par des répétitions involontaires audibles ou silencieuses ou des prolongations dans l'énonciation de certains éléments courts de la parole, à savoir : les sons, les syllabes et les mots monosyllabiques. Ces perturbations surviennent fréquemment et ne sont pas contrôlables. Parfois ces perturbations sont accompagnées d'activités impliquant l'appareil phonatoire, mais aussi d'activations d'autres parties du corps qui ne sont pas liées à la parole, et d'expressions langagières stéréotypées. Les perturbations en question paraissent liées à une sorte de « lutte pour parler ». De plus, il n'est pas rare d'observer un état émotionnel allant de l'« excitation » ou de la « tension » à des émotions négatives plus spécifiques, telles que la frayeur, l'embarras, l'irritation, etc. Le point de départ du bégaiement est une incoordination périphérique de production de la parole ; la cause en est encore inconnue actuellement et peut être complexe ou composée :

The term "stuttering" means:

1. (a) Disruption in the fluency of verbal expression, which is (b) characterized by involuntary, audible, or silent repetitions or prolongations in the utterance of short speech elements, namely: sounds, syllables, and words of one syllable. These disruptions (c) usually occur frequently or are marked in character and (d) are not readily controllable.

2. Sometimes the disruptions are (e) accompanied by accessory activities involving the speech apparatus, related or unrelated body structures, or stereotyped speech utterances. These activities give the appearance of being speech-related struggle.

3. Also, there are not infrequently (t) indications or report of the presence of an emotional state, ranging from a general condition of "excitement" or "tension" to more specific emotions of a negative nature such as fear, embarrassment, irritation, or the like. (g) The immediate source of stuttering is some incoordination expressed in the peripheral speech mechanism; the ultimate cause is presently unknown and may be complex or compound. (p. 488)

D'un point de vue purement linguistique, le bégaiement est un trouble qui ne touche ni à la conceptualisation d'un objet ni à son signifié, mais au signifiant oral de ce dernier. Ainsi, lorsque un locuteur bègue observe un arbre, par exemple, il est capable d'en avoir une représentation mentale, tout comme un sujet non bègue, d'en avoir une définition, de la même façon qu'un locuteur sans trouble de la parole, mais il risquera d'avoir des difficultés (temporaires) pour l'exprimer oralement.

Le bégaiement concerne 1% de la population mondiale. Il peut survenir lors du développement linguistique dans l'enfance, mais aussi alors que l'enfant parlait sans difficulté. Ainsi, ce trouble s'installe dans 90% des cas avant 7 ans. Comme la plupart des troubles de la parole, le bégaiement atteint beaucoup plus fréquemment les hommes que les femmes : au-delà de 4 ans, le rapport est d'une femme atteinte pour 4 hommes (Yairi et Ambrose, 1992).

Ces définitions du bégaiement relèvent plus d'une description de ce trouble que d'une définition à proprement dit. Il est difficile de fournir une explication rigoureuse de ce qu'est le bégaiement dans la mesure où l'origine du trouble est encore inconnue à ce jour, comme l'affirme la définition précédente. Néanmoins, quelques causes sont régulièrement citées sous forme d'hypothèses.

1.2.2. Etiologies

Il existe donc beaucoup d'hypothèses quant à l'origine du bégaiement, mais toutes connaissent leurs limites.

Plusieurs recherches ont mis en avant des *facteurs physiologiques* pour expliquer le bégaiement. Déjà en 1928, Orton avait émis l'hypothèse que le bégaiement provenait d'un dysfonctionnement neurophysiologique. Ils supposaient un développement incomplet de la dominance hémisphérique, autrement dit aucun des deux hémisphères ne prend l'ascendant sur l'autre, ce qui engendrerait une trop grande dispersion de l'activité cérébrale. Il est à noter encore que leurs observations visaient plus particulièrement des sujets manuellement gauchers contrariés. Orton (1928), en effet, mettait en relation la préférence manuelle et la dominance hémisphérique. Cela leur permettait de supposer une relation entre le bégaiement et la préférence manuelle, puisque l'on pensait, dans le premier quart du XX^e siècle, que beaucoup de locuteurs bègues étaient gauchers ou ambidextres. Si, à cette époque, cela n'avait pu être prouvé, les moyens d'alors n'étant pas suffisamment aboutis pour confirmer ou infirmer de tels propos, des recherches actuelles, faites à partir d'I.R.M. fonctionnelles, ont permis de vérifier cette hypothèse.

Si, aujourd'hui, très peu de personnes croient en la relation entre le bégaiement et la préférence manuelle, des études telles que celle de Braun *et al.* (1997), Fox *et al.* (1996) ou encore celle de Kroll *et al.* (1997) ont confirmé ce problème de latéralisation hémisphérique pour des sujets bègues lors d'une tâche de parole.

Kroll *et al.* (1997), par exemple, ont pu observer une dispersion de l'activité cérébrale entre les deux hémisphères chez leurs sujets bègues, ce qui aurait pour conséquence d'augmenter les efforts à fournir lors de la production de la parole et de rendre le processus de la parole moins fluent. D'après ces auteurs, les activations cérébrales finiraient par être moins disparates, non pas juste après une rééducation de la parole, mais un an après cette rééducation, le temps mis pour que la parole soit « à nouveau automatique » - la rééducation aurait eu pour effet de faire prendre conscience au locuteur de son trouble, d'où une perte de l'automatisme de la parole (voir Figure 1).



Figure 1. Observation de l'activité cérébrale avant le début du traitement (à gauche), après le traitement (au milieu) et un an après le traitement (à droite). D'après Kroll et De Nil (1997).

Le *facteur génétique* est également souvent cité comme une cause possible du bégaiement, même si l'on parlera plus de prédisposition que d'hérédité. Il n'y a pas de déterminisme pour ce trouble de la parole : un enfant ayant un parent bègue ne sera pas forcément bègue lui-même. Néanmoins, le risque serait quand même multiplié par trois et il est encore plus important lorsque c'est la mère qui est atteinte de ce trouble de la parole. À noter que des études comparatives sur des jumeaux monozygotes et dizygotes ont montré une plus grande concordance au niveau du bégaiement pour les premiers que pour les seconds. En d'autres termes, si l'un des frères bégaye, le second a plus de chances de bégayer également s'il partage tous ses gènes avec son frère que s'il n'en partage que la moitié (Howie, 1981 ; Andrews *et al.*, 1991). De même, l'étude faite par Felsenfeld (2004) a prouvé que le bégaiement est davantage lié au fait qu'un des parents biologiques bégaye qu'au fait que les parents adoptifs bégayent, ce qui signifierait que les liens génétiques sont plus importants que l'influence de l'environnement.

Mais, même si la relation entre le bégaiement et la génétique n'est plus à prouver, ce lien laisse encore un grand nombre de questions en suspens. Tout d'abord, le mode de transmission n'est pas encore clair. De même, la fréquence du trouble en fonction du sexe ou le bégaiement touchant des hommes dans 80% des cas ou suggère fortement une influence du sexe dans l'hérédité. Mais, à ce jour, l'établissement de l'existence d'un ou de plusieurs « gène(s) du bégaiement » n'est pas encore possible, même si des études portant sur cette problématique sont actuellement en cours. À noter encore qu'un grand nombre de théories liant le bégaiement à la génétique ont vu le jour, dont celle de Cox (1988), qui suppose que les gènes pouvant être impliqués dans le bégaiement sont également importants dans la

latéralisation hémisphérique qui s'établit dans la petite enfance. Cette hypothèse a pour intérêt d'offrir un « pont » entre les facteurs d'hérédité et de génétique.

Une autre hypothèse également importante relative à l'origine du bégaiement est celle de W. Johnson (1942). Lorsqu'un enfant apprend à parler, son élocution n'est pas encore parfaite : on parlera alors de disfluences normales, ou même de bégaiement physiologique. Cette hypothèse, également appelée hypothèse de « diagnosogénique » ou « sémantogénique », affirme que le bégaiement provient de disfluences normales qui sont diagnostiquées comme du bégaiement par l'enfant et / ou son environnement. Si une ou des personne(s), telle(s) que les parents par exemple, interprète(nt) ses altérations de la parole comme du bégaiement, l'enfant va chercher à lutter contre ses disfluences, et plus il essaiera, plus son discours sera disfluent. Un cercle vicieux s'établit alors et le bégaiement s'installe progressivement. Selon cette hypothèse, « le bégaiement ne naît (donc) pas dans la bouche de l'enfant mais dans l'oreille des parents ». Cela implique également que, au départ, il n'y aurait pas de différence entre les enfants bègues et les enfants non bègues au niveau de la disfluence. Pour en arriver à ces conclusions, Johnson avait réalisé un grand nombre d'entretiens avec des parents d'enfants bègues et des parents d'enfants non bègues, afin de connaître les phénomènes de parole qui ont été interprétés comme du bégaiement. L'étude avait montré que les mêmes disfluences étaient apparues dans chaque groupe d'enfants et que ces deux groupes ne pouvaient pas être distingués sur la base des disfluences.

Une hypothèse qui a reçu un intérêt considérable est le modèle « d'exigences et de capacités » de Starkweather (1987). Selon cette étude, le bégaiement débute si les exigences de l'environnement sur la fluence de l'enfant dépassent ses capacités de fluence en termes de vitesse d'élocution, de développement linguistique de ce dernier. Autrement dit, si l'entourage de l'enfant, en général les parents, a trop d'attentes linguistiques vis-à-vis de ce dernier, un bégaiement risque de se déclencher et cela risque même de l'entretenir. A noter que ces capacités incluent les savoir-faire moteurs, cognitifs et linguistiques qui rendent la parole courante. Le fait que l'enfant continue à bégayer dépendra donc de sa capacité à satisfaire aux exigences conversationnelles.

Toutefois, plusieurs nuances sont à apporter à cette hypothèse. Il est d'abord important de souligner que ce modèle n'a pas encore été validé empiriquement. De même, comme l'affirme Adams (1990), le moment à partir duquel les capacités de l'enfant sont dépassées et

le début du bégaiement n'est pas clairement défini. Le laps de temps au cours duquel cette situation peut durer avant que le bégaiement ne s'installe, ainsi que le pourquoi du bégaiement plutôt qu'un autre dysfonctionnement ne sont pas clairs non plus. Cependant, ce modèle propose des perspectives thérapeutiques intéressantes puisqu'il signifierait qu'une fois que l'enfant a commencé à bégayer, on peut le faire revenir à une fluence « plus normale » en réduisant les exigences portant sur la fluence de la parole et / ou en augmentant les capacités de l'enfant dans ce domaine.

1.2.3. Le bégaiement : un trouble développemental

Le bégaiement peut parfois se déclarer suite à un événement heurtant les habitudes de l'enfant (un déménagement, l'entrée à l'école, etc.). Il peut également provenir d'un traumatisme lié à un accident, un deuil, un choc psychologique. Ces événements ne seraient pas la cause du bégaiement mais révéleraient une prédisposition préexistante à ce trouble, prédisposition sans laquelle le choc rencontré par l'enfant n'aurait pas eu autant de conséquences.

L'apparition de ce trouble peut également survenir suite à un choc neurologique, comme un traumatisme crânien, un accident vasculaire... Dans ce cas, les symptômes seront alors légèrement différents puisque les bégayages resteront stables dans tous les contextes et le locuteur atteint de cette manière ne développera pas de stratégie d'évitement.

1.2.4. Description

Avant de commencer à décrire les différentes manifestations du bégaiement, il est utile de signaler que le bégaiement n'est pas une incapacité articulatoire mais une perturbation de la coordination des gestes de la parole. En effet, ce trouble se caractérise par des spasmes appelés parfois myoclonies (cf., par ex., Monfrais-Pfauwadel, 2005). Nous y reviendrons plus tard.

1.2.4.1. Niveau psychologique

Il est vrai que l'objectif principal de cette recherche est l'étude du timing acoustique et la caractérisation spectrale du signal de parole chez la personne bègue. Néanmoins, il est difficile de contourner une présentation, ne serait-ce concise, des aspects psychologiques qui semblent jouer un rôle prépondérant dans ce trouble. En conséquence, nous exposons ici quelques facteurs psychologiques habituellement présentés dans la littérature sur le bégaiement.

La parole est une faculté que l'homme emploie sans qu'il se rende directement compte des gestes articulatoires qu'il effectue. Ainsi, lorsqu'une personne s'exprime, elle réfléchit principalement au contenu de son discours et quasiment pas sur les mécanismes de production de la parole. En ce qui concerne les locuteurs bègues, le processus ne serait pas le même, puisque leur attention porterait surtout sur la production de la parole, ce qui se ferait au détriment du contenu et qui aurait surtout pour conséquence de créer de la disfluence (Vincent, 2005).

De ce fait, la partie la plus visible du bégaiement se situe dans la parole. Néanmoins, ce trouble de la parole est souvent accompagné de problèmes psychologiques qui en sont soit la cause, soit la conséquence.

Ils peuvent en effet être la cause du bégaiement, car il est possible qu'une hypersensibilité puisse provoquer le bégaiement chez un locuteur, ou au moins l'accentuer.

Mais ces troubles psychologiques peuvent également apparaître une fois le bégaiement installé et peuvent, comme mentionné plus haut, l'accentuer. Ces derniers peuvent se manifester de plusieurs façons (Hunt, 1984) :

1. *La peur* : il s'agit ici de la crainte ou de l'anticipation de quelque chose de déplaisant dans un avenir proche. C'est la quasi-certitude, pour la personne bègue, de se retrouver dans une situation ou dans une succession de situations difficiles. Ainsi, certaines peurs sont liées à des situations spécifiques comme la crainte de parler au téléphone, de demander un renseignement, etc. D'autres craintes peuvent également

être liées aux conditions de la communication. Il peut arriver, par exemple, qu'il soit urgent pour la personne bègue de communiquer : dans certains cas, le locuteur bègue parlera sans contrainte, dans d'autres, il lui sera impossible de produire un son, ou la qualité de la parole sera moindre. La crainte associée à l'acte de parler peut aussi varier selon le contenu communicatif des énoncés. Ainsi, il sera plus difficile au sujet bègue, comme d'ailleurs au locuteur normal, de formuler des idées à contenu propositionnel élevé comparativement à des idées exprimables par des formules stéréotypées. Enfin, les craintes peuvent aussi être déclenchées par l'anticipation à prononcer certains sons ou certains mots en particulier. Il est à noter que cette peur peut avoir pour conséquence le remplacement de mots composés de sons que le locuteur bègue croit difficiles à prononcer par un mot sans le ou les sons(s) réputé(s) difficile(s). La vie d'une personne atteinte d'un bégaiement chronique peut donc se résumer par la peur de s'exprimer et par une suite d'anticipations négatives.

2. *Le continuum de la gêne, de la honte et de la culpabilité* : il s'agit là de la conséquence de la crainte anticipée. Comme il l'avait prévu, le sujet bègue bloque, se répète, hésite, exécute des gestes inappropriés et immédiatement après, la gêne et la honte s'installent, tout comme, parfois, un sentiment de culpabilité. L'acte de parole manqué n'est en soi pas plus étrange qu'un geste maladroit chez la personne non bègue. Quant au sujet bègue, il croit très souvent que son trouble de la parole est interprété par ses interlocuteurs comme la preuve d'une infériorité généralisée. En d'autres termes, le sujet bègue établit un transfert sur le monde qui l'entoure et se sert de ce transfert pour se juger et imaginer la réaction de l'« extérieur » quant à son trouble de la parole. C'est ici que le conflit intrapsychique s'installe car le locuteur bègue se considère comme une personne « normale », mais qui a des difficultés à parler.

1.2.4.2. Niveau comportemental :

Etant donné que le bégaiement est une gêne pour le locuteur bègue, ce dernier a tendance à utiliser diverses stratégies comportementales pour se désengager de ses blocages ou les camoufler.

Ainsi, il n'est pas rare de voir le bégaiement accompagné de mouvements soudains de la tête, du tronc, des bras, des jambes et des pieds, de voir apparaître sur le visage du locuteur bégue des grimaces ainsi que des contorsions de narines. Ces comportements semblent être des moyens que se donne la personne bégue pour se dégager de son blocage.

Certains sujets semblent également vouloir cacher leurs difficultés d'élocution, soit en mettant une main devant leur bouche ou en tournant la tête de côté, ou même en riant. Si ces gestes ont pour but, au début, de cacher les répétitions et blocages, ils finissent, très souvent, par devenir des « automatismes ».

De façon générale, la personne bégue cherche à éviter les situations dans lesquelles il doit communiquer et à ne pas se mettre en avant. De même, sans doute parce qu'il pense être jugé par son interlocuteur sur son trouble du langage, le sujet bégue a tendance à ne pas regarder dans les yeux son interlocuteur. Toutes ces attitudes employées par le locuteur bégue sont, en fait, des « stratégies d'évitement ».

1.2.4.3. Répercussions linguistiques

En replaçant le bégaiement dans la chaîne linguistique, il est possible de constater qu'il s'agit d'un trouble affectant le *Signifiant* mais qui peut avoir des conséquences sur le *Signifié*.

En effet, il ne s'agit pas d'un problème de conception de la réalité, étant donné que le bégaiement n'empêche pas d'avoir une représentation mentale d'un objet réel ni de donner un sens à cet objet. Par conséquent, le bégaiement est un problème qui affecte le Signifiant, et plus particulièrement le Signifiant oral du mot.

En revanche, le bégaiement peut se répercuter sur l'ensemble des maillons de la chaîne de la parole : lorsqu'un locuteur bégue est anxieux à l'idée de devoir prononcer un son, il essaiera de contourner l'obstacle en donnant un synonyme malgré le risque de modifier légèrement le contenu sémantique voulu. Ainsi, l'écart entre ce que le locuteur pense ou souhaite dire et ce qu'il dit effectivement risque d'être plus important pour un locuteur bégue

que pour un non bègue. Cela participe aux stratégies d'évitement dont il a été question plus haut.

Tous les sons sont susceptibles d'être bloqués, répétés, allongés. Les difficultés sont plus importantes au début des énoncés mais peuvent se présenter à tout moment. Autrement dit, le problème surgit dès l'intention de parole.

1.2.4.4. Au niveau articulatoire

On parle de bégaiement lorsqu'un locuteur est en proie à des difficultés spécifiques au niveau de la coordination motrice de l'exécution de la parole, mais aussi au niveau des aptitudes linguistiques nécessaires à la recherche de mots ou à la construction de phrases, au niveau des activités cognitives et/ou au niveau des aptitudes et des conditions nécessaires pour communiquer avec autrui.

Ce trouble se manifeste de plusieurs façons dans la production de la parole. Nous nous proposons de les décrire en partant de la disfluenza la moins sévère à la plus sévère :

1. *Les répétitions* : beaucoup de personnes bègues répètent des parties de mots (sons et syllabes), des mots entiers, ou même des phrases courtes. La répétition de parties de mots survient presque toujours au début. A noter que les répétitions peuvent être accompagnées de tensions musculaires, même si ce n'est pas systématique. Le nombre de fois qu'un son, qu'une syllabe, qu'un mot ou qu'un syntagme est répété peut varier mais n'excède généralement pas cinq fois.

Exemple : [bɛbɛbɛbɛbɛʒuR] à la place de [bɛʒuR] (bonjour)

2. *Les blocages* : un blocage survient lorsqu'une position articulatoire est maintenue par une contraction musculaire spasmodique et que la parole est ainsi arrêtée. Il s'agit d'un bégaiement plus tonique. Contrairement au premier type de disfluences observées, le blocage est plus visible qu'audible, dans la mesure où il a pour conséquence un silence au niveau acoustique. Tout comme pour les répétitions, l'arrêt du son a lieu principalement en début de mot. Les sons les plus affectés par

les blocages sont les occlusives. La durée du blocage peut varier, mais n'excède généralement pas plus de 5 secondes.

Exemple : [b/ɔ̃zʁ] à la place de [bɔ̃zʁ] (bonjour)

3. *Les prolongations* : lorsqu'une contraction musculaire spasmodique survient durant la production d'une voyelle ou d'une consonne constrictive, une autre caractéristique apparente du bégaiement est présente : il s'agit de la prolongation. Dans la prolongation, la posture articulo-phonatoire est maintenue de telle manière que le son est prolongé. Cette prolongation peut durer quelques secondes, mais habituellement pas plus de 5 secondes. Il est encore possible de souligner ici qu'il est rare de voir apparaître des prolongations en fin de mot.

Exemple : [la:zɑ̃b] à la place de [lazɑ̃b] (la jambe)

Il est à noter que tous les sons sont susceptibles d'être bloqués, répétés ou allongés. Quoiqu'il en soit, ces disfluences provoquent généralement le clivage de la syllabe dans laquelle elles figurent. Il est à noter encore que les personnes bègues semblent avoir plus de difficultés au début des énoncés.

Des événements particuliers sont également observés au niveau phonatoire. Chevre-Muller (1963) a ainsi constaté, à partir de données électroglottographiques, la présence d'une sorte de spasme de la glotte lors de ces moments de bégaiement. De même, Conture (1985) a pu montrer que le comportement laryngé, chez les personnes bègues, est caractérisé par une abduction ou par une adduction inappropriée des cordes vocales lors des moments de bégaiements. Il en est de même pour Monfrais-Pfauwadel *et al.* (2005) qui ont également constaté un comportement anormal du larynx chez des locuteurs souffrant de bégaiement, mais uniquement lors de tâches langagières. Nous reviendrons, plus loin, sur les détails de ces configurations inhabituelles de la glotte lors de la parole bégayée.

En plus de ces problèmes au niveau laryngé, un moins bon contrôle de l'appareil respiratoire est également observable chez les sujets bègues. Ce contrôle moins précis engendre la perte d'une partie de l'air avant la production d'un son. Lorsque le bégaiement est caractérisé par des répétitions, les mouvements respiratoires sont constamment interrompus

par des mouvements rapides et brefs qui ressemblent à des mouvements inspiratoires au niveau glottique.

1.2.4.5. Conséquences du bégaiement sur le langage

Le bégaiement présente donc des dimensions physiques et psychologiques. Tous ces éléments auraient des conséquences sur le langage.

Les blocages engendrés par la contraction des muscles du système articulaire ont, bien évidemment, des répercussions sur la parole. Le locuteur bègue, pour dépasser les tensions, répète très souvent des mots ou des phrases, ou ne peut faire autrement que de glisser des pauses impromptues dans son discours (Pallaud & Xuereb, 2008). De même, afin de se protéger des moments de bégaiement et dans le but de créer l'illusion d'une parole plus fluide, des interjections telles que « euhí » sont placées dans le discours, tout comme des remarques « parenthétiques » comme par exemple « bení », « et bien », « tu saisí » qui reviennent régulièrement dans le discours. De plus, les personnes bègues ont tendance à commencer des phrases qu'elles ne finissent pas, car ils anticipent la production d'un son qu'elles jugent risqué et changent la phrase en substituant les mots difficiles par des mots qu'elles pensent être plus facilement prononçables ; en quelque sorte, ils établissent une révision de leur discours, comme nous l'avons signalé précédemment.

Ces différents phénomènes existent également en parole non pathologique. Cela dit, leur fréquence n'est pas la même. La figure 2 de Pallaud et Xuereb (2008), qui établit une comparaison entre les sujets bègues et les non bègues, permet d'observer que ces disfluences sont également réalisées par ces derniers mais à un degré moindre.

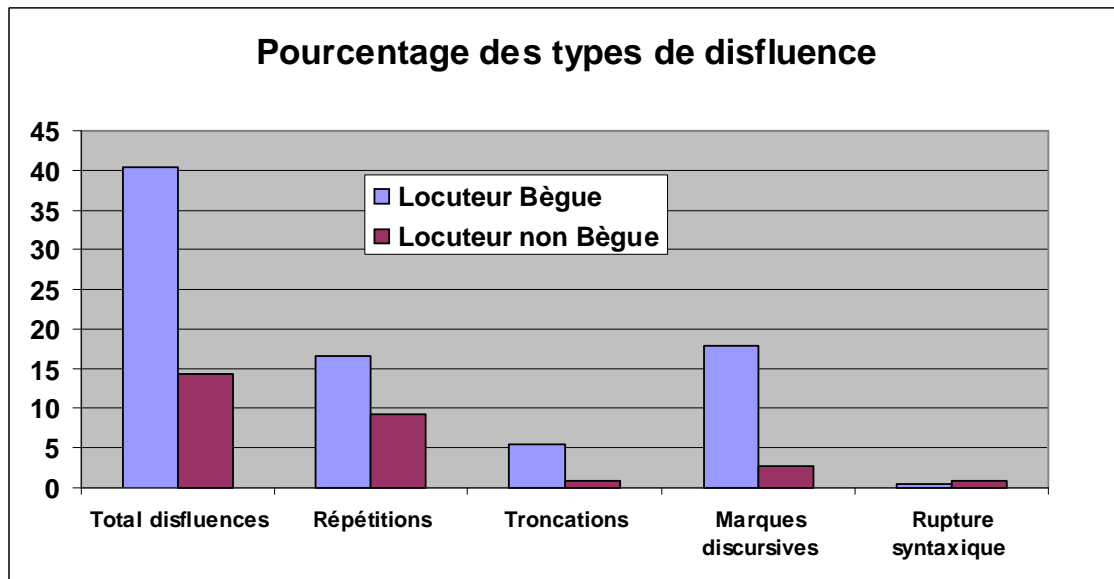


Figure 2. Pourcentages de disfluences produites par un locuteur bègue et le locuteur du corpus ParisCentre. D'après Pallaud et Xuereb (2008).

Toutes ces stratégies visant à lutter contre ou à dissimuler un bégaiement ont des conséquences néfastes sur le locuteur. En effet, les stratégies que le locuteur bègue empreinte pour ne pas bégayer finissent par devenir des automatismes dans son comportement, et de fait, elles perdent de leur efficacité. Ainsi, lorsque ce dernier fera une thérapie, il devra non seulement chercher à vaincre son bégaiement mais également à se débarrasser des habitudes qu'il avait prises.

2. Bégaiement et habileté motrice

Le bégaiement est un trouble semblant avoir un lien étroit avec le système moteur de la parole, même s'il n'est pas nécessairement considéré comme un trouble des mouvements de la parole. Il s'agirait plutôt d'une limitation de *l'habileté motrice*.

2.1. L'habileté motrice

Plusieurs définitions de l'habileté motrice existent dans le domaine de la parole. Si l'on se réfère à Guthrie (1952), il s'agit de la capacité à atteindre un résultat escompté, avec un maximum de précision en un minimum d'énergie et de temps. Pour Schmidt (1988),

l'habileté motrice se manifeste par des mouvements qui ne peuvent être exécutés que suite à un apprentissage et à une expérience, ce qui les oppose à des mouvements définis génétiquement. Pour Fitts (cité dans Kelso, 1995), l'habileté motrice se caractérise par des gestes hautement organisés au niveau spatio-temporel.

Les notions d'apprentissage, d'organisation spatio-temporelle, d'efficacité et de but à atteindre reviennent dans la plupart des définitions. À ces mots-clés, Van Lieshout (2004) ajoute également la faculté d'adaptation qui permet de distinguer l'habileté motrice d'actions réalisées de manière balistique ou habituelle. D'autres facteurs comme la cognition, les émotions, la motivation, l'environnement social entrent en compte lorsque l'on parle d'habileté motrice.

Habituellement, on considère que l'habileté motrice n'entre pas en jeu dans la conceptualisation et la formulation du code du langage, même s'il existe un lien entre les facteurs moteurs et le développement du langage, le développement moteur influençant en effet celui du langage.

À partir du moment où les tâches motrices sont définies comme des gestes ou des actions coordonnées, il est possible de parler de système moteur. Ainsi, au niveau de la parole, ce sont les spécifications gestuelles qui déterminent l'emplacement et la taille nécessaire de la constriction, afin de créer les conditions aérodynamiques appropriées à la transmission acoustique. Par conséquent, les actions coordonnées dans le but de créer des contrastes linguistiques rendent les gestes phonologiques par nature. Ce point de vue est également celui défendu dans la Phonologie Articulatoire de Browman et Goldstein (1991).

En ce qui concerne le bégaiement, Van Lieshout (2004) et d'autres chercheurs supposent une altération de l'habileté motrice chez les personnes bègues, comme nous allons le voir dans le chapitre qui suit.

2.2. À propos du contrôle moteur de la parole chez les locuteurs bègues

En l'espace de 30 ans, un grand nombre de recherches portant sur le contrôle du mouvement ont permis de constater qu'il était possible de classer les personnes bègues en

plusieurs catégories. Les sujets bègues peuvent ainsi être regroupés selon le *timing* de leurs gestes ou la coordination des événements moteurs, et/ou encore selon le fait que le *degré d'activation musculaire* soit ou non approprié à la tâche à exécuter. Néanmoins, les problèmes moteurs de la parole sont différents pour chaque sujet et pour chaque trouble.

La plupart des travaux sur le bégaiement consistent à identifier les différences possibles en matière d'habileté motrice entre des sujets bègues et des sujets sans trouble de la parole. Un grand nombre de recherches se sont focalisées sur les conditions qui permettent de modifier la sévérité du bégaiement, en partant de l'hypothèse qu'une plus grande exigence du système moteur de la parole avait pour conséquence d'amplifier le bégaiement.

La question à laquelle la littérature a tenté et tente encore de répondre est de savoir comment les changements en matière de niveau d'exigence des tâches affectent l'habileté motrice. Une limitation de l'habileté motrice se caractérise généralement par une réduction de la capacité à stabiliser les comportements moteurs pour une tâche donnée. Il semble alors opportun d'identifier les facteurs qui peuvent provoquer une déstabilisation du comportement moteur de la parole chez les personnes bègues.

Ainsi, toujours dans la littérature (Van Lieshout, 1995 ; Ward, 1997 ; Hood, 1998), cette déstabilisation peut être due à plusieurs facteurs qui sont :

- *L'augmentation de la vitesse d'élocution* : il est en effet plus difficile de contrôler les gestes de la parole en vitesse d'élocution rapide, surtout lorsque l'habileté motrice est limitée. *A contrario*, la motricité est plus facilement contrôlable lorsque la vitesse d'élocution est plus lente ;
- *Des interactions cognitives* : la déstabilisation de l'habileté motrice peut également être consécutive à *des interactions cognitives*, à des formulations complexes du langage ;
- Un mauvais *feedback* interne : ce paramètre de *proprioception* a regagné de l'intérêt dans la mesure où certaines études font le postulat qu'il s'agit d'un élément pouvant être à l'origine du bégaiement. Par conséquent, une modification du feedback pourrait avoir une influence sur l'habileté motrice.

Ces différents facteurs seront évoqués dans les sections suivantes.

2.3. Vitesse d'élocution

Parallèlement aux problèmes de timing ou d'activités musculaires, il semblerait que la *vitesse d'élocution* soit généralement *plus lente* pour des locuteurs souffrant d'un trouble de la parole. Il se pourrait en effet qu'il s'agisse d'une *compensation* offrant un regain de stabilité au contrôle moteur. Pour ce qui est du bégaiement, la réduction de la vitesse d'élocution serait liée à un système de contrôle moins efficace, accompagné d'une forte dépendance du niveau proprioceptif.

En ce qui concerne les premières recherches sur la fluence perceptible de la parole, la différenciation entre les « limites » du locuteur et les gestes de compensation est souvent difficile à réaliser.

Dans un travail de recherche de 1997, Ward montre qu'une vitesse d'élocution plus rapide entraîne plus de variabilité dans la coordination des mouvements de la parole. Partant de ce constat, il semblerait possible de conclure qu'une augmentation de la vitesse d'élocution a pour conséquence une augmentation des disfluences chez les personnes bègues. L'étude de Vanryckegen *et al.* (1999) a ainsi mis au jour la présence d'un plus grand nombre de disfluences en vitesse d'élocution rapide chez les locuteurs bègues sévères. Pour des sujets bègues souffrant d'un trouble moins important, l'effet de l'augmentation de la vitesse d'élocution n'était pas apparent, ce qui laisse supposer que le système moteur doit être plus stable pour ce type de locuteurs. À noter que d'autres travaux dans le domaine de la parole normale, tels que ceux de Meunier (2006), montrent en revanche une plus grande stabilité du système lorsqu'une réduction vocalique a lieu. Cela vient contredire les conclusions de Ward (1997).

Dans tous les cas, le lien entre la vitesse d'élocution et le bégaiement n'est pas toujours aussi visible. Kalinowsky *et al.* (1995 ; 1996) n'ont par exemple pas réussi à établir de relation entre la vitesse d'élocution et le nombre de disfluences. De même, Smith et Kleinow (2000), qui étudiaient les mouvements de la lèvre inférieure, n'ont pas constaté une

plus grande instabilité en vitesse d'élocution rapide chez les personnes bègues par rapport à leurs sujets de contrôle.

Ainsi, l'augmentation de la vitesse d'élocution n'impliquerait pas forcément une perte du contrôle moteur chez les personnes bègues. Les différentes stratégies qui permettent d'augmenter la vitesse d'élocution (Van Lieshout, 1995) peuvent sans doute expliquer cela. En effet, l'accélération du débit peut consister en :

- Une réduction des pauses entre les items lexicaux ;
- Une vitesse de mouvements plus rapide qui induit une réduction de l'amplitude des mouvements ;
- Une augmentation du chevauchement entre les gestes articulatoires qui a pour conséquence une réduction de la précision des mouvements.

Toutes ces stratégies visant à rendre la vitesse d'élocution plus rapide sont susceptibles d'apparaître dans le même discours prononcé par un seul et même locuteur. Néanmoins, toutes ne requièrent pas le même niveau de contrôle moteur. En effet, certaines de ces stratégies nécessitent une augmentation du contrôle moteur, étant donné qu'un équilibre entre la précision des mouvements et la vitesse d'élocution reste à trouver pour garder une parole fluente.

De même, d'autres études viennent également contredire cette relation supposée linéaire entre la vitesse d'élocution et le nombre de disfluences. Namasivayam et Van Lieshout (2001) ont constaté que l'augmentation de la vitesse des mouvements peut parfois faciliter le contrôle des mouvements. Ainsi, des similitudes en matière de symétrie et de vitesse des mouvements apparaissent entre les locuteurs bègues et non bègues en vitesse d'élocution rapide. Une interprétation de tels résultats pourrait se faire en termes de dynamique de coordination (Kelso, 1995). Suivant cette hypothèse, la force de couplage entre des éléments coordonnés diminue à des vitesses de mouvements plus rapides, le système commençant par régresser vers le pattern de coordination le plus stable et le plus basique. En accélérant davantage la vitesse des mouvements, le couplage pourrait devenir instable, à

moins que d'autres degrés de liberté puissent être sollicités pour restabiliser le système (cf. Buchanan et Kelso, 1999).

Une instabilité peut être neutralisée si l'habileté motrice de la personne qui parle est suffisamment élevée pour que la fluence reste normale. Or, l'étude de Ward (1997) a révélé une variabilité des phasages importante en vitesse d'élocution rapide chez les personnes bègues. L'habileté motrice semble ainsi avoir une influence sur la capacité à éliminer une occurrence instable provoquée par l'augmentation de la vitesse d'élocution. Ainsi, si le sujet est capable de réaliser des patterns de mouvements plus stéréotypés et plus stables ou s'il est possible pour lui de produire des compensations pour une tâche donnée, une augmentation de la vitesse d'élocution ne devrait pas entraîner de disfluences. Cependant, si un locuteur adopte une vitesse d'élocution qu'il n'est pas capable de maîtriser, ou si des conditions supplémentaires de précision articulatoire empêchent l'utilisation de patterns plus simples, alors la parole de ce locuteur risque de devenir instable (et donc disfluente). Ainsi, parler rapidement en ayant des exigences de précision (pour que la parole soit intelligible par exemple) reste une opération complexe, dans la mesure où elle nécessite une habileté motrice supérieure à celle employée habituellement.

Kloth *et al.* (1995) ont travaillé sur un groupe d'enfants non bègues (lors de la première évaluation), âgés de 23 à 58 mois, et dont les parents bégayaient. L'objet de leur étude était de comparer, à l'intérieur de ce groupe, la parole d'enfants devenus bègues avec celles d'enfants qui n'ont pas souffert de ce trouble de la communication. La seule différence remarquée entre les deux catégories d'enfants résidait dans le *rythme de déplacement* des articulateurs qui est plus rapide pour les premiers. De ce fait, il est possible de conclure que la vitesse d'élocution plus rapide chez les sujets bègues a pour conséquence de réduire le niveau de flexibilité nécessaire au contrôle du système. Par conséquent, une vitesse d'élocution accélérée peut constituer chez le locuteur bègue un obstacle au développement adéquat des stratégies de contrôle du mouvement, obstacle qui risque de maintenir la fluence verbale à un niveau inférieur aux exigences linguistiques requises dans un acte de communication.

Quels enseignements tirer de ces études ? La question qui est centrale à ces travaux est de savoir si l'augmentation de la vitesse d'élocution a ou non des répercussions sur la fluence ?

Howell *et al.* (1999) répondent à cette question en remarquant que ce n'est pas une augmentation de l'ensemble de la vitesse d'élocution qui pose problème aux personnes bègues, mais plutôt des variations locales dans le rythme des mouvements, variations qui, d'après les résultats de leur recherche, seraient liées à la taille de l'unité prosodique et qui seraient corrélées à la fréquence de bégaiement. En d'autres termes, les groupes rythmiques plus longs sont produits à une vitesse d'élocution relativement plus élevée et, parallèlement à cela, on observera une co-variation avec le nombre d'items disfluents. Parler à une vitesse d'élocution normale, tout en réalisant des ajustements locaux de vitesse d'élocution pour adapter le rythme de la parole à la taille d'une unité nécessite une flexibilité dans le contrôle de l'habileté motrice, flexibilité qui est limitée chez les personnes bègues, ce qui risque de se traduire par des disfluences. Quant à une augmentation globale du rythme de la parole, elle devrait avoir pour effet de réduire les différences locales de rythme, ce qui équivaldrait à réduire également la flexibilité exigée dans la coordination.

L'étude de McClean et Runyan (2000) a également permis de constater que la flexibilité dans le contrôle du rythme était un problème chez les sujets bègues, étant donné que ceux atteints d'un bégaiement sévère montrent de plus grandes différences de coordination de vitesse entre la mandibule et les autres articulateurs par rapport aux sujets atteints de manière moins sévère. En effet, certaines études ont montré que les différences de vitesse entre articulateurs étaient une source potentielle d'instabilité du contrôle moteur (Amazeen *et al.*, 1995 ; Treffner & Turvey, 1996).

Nous avons jusqu'à présent fait état des conséquences d'une augmentation de la vitesse d'élocution, augmentation qui peut être à l'origine de disfluences. Mais que se passerait-il si un locuteur bègue avait pour consigne de parler à une vitesse d'élocution plus lente ? Si l'accélération de la vitesse d'élocution peut, dans certains cas, se répercuter au niveau de la parole par des blocages, il semblerait probable, qu'à l'inverse, un ralentissement de la vitesse d'élocution puisse se traduire par une parole plus fluente.

Vanryckegeen *et al.* (1999) n'ont pas constaté de réduction du bégaiement chez les locuteurs bègues en vitesse d'élocution lente. Il semblerait ainsi que la baisse de la vitesse d'élocution n'entraîne pas d'amélioration de la fluence. Dans leur travail, Story *et al.* (1996) en sont venus à la même conclusion, puisqu'ils affirment que baisser la vitesse d'élocution

devrait être suffisant pour améliorer la fluence, [mais] cela ne semble pas être une condition nécessaire :

“Slowing speaking rate may be sufficient to enhance fluency, [but] it does not seem to be a necessary condition” (p. 1003).

Signalons que Stager *et al.* (1997) ont montré que les progrès les plus importants ont lieu lorsque la baisse du rythme de la parole est accompagnée d’une diminution de la pression de l’air et des pics d’écoulement. Ce résultat confirme donc ceux de Story *et al.* (1996).

Boucher et Lamontagne (2001) ont également travaillé sur le contrôle de la pression de l’air. Ils ont constaté que les locuteurs sans trouble de la parole peuvent jouer sur la vitesse de vibration des cordes vocales grâce à des modifications de la pression intra-orale en vitesse d’élocution normale ou rapide. Ainsi, les auteurs concluent en disant que si l’on considère les effets négatifs d’une pression intra-orale excessive sur les cordes vocales, apprendre à changer les comportements de mise en place de la pression d’air devrait être une thérapie plus efficace pour les locuteurs bègues comparé à une modification de la vitesse d’élocution *per se* :

“If one considers the negative effects of excessive intraoral pressure on the vocal folds, modifying the behaviour of pressure-building manoeuvres may be a more essential goal of therapy than a modification of speaking rate per se.” (p. 1012)

Par conséquent, il est possible de conclure que la relation entre la vitesse d’élocution et la pression intra-orale est primordiale pour que la parole reste fluente.

2.4. Synthèse sur la relation entre la vitesse d’élocution et la fluence

Modifier dans sa globalité la vitesse d’élocution, que ce soit en l’augmentant ou en la diminuant, devrait avoir des conséquences directes minimales sur la fluence verbale et, par conséquent, sur le contrôle moteur, aussi longtemps que les locuteurs ont une habileté motrice suffisante pour trouver des solutions alternatives leur permettant de conserver une certaine stabilité du système. Néanmoins, si les exigences de flexibilité dans le contrôle de la parole augmentent en termes de précision ou de variations locales rythmiques, des limitations de l’habileté motrice risquent de survenir. Les recherches portant sur les problèmes de pression

intra-orale chez les personnes bègues laissent penser qu'il existe une relation directe entre l'habileté motrice et l'aérodynamisme. Ainsi, une augmentation du rythme, par exemple, peut mener à une flexibilité limitée du contrôle moteur. Une fois privé (partiellement ou totalement) de cette flexibilité, le locuteur risque de rencontrer des difficultés s'il doit modifier le pic de la pression intra-orale, ce qui peut engendrer des problèmes pour maintenir le voisement durant l'acte de parole. Quant à la baisse de la vitesse d'élocution, elle n'a un effet bénéfique sur la fluence seulement si elle permet un contrôle plus efficace (donc plus flexible) des processus aérodynamiques (Boucher & Lamontagne, 2001).

2.5. Exigences linguistiques et cognitives

2.5.1. Exigences linguistiques

Les raisons pouvant expliquer comment les traits linguistiques interfèrent avec le contrôle moteur sont lacunaires. On sait que les *mots plus longs* ainsi que les *mots placés en début de phrase* sont associés à une activité musculaire plus importante, comparé à des mots brefs ou à des mots se trouvant dans d'autres positions de la phrase (Van Lieshout *et al.*, 1995). Cette étude électromyographique a également montré qu'une activité musculaire plus élevée était accompagnée d'une réduction locale de la durée vocalique, ce qui a été interprété comme une augmentation de l'effort articulatoire. Ce résultat a été confirmé par le travail de Howell *et al.* (1999) qui ont remarqué les mêmes changements pour la durée vocalique, changements qui ont lieu en fonction de la taille de l'unité linguistique.

Néanmoins, une simple augmentation de la durée d'une phrase ne nécessite pas forcément plus d'efforts (Van Lieshout *et al.*, 1995) ou plus d'instabilité motrice (Kleinow & Smith, 2000). Par ailleurs, l'étude de Kleinow et Smith (2000) a montré une plus grande variabilité des mouvements pour de *la parole syntaxiquement plus compliquée*. Il semblerait donc qu'ajouter des mots « pleins » dans une phrase, sans que la complexité syntaxique de cette phrase soit plus élevée, permette, à un sujet de maintenir, voire de simplifier ses patterns de coordination en parlant plus vite.

Les travaux de Yarus (1999) n'aboutissent cependant pas aux mêmes résultats. Cette étude, qui avait pour but d'étudier l'influence de la durée phrastique et de la complexité syntaxique sur le bégaiement, en est arrivée à la conclusion que même si la durée de la chaîne

de parole est un meilleur facteur de prédiction des faits de bégaiement que la complexité syntactique, aucun de ces éléments ne peut apporter d'explication adéquate à la présence de disfluences dans la parole. Dans tous les cas, il semblerait que les phrases linguistiquement plus complexes requièrent plus de flexibilité dans le contrôle moteur, puisqu'il est possible de constater une plus grande variabilité motrice pour tous les locuteurs (que ce soit pour Kleinow & Smith, 2000 ou Van Lieshout *et al.*, 2002). Pour les locuteurs bègues, ces exigences sur l'habileté motrice (voir définition plus loin) devraient mener à une réalisation plus variable, comparée à la production de locuteurs sans trouble de la parole. Il pourrait donc être intéressant de savoir si le type de variabilité est le même pour les locuteurs bègues et non bègues, autrement dit si la variabilité fondée sur la flexibilité (chez les non-bègues) est similaire à celle qui est consécutive à de l'instabilité (observée chez les locuteurs bègues).

2.5.2. Exigences cognitives

De récents travaux en neuro-imagerie ont montré que l'activité des aires du cerveau impliquées dans le contrôle moteur est réduite lors de l'exécution d'une *double tâche* (Johansen-Berg & Matthews, 2002). Herath *et al.* (2001) parlent d'une influence plus directe lorsque les deux tâches impliquent les mêmes aires cérébrales, ce qui a pour conséquence de créer des interférences.

On sait que les personnes bègues présentent une augmentation de la fréquence du bégaiement dans une situation de double tâche qui implique, par exemple des tâches de parole silencieuse et de parole manifeste (Bosshart, 1997 ; 2002). Il semblerait qu'il en soit ainsi lorsqu'il est demandé à un locuteur d'effectuer un calcul mental en même temps qu'une tâche de parole. L'hypothèse serait alors que le calcul mental implique une articulation silencieuse qui recrute les mêmes aires motrices que celles utilisées par la tâche de parole manifeste.

D'autres études portant sur une double tâche laissent penser que la tâche de distraction a effectivement des conséquences sur le sujet parlant, selon que ce dernier possède ou non une habileté motrice suffisante pour réaliser les deux. Les locuteurs faisant preuve d'une habileté motrice moindre ont en effet une production altérée en situation de double tâche, tandis que les personnes bénéficiant d'une habileté motrice plus importante ont de meilleurs résultats, ce qui peut sans doute s'expliquer par le fait que leur production est « automatisée » (Beylock *et al.*, 2002). L'augmentation du bégaiement en situation de double tâche laisse suggérer un

niveau d'habileté plus bas pour les locuteurs atteints de ce trouble, alors que l'absence de disfluences dans la parole des locuteurs sans trouble de la parole laisse penser que leur niveau d'habileté motrice est, à l'inverse, plus élevé (Bosshart, 2002).

L'étude des situations de double tâche est encore en plein développement, ce qui signifie que plusieurs hypothèses peuvent expliquer l'apparition de disfluences dans ces conditions. Ainsi, Schumacher *et al.* (2001) suggèrent que les situations de double tâche alliant un calcul mental avec de la parole impliquent une attention spécifique portant sur le contrôle, ce qui laisse penser qu'une source cognitive identique est à l'origine des interférences.

D'autres recherches ont montré qu'un certain type de double tâche provoque une tension cognitive se répercutant dans la parole par l'augmentation de la fréquence de bégaiement (Caruso *et al.*, 1994). C'est le cas, par exemple, de l'expérience de Stroop, qui consiste à dénommer la couleur de l'encre retenue pour écrire un mot désignant une couleur et qui a pour conséquence, lorsqu'elle est réalisée par un sujet bègue, d'engendrer des disfluences.

Dans de récentes études sur le contrôle moteur, la *tension cognitive* (ou charge cognitive) semble être associée à une augmentation de l'attention ou de la conscience portant sur le contrôle, qui mène à une réduction de la flexibilité et donc à une habileté motrice réduite (Higushi, 2000). Cependant, il faut remarquer qu'une hausse de l'attention devrait être profitable aux personnes souffrant de « maladrotes motrices ». Autrement dit, les sujets bègues devraient moins bégayer lorsqu'ils sont sujets à une tension cognitive, à tout le moins, ils ne devraient pas bégayer plus. Même si cela ne semble pas être systématiquement le cas, l'étude de Peters *et al.* (1989) a pu montrer des éléments allant dans ce sens. Cette recherche a permis de constater qu'il y a moins de disfluences dans la parole des locuteurs bègues lorsqu'une *contrainte de temps* leur est imposée pour répondre à une question par rapport à des conditions où la contrainte de temps est moindre.

2.6. Synthèse sur les exigences linguistiques et cognitives

Cette section a permis de souligner l'influence des facteurs linguistiques et cognitifs sur le contrôle de la parole. Van Lieshout *et al.* (2003) supposent que si les personnes bègues

ont une habileté motrice limitée dans la parole, les traits linguistiques requérant une flexibilité du contrôle moteur et les exigences cognitives qui attirent l'attention du contrôle moteur devraient déstabiliser leurs patterns de mouvements. La relation entre le « stress », l'attention et l'habileté motrice dans la production de la parole a néanmoins besoin d'études complémentaires. En effet, les résultats attestés dans la littérature sont rares et ils ne sont pas toujours concluants.

2.7. Le feedback

2.7.1. Le feedback auditif

Plusieurs travaux ont permis d'observer que le fait de changer les caractéristiques temporelles et fréquentielles du feedback avait un effet positif sur le bégaiement (Van Riper, 1970 ; Howell 1983 ; 1990 ; Hood, 1998 ; Barlow *et al.*, 1999 ; Postma, 2000). Ainsi, les effets d'un feedback auditif retardé (D.A.F. ou *Delayed Auditory Feedback*) ou d'un feedback dont la fréquence est modifiée (F.A.F. ou *Frequency Altered Feedback*) améliorent la fluence de la parole des personnes bègues. À ce sujet, l'étude de Natke (2000) a montré que les résultats apportés par le D.A.F. étaient plus importants que ceux produits par le F.A.F. Il est encore à noter qu'un effet contraire a lieu pour des sujets sans trouble de la parole : alors que la modification du feedback améliore la fluence du locuteur bègue, cette même modification altère celle du sujet non bègue (Natke, 2000).

La présence d'un feedback auditif apporte des modifications sur certains paramètres de la production de la parole. Stager *et al.* (1997) ont ainsi établi une relation entre l'amélioration de la fluence due au D.A.F. (ainsi qu'à d'autres techniques d'amélioration de la fluence) et les changements dans les pics (ou maxima) d'écoulement et de pression de la respiration. En revanche, s'il semble que cette relation est pertinente, leurs travaux ne fournissent pas d'explication à ce phénomène.

C'est dans l'étude de Jones et Munhall (2000) que l'on peut, peut-être, trouver un éclaircissement à ce résultat. Ces derniers ont en effet constaté qu'une modification du feedback auditif était suivie par des *compensations* dans la production de la voix. En d'autres

termes, les changements dus au feedback auditif affectent la production de la parole d'une manière presque directe. Ces changements résulteraient d'*adaptations motrices*.

La relation potentielle entre le feedback auditif et la phonation (et sa pertinence pour le bégaiement) avait déjà été détaillée dans la théorie du « couplage audio-phonatoire » de Kalveran (1993) qui affirme que le feedback auditif module la durée de la phonation par quasi réflexe. Ce couplage serait important pour les syllabes accentuées (avec des durées plus marquées), mais les enfants devraient apprendre à l'inhiber pour les syllabes inaccentuées. Pour les personnes bègues, la théorie suppose que la phase d'inhibition des syllabes inaccentuées est « mal-adaptée » durant le développement ; cette « mal-adaptation » se réfère en substance à un problème d'apprentissage du contrôle moteur. Cela signifie que le couplage auditif / phonatoire reste fort pour toutes les syllabes, ce qui mène à des inexactitudes temporelles dans le contrôle de la phonation, et donc à de la disfluence (Kalveran & Napke, 1997).

2.7.2. Le feedback visuel

L'amélioration de la fluence n'est pas uniquement observée lorsque le feedback est auditif : un retour visuel a également des effets positifs sur la parole disfluente. Ainsi, Kalinowski *et al.* (2000) ont constaté que les gestes visuels de la parole qui imitent une situation de parole à l'unisson induisent de la fluence. Cela peut laisser penser qu'il y a une base commune au type d'informations qui est transmis au « récepteur » pour ce qui est des gestes de la parole et pour les signaux acoustiques. En d'autres termes, l'information visible et l'information auditive sont structurées par les actions motrices qui les génèrent (Deckle *et al.*, 1992 ; Fowler, 1996 ; Hodgen *et al.* 1996). Pour Pilhan *et al.* (2000), la parole perçue est représentée de façon très rapide par des réseaux neuronaux qui fournissent une interprétation de la structure acoustique en termes de programme moteur. Par conséquent, rendre disponible ce type d'information pour les sujets bègues leur fournit des repères spatio-temporels de leurs propres articulations, ce qui peut expliquer l'amélioration de la fluence de la parole dans ces conditions (Healey & Howe, 1987).

2.7.3. Feedback kinesthétique et proprioception

D'autres types de feedback ayant une influence sur le système moteur ont fait l'objet de plusieurs recherches. Cette section en propose deux : la proprioception et la kinesthétique. La proprioception enveloppe les différents systèmes sensoriels qui encodent l'information du mouvement qui est relayée vers des réseaux neuronaux spécifiques, tandis que la kinesthétique traite de la manière avec laquelle cette information sensorielle de base est perçue et utilisée dans le contrôle moteur (Stoffregen & Bardy, 2001). De récentes études ont montré que lorsqu'on demande aux locuteurs bègues de faire un mouvement minimal sous des conditions visuelles et non-visuelles, ces derniers réalisent des mouvements minimaux plus amples que les sujets non bègues sous des conditions de feedback non-visuel (De Nil *et al.* 1991, Howell *et al.* 1995, ¹). On ne sait pas s'il s'agit d'un processus d'intégration sensori-moteur limité ou d'un ratio signal-à-bruit (*signal-to-noise*) réduit dans leurs voies neurales. D'après certaines recherches, il y aurait chez les personnes bègues une plus forte dépendance du feedback kinesthétique par rapport aux locuteurs non bègues (Van Lieshout *et al.*, 1993 ; Van Lieshout *et al.*, 1996).

2.7.4. Exploration de l'utilisation du feedback

L'utilisation de *paradigmes de perturbation* est un bon moyen pour étudier l'exploitation du feedback dans la parole. Il peut, par exemple, s'agir d'un articulateur bloqué ou d'un *biteblock*, ce qui représente une *perturbation statique*, ou de l'application temporaire d'une charge mécanique inattendue durant des mouvements continus, ce qui représente une *perturbation dynamique*.

Ainsi, Namasiwayam et Van Lieshout (2001) ont montré que les personnes bègues sont capables de compenser l'effet du *biteblock*, mais leurs patterns de réponses montrent un effort physiologique global plus important au niveau des deux lèvres, comparé à une réponse dominante plus spécifique pour la lèvre inférieure pour les locuteurs non bègues.

Pour ce qui est du traitement de la perturbation dynamique chez les sujets bègues, Caruso *et al.* (1987) ont constaté que les amplitudes EMG de la lèvre supérieure sont réduites, ce qui laisse penser que la compensation est moins adéquate. Néanmoins, des études

postérieures à cette recherche ne confirment pas ce résultat. Il convient donc de souligner ici la non robustesse de tels travaux sur les compensations.

2.8. Synthèse sur l'effet du feedback

L'étude du feedback marque bien la distinction entre personnes bègues et non bègues. On dénote des différences dans l'habileté motrice, suivant l'observation des patterns globaux des mouvements moins complexes et plus stéréotypés (et cela, même pour des tâches motrices autres que celles touchant à la parole). On constate également une variabilité dans le contrôle du *timing* du mouvement. En effet, les personnes bègues ont une habileté motrice limitée qui provoque de la variabilité remarquable dans les patterns temporels des mouvements, notamment dans des conditions plus exigeantes. Nous traiterons de ce phénomène ci-après.

2.9. Variabilité vs. flexibilité chez les sujets bègues

De récentes études ont montré une plus grande variabilité de la coordination du mouvement (Ward, 1997) et du *timing* des syllabes (Boutsen, 2000) chez les sujets bègues. Cela dit, Wienecke *et al.* (2001), qui ont étudié la variabilité de la durée des segments, n'ont pas trouvé de différences dans les paroles fluentes et disfluentes de leur groupe de sujets bègues. Quant à Smith et Kleinow (2000), ils ont montré qu'une variabilité plus importante des mouvements ne constituait pas une caractéristique essentielle chez les personnes bègues, à moins que les tâches cognitives aient augmenté, comme lors de la production d'une phrase syntactiquement complexe.

Caruso *et al.* (1988) ont montré des patterns articulatoires plus stables au niveau de la coordination entre les lèvres et la mâchoire pour les sujets sans trouble de la parole par rapport aux sujets bègues. Néanmoins, il importe de relativiser ce résultat en se référant aux travaux de De Nil (1995), qui a observé que le *timing* articulatoire n'était pas aussi régulier chez les locuteurs-témoins, comme on aurait pu le penser. Il semblerait que cette stabilité articulatoire soit davantage liée au timing relatif global entre les lèvres et la mandibule qu'à un timing événementiel fin et précis.

Une variabilité des patterns des mouvements de la lèvre inférieure semble être une caractéristique habituelle chez les jeunes enfants lors de la production de la parole.

Cependant, cette variation s'améliorerait graduellement avec l'âge, ce qui est généralement interprété comme une maturation de l'habileté motrice. Néanmoins, la variabilité d'un articulateur ne semble pas entraver une parole normale. Ainsi, une étude sur des enfants ayant eu une fente labiale de la lèvre supérieure a montré que même si les mouvements de la lèvre supérieure étaient plus variables que ceux de la lèvre inférieure, la coordination des mouvements des deux lèvres n'était pas affectée (Van Lieshout *et al.*, 2002). Pour des mots linguistiquement plus complexes, la variabilité des patterns de mouvements augmente, et cela pour tous les locuteurs. La variabilité peut faire partie du système moteur de la parole normale, révélant de la flexibilité qui permet au locuteur de s'adapter aux changements dans les conditions d'élocution. Un pattern de mouvement trop stable ou stable signifiant dans ce cas précis rigide ou indique un manque de contrôle moteur flexible provoquant, en conséquence, des disfluences.

2.10. Synthèse sur la variabilité et la flexibilité

Les personnes bègues subissent une limitation de l'habileté motrice en parole. De même, leur parole peut être caractérisée, pour certains, par une variabilité plus élevée. Cependant, ce facteur mérite d'être davantage éclairci. Les études sur les disfluences liées aux aspects relatifs à l'augmentation de la charge cognitive (par ex. phrases syntactiquement complexes) devraient être menées avec des paradigmes plus contrôlés. Une meilleure compréhension des mécanismes impliqués dans la stabilisation et la déstabilisation du système moteur de la parole permettrait ainsi d'expliquer comment la parole fluente devient disfluente dans certains cas.

Dans la description du mécanisme du bégaiement qui vient d'être effectuée, il a été possible de constater un fonctionnement différent chez les personnes bègues et non bègues. Il serait ainsi intéressant de donner quelques éléments sur le larynx (voir Annexes) et plus particulièrement sur l'ouverture glottique.

3. L'ouverture glottique

3.1. Quelques considérations sur l'ouverture glottique

On parle d'ouverture glottique lorsque l'on mesure l'espace qu'il y a entre les cordes vocales. Un grand nombre d'études ont porté sur ce paramètre lors de la production d'occlusives en anglais (Hirose & Gay, 1972), en langue hindi (Dixit, 1975 ; Kagaya & Hirose, 1975) ou encore en coréen (Hirose *et al.*, 1974). De ces recherches, il résulte que l'activation laryngée et, de ce fait l'ouverture glottique, dépend en grande partie du locuteur, mais également de la langue parlée. Une étude de Benguerel (1973) a par exemple montré que l'accent emphatique du français dépend du contrôle de la pression sous-glottique, tandis que le même accent pour l'anglais provient d'ajustements du larynx, la pression sous-glottique restant stable (voir Vaissière, 1997 pour les fonctions phonologiques du larynx).

Ainsi, puisque le contrôle du larynx est différent selon la langue du locuteur et que la suite de cette recherche portera sur le français, il semblerait intéressant de discuter les ajustements laryngés habituellement trouvés dans les investigations sur des locuteurs français. Une étude de Benguerel *et al.* (1978) a permis de constater les points suivants :

1. Pour les occlusives sourdes, l'ouverture de la glotte débute lorsque la closure orale commence à être produite (Benguerel *et al.*, 1978). C'est également le cas pour d'autres langues tels que l'hindi par exemple (Kagaya & Hirose, 1975), où la glotte commence à s'ouvrir au moment de l'implosion articulaire ;
2. Les occlusives sonores sont produites avec une adduction des cordes vocales et des vibrations de celles-ci. La largeur glottique n'est cependant pas négligeable en position initiale ;
3. Le maximum d'ouverture glottique pendant la closure orale des occlusives sourdes est fortement corrélé avec la durée de cette ouverture glottique (et par conséquent, avec la durée de la fermeture orale concomitante). Autrement dit, plus le temps entre l'initiation du geste d'adduction et celui d'abduction est long, et plus l'ouverture glottique sera élevée ;

4. En revanche, le maximum d'ouverture glottique pendant la closure orale des occlusives géminées n'est pas fonction de la durée de la séparation glottique (ou de la durée de la closure orale) ;
5. La durée de la séparation glottique (aussi bien que la durée de la closure orale) dépend de facteurs tels que l'accent, les variantes allophoniques, la position du son,

En outre :

1. Les occlusives sourdes sont caractérisées par une abduction des cordes vocales (à peu près) au moment de la fermeture buccale. Les cordes vocales se rapprochent ensuite simultanément avec le relâchement de la closure orale ; le geste d'abduction-adduction est principalement contrôlé par l'activité plus élevée des muscles crico-aryténoïdiens postérieurs et inter-aryténoïdiens ;
2. Les occlusives sonores se manifestent par une adduction et des vibrations des cordes vocales tout au long de la période de fermeture orale et de celle de la voyelle suivante, sans interruption ; de même, la suppression de l'activité des muscles crico-aryténoïdiens postérieurs et l'augmentation de celle des interaryténoïdiens débutent bien avant la consonne ;
3. L'activité du muscle crico-aryténoïdiens latéral est plus élevée pour les occlusives en position initiale qu'en position médiane ;
4. Les productions d'accents emphatiques exigent une activité musculaire globale plus élevée, non seulement sur la syllabe accentuée, mais aussi sur l'ensemble de la production ;
5. Les observations fibroscopiques révèlent que pour les occlusives sourdes en contexte VCV, la glotte s'ouvre lorsque le conduit oral se ferme, et puis se ferme au moment du relâchement oral (ou très peu de temps après), tandis que pour les sonores, les cordes vocales sont en adduction et vibrent tout au long de la closure orale. Les

analyses EMG montrent que c'est le geste d'abduction-adduction qui contrôle le contraste voisé - non-voisé.

3.2. L'activité glottique chez les personnes bègues

En ce qui concerne la parole bégayée, elle est caractérisée, entre autres, par une activité musculaire anormale. Si l'on se focalise sur l'activité laryngée, de nombreuses études ont permis de constater certaines différences entre des sujets bègues et des sujets non bègues.

Conture *et al.* (1977) ont, par exemple, utilisé l'endoscopie par nasofibroscopie pour visualiser et enregistrer le comportement du larynx durant la parole disfluente. Ces recherches ont montré que le larynx était ouvert d'une manière inappropriée et imprévisible lorsqu'on attend de lui qu'il soit fermé et, à l'inverse, il est possible de le trouver fermé alors qu'il devrait être ouvert. Il est à noter que le dysfonctionnement du larynx sera différent selon le type de disfluence. Ainsi, la répétition d'une partie d'un mot est, d'après Conture *et al.* (1977), associée à une activité d'abduction du larynx durant le laps de temps où les disfluences sont perçues. De même, le prolongement d'un son est souvent accompagné d'une adduction du larynx. Pour Conture *et al.* (1977) donc, le comportement laryngé, chez les sujets bègues, est caractérisé d'une abduction ou une d'adduction inappropriée des cordes vocales.

Freeman (1977), Freeman et Ushijima (1978) et Shapiro (1980) ont travaillé sur le larynx en utilisant des mesures EMG de l'activité musculaire intrinsèque. Leurs données ont mis en avant une activité musculaire plus importante en parole disfluente qu'en parole fluente chez le locuteur bègue. De plus, ces études ont révélé deux éléments :

- Une coordination réduite des muscles agonistes et antagonistes ;
- Des réductions soudaines de l'activité musculaire accompagnant le relâchement du mot bégayé.

Freeman et Ushijima (1978) ont également pu constater une contraction élevée des muscles intrinsèques du larynx, du fait d'un phénomène de co-contraction des muscles agonistes et antagonistes qui maintiennent la glotte fermée, ce qui empêche l'initiation de la

phonation dans les moments de silence précédents les mots. De même, Freeman et Ushijima (1975), puis Shapiro (1980) ont montré une mauvaise coordination musculaire et que des systèmes musculaires fondés sur un fonctionnement alterné était actif de manière simultanée. Cela peut notamment servir d'explication au fait que le temps de réaction dans la production de la parole soit plus long chez les personnes bègues. En effet, si lors de l'exécution d'une tâche nécessitant un timing précis du geste laryngé des muscles antagonistes sont actifs de façon simultanée, ces gestes seront réalisés plus lentement, les muscles antagonistes allant raidir la structure coordinatrice entière et agir, par conséquent, comme une entrave au mouvement. Il est à noter que, poussée à l'extrême, l'activation simultanée de muscles antagonistes engendre des tremblements.

En ce qui concerne les séquences perçues comme fluides, un niveau élevé d'activation musculaire et une non-réciprocité des muscles antagonistes qui était similaire à celle trouvée pour des séquences disfluides ont été observés. Ainsi, des événements physiologiques qui semblent discoordonnés et mal gérés au niveau temporel se produisent durant l'acte de parole des personnes bègues, même si cela n'est pas pour répercussion un bégaiement manifeste.

Signalons que Schwartz (1975) a constaté des blocages laryngés pendant les phases d'abduction ; il parle alors d'un défaut d'inhibition du crico-aryténoïdien postérieur, muscle constricteur de la glotte, ce qui entrainerait une contraction inappropriée et excessive en réponse à la pression d'air subglottique nécessaire à la production de la parole.

Chevrie-Muller (1963) décrivait, quant à elle, le bégaiement comme un spasme de la glotte lors de ces moments de blocages avec des cycles d'ouverture et de fermeture anarchiques. De même, Starkweather (1987) parle d'une tension musculaire chronique qui pourrait provoquer une tendance à des mouvements de trémulations et de tremblements, desquels résulteraient des erreurs de timing et de coordination. Ainsi, d'après Starkweather (1987), le bégaiement proviendrait d'une contraction du carrefour des trois replis qui aurait pour conséquence d'augmenter la pression d'air sous-glottique.

L'étude plus récente de Monfrais-Pfauwadel et *al.* (2005) a également constaté un comportement laryngé anormal chez les personnes bègues, mais uniquement lors de tâches

liées à la parole. Le fonctionnement du larynx pour des tâches non-verbales (coup de glotte, toux, déglutition, reniflement) semble similaire à celui des personnes non-bègues.

En ce qui concerne la production de la parole chez les sujets bègues, Monfrais-Pfauwadel *et al.* (2005) ont remarqué des montées et des descentes en piston du larynx. De même, la cavité pharyngo-laryngée supra-glottique se rétrécit dans le sens latéral des muscles constricteurs du pharynx. En outre, une tétanisation de la base de la langue qui est accompagnée de tremblements ont également été visibles. Enfin, ils ont observé un fort accollement des aryténoïdes sur toute la hauteur de la pyramide aryténoïdienne, puis des tentatives successives d'initiation de la phonation qui se traduisent par des cycles d'ouverture-fermeture totalement anarchique du plan glottique.

Ces tentatives anarchiques d'initiation de la phonation accompagnées de tremblements sont similaires aux myoclonies d'attention et d'action. A noter que la myoclonie est une contraction brève, involontaire et relativement stéréotypée qui affecte un segment de muscle, un muscle ou plus souvent un groupe de muscles.

Mais les personnes bègues ne souffrent pas uniquement de troubles physiologiques. En effet, plusieurs études (Adams & Reis, 1971 ; 1974 ; Adams *et al.*, 1975) ont trouvé que les locuteurs bègues montraient une fréquence de disfluences plus importante et moins d'adaptation ou de réajustement lorsqu'ils lisaient, à voix haute, des passages contenant des segments voisés et non-voisés que lorsqu'ils prononçaient un texte dans lequel ne figuraient que des segments voisés.

Wingate (1976) a étudié dans quelles conditions le bégaiement était entièrement ou partiellement annihilé. Les conclusions de son travail suggéraient que les conditions d'amélioration avaient en commun une vocalisation prolongée ou insistée.

Des différences en matière de temps de réaction ont pu être constatées entre les sujets bègues et non-bègues, pour ce qui est de l'activation laryngée mais aussi pour d'autres types de mouvements. Starkweather *et al.* (1984) ont montré, par exemple, des différences au niveau du temps de réaction manuel, même s'ils n'ont pas pu établir de corrélation entre le voisement et les mouvements des mains. Le temps de réaction nécessaire au mouvement des mains ou des cordes vocales est donc plus élevé chez les locuteurs bègues que chez les non

bègues. Starkweather et *al.* (1984) interprètent ces résultats comme un déficit moteur généralisé ralentissant le temps de réaction chez les personnes bègues qui, en plus de cela, ont pris des habitudes de tensions musculaires et de lutttes spécifiques à leur mécanisme de parole. Il est à noter que la présence d'une tension musculaire additionnelle agit, d'après les auteurs, comme une entrave sur les structures coordinatrices de la parole et ralentit, par conséquent, le temps de réaction de la parole. Starkweather (1987) considère que ces données prouvent que les locuteurs bègues n'ont pas le même niveau de contrôle moteur que les non bègues.

En ce qui concerne Perkins et *al.* (1976), ils ont émis l'hypothèse de la discoordination. D'après cette théorie, le bégaiement résulterait d'une difficulté qu'a le locuteur pour coordonner la phonation avec l'articulation et la respiration. En résumé, le larynx aurait un rôle central dans les moments de précipitation lors du bégaiement.

3.3. Résumé de l'activité laryngée chez les sujets bègues

La plupart des travaux montre que le comportement laryngé, chez les personnes bègues, est caractérisé par des spasmes durant la parole bégayée. En effet, on observe une abduction ou une adduction inappropriée des cordes vocales. En outre, une élévation et un abaissement inattendus du larynx sont souvent constatés. Les coordinations oro-laryngées habituelles subissent également des perturbations, de même que l'activation musculaire qui se voit être sensiblement réduite lors de la production de la parole disfluente.

Il est clair que la parole bégayée implique un problème de coordination oro-laryngée. Ces difficultés sont notamment localisées dans les phases transitoires de consonne à voyelle et de voyelle à consonne. Il nous a semblé donc important d'analyser deux paramètres de transition intrasegmentaux (mesurés dans la phase segmentale consonantique) qui reflètent la coordination entre un geste et un geste supraglottique. Il s'agit du V.O.T et du V.T.T. que nous décrivons *infra*.

4. Définition du *Voice Onset Time* (V.O.T.)

Le Voice Onset Time (V.O.T.) est une mesure acoustique qui a été utilisée pour la première fois par Lisker et Abramson (1964). Ces derniers ont délimité le V.O.T. dans l'intervalle allant du relâchement consonantique aux premières vibrations correspondant au début de voisement.

Si Lisker et Abramson (1964) ont été les pionniers de cette mesure, il faut tout de même rappeler qu'une autre définition de ce paramètre existe. Klatt (1975), en effet, a décrit le V.O.T. comme l'intervalle allant du relâchement consonantique jusqu'à l'apparition de la structure formantique stable de la voyelle.

Pour Cho et Ladefoged (1999), le V.O.T. est un trait phonologique définissable en termes de différence de durée entre l'initiation du geste articulatoire, responsable du relâchement de la closure et l'initiation du geste laryngé responsable de la vibration des cordes vocales.

La plupart des recherches considèrent le V.O.T. comme l'intervalle allant du relâchement du geste articulatoire au commencement de la vibration des cordes vocales. Cependant, en se fondant sur les gestes, il n'est pas toujours facile de spécifier ce paramètre uniquement à partir d'observations directes des gestes. A noter encore que d'après plusieurs études, la durée du V.O.T dépend également de la vitesse d'élocution. Nous y reviendrons.

Le V.O.T. a donné lieu à un grand nombre d'études ayant montré que ce paramètre varie en fonction du lieu d'articulation. En effet, il a été observé, entre autres, que :

1. Plus la closure a lieu à l'arrière de la cavité buccale, plus le V.O.T. est long (Fischer-Jorgensen, 1954 ; Peterson & Lehiste, 1960) ;
2. Plus l'aire de contact est étendue, plus le V.O.T. est élevé (Stevens *et al.*, 1986) ;
3. Plus les mouvements des articulateurs sont rapides, plus le V.O.T. est court (Hardcastle, 1973).

Ainsi, comme il est possible de le constater dans les Tableaux I et II, le V.O.T. est généralement plus court pour les consonnes bilabiales et plus long pour le /k/, le /t/ ayant une durée intermédiaire dans la plupart des cas.

TABLE I. Summary of VOT (ms) in unaspirated stops reported by Lisker & Abramson (1964)

	Dutch	Puerto Rican Spanish	Hungarian	Cantonese	Eastern Armenian	Korean	Tamil
/p/	10	4	2	9	3	18	12
/t/	15	9	16	14	15	25	8
/k/	25	29	29	34	30	47	24

TABLE II. Summary of VOT (ms) in aspirated stops reported by Lisker & Abramson (1964)

	Cantonese	English	Eastern Armenian	Korean
/p ^h /	77	58	78	91
/t ^h /	75	70	59	94
/k ^h /	87	80	98	126

Tableau I et II. Résumé du V.O.T. (ms) pour des occlusives non aspirées (Tableau I) et aspirées (Tableau II) selon Lisker et Abramson (1964). Les langues étudiées pour les occlusives non aspirées sont : le danois, l'espagnol de Porto-Rico, le hongrois, le cantonais, l'arménien oriental, le coréen et le tamil. Pour les occlusives aspirées, les langues étudiées sont : le cantonais, l'anglais, l'arménien oriental et le coréen.

Cependant, si les tableaux indiquent que la durée du V.O.T. est généralement plus longue à mesure que le lieu d'articulation est à l'arrière de la cavité buccale, il faut toutefois préciser que certaines recherches (Pierrehumbert, 1980 ; 1990 ; Keating, 1984 ; 1985 ; 1990 ; Fourakis & Port, 1986 ; Cohn, 1993) ont montré que les « règles » phonétiques des différentes langues peuvent également avoir une influence sur la durée du V.O.T.

Ce constat de spécificités linguistiques fait, il est tout de même possible d'expliquer les différences de durée de V.O.T. suivant plusieurs facteurs physiques :

4.1. Les règles aérodynamiques

Plusieurs chercheurs, dont Hardcastle (1973) et Maddieson (1997), ont suggéré que l'un des facteurs qui contribue à ce qu'il y ait des différences de durée pour les V.O.T. est la *taille de la cavité supraglottique*, et plus exactement le lieu de la constriction ou de l'occlusion. Ainsi, lorsqu'une occlusion a lieu, elle subdivise la cavité buccale en deux parties. Partant de ce fait, il est possible de faire deux observations :

- (1) La cavité derrière une occlusion vélaire a un volume plus petit que lorsqu'il s'agit d'une occlusion alvéolaire ou bilabiale ;
- (2) La cavité située avant l'occlusion de la vélaire a un volume plus important que pour une alvéolaire ou une bilabiale.

Ajoutons à cela que la production du voisement requiert une *différence de pression d'air à travers les cordes vocales* (Van den Berg, 1958). Par conséquent, si la pression d'air dans la cavité orale est la même que dans celle située derrière les cordes vocales, il ne peut y avoir de vibrations de celle-là. De même, si la pression d'air au niveau des cordes vocales est trop élevée, ces dernières ne peuvent pas vibrer.

Reprenons maintenant l'observation (1). Le fait que la cavité située derrière la fermeture vélaire soit plus petite suppose que la pression à l'intérieure de celle-ci sera plus élevée durant la phase de relâchement. Il est à noter que l'air dans les poumons et au niveau des cordes vocales doit être considéré comme un volume simple qui est plus petit pour une occlusive vélaire que pour une alvéolaire ou une bilabiale.

Durant une séquence, l'air est compressé par l'activité des muscles respiratoires. Si le volume qui vient d'être compressé est petit, la taille réduite de la cavité amplifiera la pression, ce qui aura pour conséquence d'élever également la pression d'air au niveau des cordes vocales. Or, si cette pression est plus importante, c'est le cas pour les occlusives vélaire, ce paramètre mettra plus de temps à diminuer pour atteindre le niveau adéquat pour la mise en vibration des cordes vocales.

Parallèlement à cela, et alors que la pression d'air augmente dans la cavité située derrière l'occlusion, une masse d'air se forme devant la fermeture. Cette masse d'air doit s'évacuer pour laisser le passage à celle provenant de la cavité située derrière la constriction. Ainsi, étant donné que la cavité avant est plus grande, et que la masse d'air contenu y est par conséquent plus importante, cette cavité mettra plus de temps à se vider. En conséquence, l'activité glottique ne peut pas démarrer tant que les deux cavités ne sont pas libérées de leur contenu d'air.

C'est donc ce système de variation d'air qui expliquerait, en partie, les différences de V.O.T. qui existent entre les différentes consonnes. Mais d'autres facteurs entrent également en jeu, dont la vitesse de mouvement des articulateurs.

4.2. Mouvement des articulateurs

Hardcastle (1973) émet l'hypothèse que les différences en matière de début de voisement peuvent être dues, en partie, au fait que l'apex et les lèvres se déplacent plus rapidement que le dos de la langue. Quelques investigations, dont l'étude cinéradiographique de Kuehn et Moll (1976) pour des séquences VC et CV, ont permis de montrer que les mouvements articulatoires étaient plus rapides pour la pointe de la langue, plus lents pour le corps de la langue, les mouvements labiaux se déroulant à une vitesse qualifiée d'intermédiaire. A noter que cela semble s'expliquer par la masse des articulateurs impliqués, étant donné que l'apex est plus petit et plus léger que les lèvres ou le corps de la langue, il a donc une célérité plus grande (Lenneberg, 1967) [Biological foundations of language. John Wiley & Sons, New York.] Pour compléter ces propos, il faut savoir que la mâchoire tient un rôle non négligeable dans la vitesse de mouvement de certains articulateurs tels que la lèvre inférieure, et que son influence est moins importante pour d'autres : ainsi, si la vitesse de mouvements du dos de la langue est moins affectée par les mouvements de la mâchoire, ceux de la lèvre inférieure sont accélérés par la mandibule lorsque celle-ci se déplace.

Maddieson (1997) a suggéré que l'une des raisons expliquant la différence de durée pour les V.O.T. des /p/ et /k/ en anglais est la distance qu'il y a entre le point de pivot de la rotation de la mâchoire et le lieu de la constriction (voir Figure 3). Etant donné que le point de pivot de la rotation de la mâchoire est plus éloigné de la lèvre inférieure, le mouvement de celle-ci sera plus grand que celui du corps de la langue lors de la réalisation d'un mouvement

angulaire de la mâchoire (Vatiktis *et al.*, 1995). De même, quand l'articulateur est la lèvre inférieure, l'air comprimé derrière la constriction s'échappe à une vitesse plus rapide, ce qui a pour résultat un temps plus court pour atteindre une pression transglottique appropriée à l'initiation du voisement.

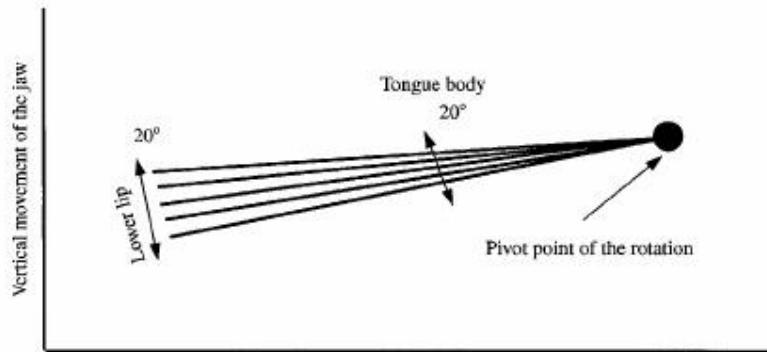


Figure 1. Schematic representation of the effect of jaw rotation. A 20° shift in jaw angle separated the lips apart more than the tongue back and velum.

Figure 3. Une représentation schématique de l'effet de la rotation de la mandibule. Un déplacement de 20° de l'angle de la mandibule a davantage séparé les lèvres par rapport à la partie arrière de la masse linguale et du vélum. (d'après Cho & Ladefoged, 1999).

Néanmoins, comme Maddieson (1997) le laisse entendre, cette hypothèse n'explique pas complètement la différence de durée du V.O.T pour des articulations bilabiales et alvéolaires, puisque, comme Kuehn et Moll (1976) le soulignent, la pointe de la langue se déplace plus rapidement que la lèvre inférieure. Si la vélocité articuloire constitue le facteur physiologique primaire pour les différences de début de voisement, on pourrait s'attendre à un V.O.T. plus court pour les occlusives alvéolaires que pour les bilabiales ou les vélaires, ce qui n'est pas confirmé outre mesure.

Ainsi, si la vitesse des mouvements articuloires peut également servir d'explication, quant aux différences de durée des V.O.T., elle ne suffit pas à elle seule pour prédire les différents cas de figure répertoriés dans la littérature.

Intéressons-nous maintenant à un autre paramètre faisant aussi varier l'établissement du voisement : l'étendue du contact articuloire.

4.3. L'étendue du contact articulaire

Les variations de durée du V.O.T. peuvent aussi s'expliquer par rapport à l'étendue de l'aire de contact entre les articulateurs. En général, les occlusives vélares ayant un contact articulaire plus étendu que les bilabiales et les apicales (cf. Vaxelaire, 1985 pour le français), elles ont un V.O.T. plus long.

Pour expliquer cela, Stevens (1999) suggère que la pression intra-orale après le relâchement change à une vitesse qui dépend de l'augmentation de l'aire à la constriction. Etant donné qu'une occlusive vélaire a une étendue de contact entre le dos de la langue et le voile du palais, le changement d'aire sera relativement plus lent que pour une bilabiale ou une alvéolaire, suite à un effet de Bernoulli. Par conséquent, la diminution de la pression intra-orale après la fermeture est moins rapide pour les vélares que pour les bilabiales. A noter que les données aérodynamiques de Stevens (1999) montrent que la vitesse du flux d'air à la constriction et au niveau de la glotte augmente proportionnellement avec le niveau de diminution de la pression intra-orale, durant les 50 ms suivant le relâchement de la closure.

Ainsi, le timing pour la vibration des cordes vocales est déterminé par deux facteurs aérodynamiques qui sont en corrélation :

1. La vitesse de diminution de la pression intra-orale ;
2. La vitesse d'augmentation du volume de vitesse du flux d'air.

Partant de ce constat, Stevens (1999) a constaté que les occlusives alvéolaires pouvaient être produites à un niveau intermédiaire par rapport aux bilabiales et aux vélares, au niveau de la pression intra-orale et du volume de vitesse du flux d'air, en supposant que l'aire de contact alvéolaire soit plus importante que pour la bilabiale et plus courte que durant la production d'une vélaire.

En résumé, six facteurs peuvent être évoqués pour expliquer la différence de durée du V.O.T. :

1. Le volume de la cavité située derrière le point de constriction : une cavité plus petite augmente la pression d'air, pression qui prendra plus de temps à diminuer pour atteindre le niveau adéquat, permettant d'initier la vibration des cordes vocales ;
2. Le volume de la cavité se trouvant devant le point de constriction : la masse d'air relativement plus grande contenue à l'avant de l'occlusive vélaire provoque une plus grande obstruction au relâchement de la pression située derrière l'occlusion vélaire, de sorte que cette pression mettra plus de temps à diminuer. Ce délai plus long peut également servir d'explication à l'allongement du V.O.T. des vélaire ;
3. La vitesse de mouvement des articulateurs : une vitesse articuloire plus élevée (par exemple, les mouvements de la lèvre inférieure par rapport à ceux du dos de la langue) permet une baisse plus rapide de la pression derrière la fermeture, et donc un temps plus court avant l'accumulation d'une pression transglottique appropriée à la vibration des cordes vocales ;
4. L'étendue de l'aire de contact articuloire : une étendue de contact plus importante a pour conséquence un relâchement de la pression d'air plus lent du fait de l'effet de Bernoulli qui rapproche les articulateurs.

En plus de ces facteurs, d'autres paramètres, qui sont surtout utiles pour comprendre les différences de durée des V.O.T. des occlusives aspirées, peuvent également être évoqués.

Il s'agit :

5. Du changement de l'aire d'ouverture glottique (pour les occlusives aspirées sourdes) : l'ouverture glottique après le relâchement diminue moins rapidement pour les vélaire que pour les alvéolaires ou les labiales, du fait de la pression intra-orale qui diminue plus lentement ;
6. Des ajustements temporels entre la durée de la fermeture dans la cavité buccale et le V.O.T. : la durée de l'occlusion dépend en partie de la mise en vibration des cordes vocales, tout comme le V.O.T. dépend du temps de clousion.

Il est à noter que sur les 18 langues étudiées par Cho et Ladefoged (1999), la durée du V.O.T., lors de la production d'occlusives vélaires sourdes, est toujours supérieure à celle des alvéolaires, mis à part pour le dahalo. Les auteurs expliquent cela par le fait que, peut-être, les locuteurs parlant le dahalo ont choisi une vitesse articulaire inhabituellement lente pour une apico-alvéolaire, en comparaison avec les vélaires. Leur étude a également permis de montrer que la différence de durée du V.O.T. n'était pas pertinente pour comparer les vélaires aux uvulaires.

L'établissement du voisement est donc souvent fortement corrélé avec des paramètres physiologiques.

La question qui est à soulever maintenant est de savoir si une perturbation naturelle de la parole, à savoir une vitesse d'élocution plus élevée aurait des conséquences sur la durée du V.O.T. En effet, l'augmentation de la vitesse d'élocution implique une accélération de l'activité des articulateurs.

4.4. Influence de la vitesse d'élocution sur le V.O.T.

Le V.O.T. serait un paramètre de la parole sujet à une variabilité importante. Ce qui peut, en partie, expliquer cette variation serait la vitesse d'élocution (Lieberman *et al.*, 1967 ; Pickett, 1980, Miller, 1987). Ainsi, des études (Summerfield, 1981 ; Miller & Baer, 1983 ; Miller *et al.*, 1986 ; Miller & Volaitis, 1989 ; Volaitis & Miller, 1992 ; Kessinger & Blumstein, 1997) ont montré que le changement de vitesse d'élocution avait une influence sur la valeur des V.O.T.

De plus, il a été montré que, dans le cas du V.O.T., plus la durée de la syllabe augmente, autrement dit plus la vitesse d'élocution est lente, plus les limites perceptives entre occlusives voisées et sourdes se décalent vers des valeurs de V.O.T. plus longues (Summerfield, 1981 ; Miller *et al.*, 1986 ; Miller & Volaitis, 1989 ; Volaitis & Miller, 1992).

Pour étudier l'influence de la vitesse d'élocution sur la perception du V.O.T., la plupart des recherches se sert de stimuli, dont la durée syllabique est constante. Kessinger et

Blumstein (1997) ont étudié l'influence de la vitesse d'élocution sur le V.O.T. en se servant de deux durées syllabiques, une longue et une brève, pour obtenir des vitesses d'élocution lente et rapide. Il a été fait en sorte que la durée syllabique soit constante, alors que le V.O.T. variait. Ainsi, à l'intérieur de chaque syllabe, le V.O.T. et la voyelle variaient de façon inverse, de telle sorte que lorsque le V.O.T. était allongé, la voyelle était plus courte. Néanmoins, les données obtenues par d'autres recherches (Kozhevnikov et Chistovich, 1965 ; Gay, 1971) indiquent que la plupart des changements de durées syllabiques est due à une modification de la durée vocalique et non du V.O.T.

Plusieurs études ont montré que lorsque la vitesse d'élocution diminue, le V.O.T. et la durée syllabique augmentent de façon systématique (Miller *et al.*, 1986 ; Miller & Volaitis, 1989 ; Volaitis & Miller, 1992). Miller *et al.* (1986) ont travaillé sur des syllabes /bi/ et /pi/ prononcées à huit vitesses d'élocutions différentes. En considérant les valeurs moyennes des V.O.T. pour ces deux séquences, ils ont mis en relief que dès que la durée syllabique globale augmentait, la valeur moyenne du V.O.T. de /pi/ augmentait considérablement aussi, alors qu'elle augmentait, mais seulement légèrement pour /bi/. Ainsi, lors de la production de séquences comportant une occlusive sourde ou sonore, la durée de la syllabe augmente alors que la vitesse d'élocution diminue, mais la valeur des V.O.T. est atteinte différemment selon que la consonne est voisée ou non (Kessinger & Blumstein, 1997 ; Pind, 1995). Par conséquent, la vitesse d'élocution a une influence plus importante sur le V.O.T. des occlusives sourdes que sur celui des occlusives sonores (Sock, 1998).

Il faut néanmoins souligner que l'augmentation de la durée syllabique en vitesse d'élocution lente, pour des séquences commençant par des occlusives, est davantage due à l'augmentation de la durée vocalique qu'à celle du V.O.T. (Kozhevnikov & Chistovitch, 1965 ; Gay, 1978 ; Port, 1981 ; Amerman & Parnell, 1981). Ainsi, si l'on prend l'exemple des données de Volaitis et Miller (1992), on peut constater que lors d'une augmentation de 200 ms de la durée syllabique, le V.O.T. d'une occlusive sourde passe en moyenne de 23 à 35 ms, c'est-à-dire qu'il n'augmente que de 12 ms. Le V.O.T. constituerait par conséquent un facteur moindre pour expliquer l'augmentation de la durée syllabique. De même, Gay (1978) a montré que lorsque la vitesse d'élocution est rapide, c'est à nouveau la durée vocalique qui diminue le plus fortement, la durée de l'élément consonantique diminuant dans une moindre mesure.

À l'inverse, Kessinger et Blumstein (1998), qui cherchaient à observer l'effet de la vitesse d'élocution sur le V.O.T., la voyelle et la durée globale de la syllabe, confirment le fait que la durée du V.O.T. et de la voyelle augmentent lorsqu'un locuteur parle lentement. Quant au ratio entre la consonne et la voyelle, il reste relativement constant lorsque la vitesse d'élocution se trouve modifiée. De plus, l'hypothèse selon laquelle les durées du V.O.T. et de la voyelle varient de manière inverse n'est pas confirmée, dans la mesure où la durée vocalique ne diminue pas lorsque le V.O.T. augmente.

Lisker et Abramson (1964) ont étudié le V.O.T. pour onze langues. Il ressort de leur étude que le V.O.T., entre autres, est comprimé lorsque la séquence analysée se trouve dans une phrase porteuse, par rapport à la même consonne dans un mot isolé.

En conclusion, ces différents résultats permettent donc d'observer que la durée du V.O.T. sera différente selon que la consonne sera une bilabiale, une alvéolaire ou une vélaire pour un locuteur sain. De même, la durée de ce paramètre variera également par rapport à l'environnement qui accompagne l'occlusive produite.

4.5. Influence du contexte vocalique sur le V.O.T. des occlusives sourdes

Klatt (1975) avait pu constater que la durée du V.O.T. des consonnes [p, t, k] était plus longue lorsqu'elles étaient suivies par une voyelle haute telle que [i] ou [u]. Mc Cawley (1968) avait déjà trouvé une explication à ce phénomène en mettant en avant une règle phonétique provenant du japonais, à savoir que les voyelles hautes sont assourdies lorsqu'elles sont entourées d'occlusives sourdes. Il semblerait ainsi que les voyelles hautes influencent le comportement laryngé, de telle sorte que le voisement est moins facile à initier que pour une voyelle de grande ouverture. En effet, de manière générale, les voyelles de petite ouverture sont plus sujettes au dévoisement partiel à cause de la taille réduite de la constriction qui est un facteur propice à l'apparition de zones de frictions dans le spectre acoustique de la voyelle.

Mais que se passe-t-il si l'on étudie ce paramètre sur un locuteur souffrant d'un trouble de parole ? La section suivante se propose d'examiner la littérature relative au V.O.T. dans la parole produite par des sujets bègues.

4.6. Le V.O.T chez les personnes bègues

Un grand nombre d'études a été réalisé sur le délai d'établissement du voisement chez les locuteurs bègues (Agnello, 1975 ; Adams & Heyden, 1976 ; Starkweather, Hirschman & Tannenbaum, 1976 ; Prosek *et al.*, 1979 ; Alfonso *et al.*, 1991).

Ainsi, Adams (1984) résume plusieurs de ces travaux en décrivant un V.O.T. plus long dans des séquences fluides prononcées par des locuteurs bègues.

Suite au travail d'Agnello (1975), McFarlane et Shipley (1978) ont voulu vérifier si les différences s'amplifiaient lorsque le système de production de la parole était poussé à ses limites. Dans ce but, il a été demandé aux locuteurs de prononcer les mêmes séquences que dans l'étude d'Agnello (1975), à savoir [pa] et [ba] après qu'un stimulus auditif ou visuel leur ait été donné. Cette étude a permis de mettre en relief le fait que les transitions consonne-à-voyelle étaient plus lentes chez les personnes bègues que chez les non bègues lorsqu'un stimulus signalait la réponse. Ces résultats, d'après McFarlane et Prins (1979), montrent également que les performances motrices des sujets bègues sont plus lentes quand la perception auditive est impliquée lors de la réponse.

Ainsi, l'étude de l'activité laryngée durant le début et la fin du voisement est facilitée par l'utilisation d'un paradigme de « temps de réaction ». La variable-clé de ce paradigme est la latence du début du signal acoustique, correspondant à la mise en vibration des cordes vocales relative à un stimulus. Watson et Alfonso (1987) en parlent en termes de « *Laryngeal Reaction Time* », c'est-à-dire le temps de réaction laryngée (TRL). Il est à noter que plusieurs études se sont servies du TRL pour analyser la production de voyelles isolées (Adams & Hayden, 1976 ; Cross & Luper, 1979 ; Cross *et al.*, 1979 ; Reich *et al.*, 1981 ; Watson & Alfonso, 1982, 1983). Les résultats obtenus dans ces études ont montré que les personnes bègues avaient plus de difficultés que les non bègues à coordonner l'activité respiratoire et l'activité laryngée nécessaires à un début et / ou à une fin de voisement rapide.

Watson et Alfonso (1983) ont travaillé sur la relation qu'il y avait entre la sévérité du bégaiement, l'intervalle entre le moment de Présentation du stimulus et la Réponse (IPR) donnée et les valeurs TRL des locuteurs bègues. Lorsque l'IPR est long (ce qui équivaut à environ une seconde pour Watson et Alfonso (1983)), le locuteur a plus de temps pour préparer l'élément qu'il doit prononcer. L'amélioration de la valeur TRL constatée chez les bègues atteints plus légèrement lorsque l'IPR est allongée laisse penser que les grands bègues et les personnes sujettes à un bégaiement moins important peuvent être distingués par leur habileté à exécuter des mouvements pré-phonatoires durant et après l'IPR. Cette différenciation est décrite par l'hypothèse du Déficit Différentiel (Watson & Alfonso, 1983). Cette théorie suggère que les débuts retardés de la phonation chez les locuteurs bègues moins touchés par leur trouble sont connexes à leur incapacité à exécuter des mouvements laryngés et respiratoires lors d'une IPR courte, alors que les débuts de phonation chez les sujets bègues atteints « sévèrement » sont connexes à leur incapacité à exécuter des mouvements laryngés et respiratoires durant et après l'IPR, et cela sans que la durée de l'IPR ait de conséquence. Ainsi, les deux groupes de sujets bègues présentent des déficits similaires, mais l'amplitude du déficit est déterminée par la sévérité du désordre.

Une autre étude de Watson et Alfonso (1987) prolonge ces recherches en mettant en parallèle des données acoustiques et des enregistrements de l'activité respiratoire et laryngée avant la phonation. Les résultats de cette recherche, portant sur le *timing* et l'organisation des mouvements pré-phonatoires laryngés et respiratoires, révèlent des déficits différentiels entre les sujets bègues. Ces déficits peuvent expliquer les différences des valeurs LRT entre bègues « sévères » et « moyens », comme une fonction d'augmentation de la durée de l'IPR. Les sujets bègues atteints sévèrement montrent, par exemple, un délai plus long pour aboutir à une fermeture de la glotte, tout comme ils présentent une organisation des mouvements pré-phonatoires respiratoires et laryngés différente après une IPR courte ou longue. En revanche, la fermeture de la glotte chez des locuteurs bègues atteints moins sévèrement se fait plus lentement uniquement après une IPR courte. Il semblerait que les locuteurs bègues atteints moins sévèrement se servent du temps de préparation supplémentaire dû à des IPR plus longues pour réussir une closure de la glotte avant la présentation de l'indice de phonation. Les sujets bègues dits « légers » montrent ainsi des mouvements laryngés et respiratoires pré-phonatoires bien organisés après toutes les IPR. Cette étude conforte l'hypothèse du déficit différentiel. Cela soulignerait aussi une certaine hétérogénéité de la population bègue.

Signalons que Borden et Armson (1987) ont également travaillé sur le V.O.T. chez les locuteurs bègues. Cependant leur étude n'a pas permis de faire de distinctions entre grands bègues, bègues légers et non-bègues, en mesurant simplement le V.O.T.

Cannon *et al.* (1974) ont travaillé sur des techniques d'amélioration de la fluence chez les locuteurs bègues. Ils ont pu constater que l'établissement du voisement constituait un élément majeur dans l'établissement, le transfert et le maintien de la parole fluente chez les locuteurs bègues. Ce paramètre était en effet analysé dans le but de savoir s'il était approprié aux séquences prononcées. Cela permettrait aux thérapeutes de vérifier la qualité du contrôle du larynx de chaque patient bègue et de le corriger au cas où il ne serait pas convenable.

4.7. Résumé

Le V.O.T., paramètre de transition entre la consonne et la voyelle, est un bon candidat pour l'étude de catégories phonétiques (par ex. occlusives aspirées vs. occlusives non aspirées), de lieux d'articulation consonantiques et du contexte vocalique post-consonantique. Son comportement est différent selon les langues et chez les bègues.

Intéressons-nous maintenant à l'autre paramètre de transition, cette fois-ci la transition allant de la voyelle à la consonne, c'est-à-dire le VTT.

5. Définition du Voice Termination Time (V.T.T.)

Le délai d'arrêt du voisement, Voice Termination Time (V.T.T.) en anglais, est la mesure qui se focalise sur les dernières vibrations observables avant une occlusive et qui sont dues à l'élément vocalique précédant cette consonne sur le signal acoustique. Il s'agit de la période de transition menant à la fermeture complète du canal buccal.

Il est à noter que c'est Agnello (1975) qui, le premier, a utilisé cette mesure, en la définissant comme « the time lapse from the last glottal pulse to maximal intra-oral air pressure, or articulatory closure ». Autrement dit, Agnello (1975) considère le V.T.T. comme l'intervalle allant de la dernière impulsion glottique jusqu'à la pression intra orale maximale ou la closure articulaire.

Par la suite, Sock (1983), Van den Berg (1985) et Abry *et al.* (1985) ont repris cette mesure en la définissant comme le temps que mettent les cordes vocales pour s'arrêter de vibrer (VT) après closure ou constriction consonantique dans le conduit vocal.

La définition de Falch-Hun (1965) vient compléter ces études sur le V.T.T. lorsqu'il ajoute que presque toutes les occlusives sourdes intervocaliques commencent par une phase sonore, qui correspond à la montée de la pression pulmonaire du niveau vocalique précédant au niveau consonantique propre à l'occlusive sourde, niveau où cette pression pulmonaire se stabilise.

Par extrapolation, il semblerait possible de définir le V.T.T. comme le temps nécessaire à la reconstruction de la pression d'air subglottique indispensable à l'arrêt du voisement.

Suomi (1980) a étudié le VTT en anglais. Cette recherche a pu montrer que le voisement persiste en moyenne 10 ms au début de la fermeture de la consonne. Tout comme pour le V.O.T., il semblerait que le lieu d'articulation ait un effet sur la fin du voisement. Ainsi, les plus grandes durées de voisement sont constatées lorsque le lieu d'articulation recule. Cela s'explique par le fait que si le voisement est considéré comme le résultat d'un équilibre de pression transglottique, il finit plus rapidement si l'occlusion orale se fait vers l'arrière de la cavité orale que vers les lèvres. L'auteur suggère donc que la fin du voisement est une indication du début du geste d'abduction glottique.

Parallèlement, Keating (1984) a observé que les intervalles de voisement les plus longs, pendant la phase médiane des consonnes sourdes, sont liés à l'antériorité du lieu d'articulation. Pour l'auteur, cela est dû aux différences de l'aire du conduit situé derrière le

lieu d'articulation, et à l'effet produit sur la vibration des cordes vocales. Autrement dit, plus l'aïre est importante, plus le voisement peut être maintenu longtemps.

Quant à Docherty (1992), il pense que le lieu d'articulation n'a pas d'action significative sur la durée du voisement dans la partie médiane des consonnes sourdes et sonores, même si l'auteur a remarqué une légère tendance chez ses sujets à produire un voisement dans la partie médiane moins long pour les consonnes labiales, ce qui va à l'encontre de Keating (1984).

En ce qui concerne le délai de fin de voisement chez les sujets bègues, il n'a donné lieu qu'à peu de travaux. Cependant, Agnello (1975) avait observé que ce paramètre était généralement plus élevé pour les personnes atteintes de ce trouble.

Pour résumer, le V.T.T. aurait un lien étroit avec le mouvement d'abduction des cordes vocales et avec le niveau de la pression d'air subglottique. D'après certaines études, ce paramètre varierait selon le lieu d'articulation de la consonne et de la voyelle. Il est à noter que l'intervalle en question serait plus long chez les personnes bègues.

Ayant fait le point sur ces deux paramètres relevant du domaine du timing intrasegmental, nous proposons de faire un état de la question concis sur la coarticulation, ainsi que sur quelques faits anticipatoires. Ces deux derniers phénomènes, pour lesquels nous présenterons des données expérimentales, portent dans notre étude sur les domaines spectral (pour la coarticulation) et temporel (pour ce qui concerne l'anticipation).

6. Coarticulation, anticipation et bégaiement

La production d'un son est la conséquence de mouvements coordonnés entre des articulateurs. Dès qu'il y a contact entre deux sons, il y a coarticulation. La coarticulation peut être analysée essentiellement dans le domaine temporel, son extension variant selon la séquence des sons impliqués. Elle peut être anticipatoire ou rétentrice, comme nous le verrons

plus loin. Pour le moment, disons un mot sur une mesure de la coarticulation dans le domaine spectral : il s'agit de l'équation du locus.

6.1. L'équation du locus

L'équation du locus représente des régressions linéaires dérivées de la relation entre le début acoustique du deuxième formant de différentes voyelles et la partie stable de F2 pour la même voyelle. Cette équation, dont Lindblom (1963) est à l'origine, est la suivante :

$$\text{Début acoustique de F2} = m \times \text{milieu de F2} + b$$

Où m et b sont respectivement la pente et l'ordonnée à l'origine de la fonction de l'intersection-y.

Ainsi, si l'on veut étudier la coarticulation sur le plan acoustique, il est possible de se référer à des graphiques indiquant l'équation du locus. L'équation du locus, pour une séquence /CV/, se calcule par rapport à deux points, l'un se trouvant généralement à proximité de la consonne pré-vocalique, et le second au milieu de la voyelle. Lorsqu'un graphique représente le deuxième formant au milieu de la voyelle en abscisse et le F2 à la fin de la consonne en ordonnée, il est possible de tracer une courbe de tendance. Si la courbe est à l'horizontale ($c=0$), on conclura qu'il n'y a pas de coarticulation. A l'inverse, plus la courbe est inclinée ($c=1$), plus la coarticulation sera considérée comme importante. Nous y reviendrons *infra*.

D'après Sussman *et al.* (1992), la courbe indiquant la transition formantique permet d'observer des ajustements se déroulant à l'intérieur du conduit vocal, notamment ceux de la langue. Elle permet, par conséquent, d'obtenir des informations sur les ajustements spatiaux se déroulant lors de la production de la parole. Rappelons tout de même que la coarticulation implique des changements spatiaux et temporels de façon simultanée. Ainsi, un coefficient de pente important semblerait indiquer un mouvement considérable du dos de la langue à l'intérieur de la cavité orale suivi d'un relâchement consonantique (Weismer, 1991).

Certaines recherches ont en effet suggéré que des coefficients de courbe importants représentaient une augmentation de la coarticulation (c'est-à-dire un plus grand chevauchement) entre les différents segments de sons. On peut alors penser que ce plus grand chevauchement reflète un geste articulatoire économique (Kent, 1983 ; Sereno *et al.*, 1987). À l'inverse, des coefficients de courbes plus plats signifieraient, dans cette logique, une baisse de la coarticulation intrasyllabique. La baisse des effets de coarticulation devrait alors refléter une articulation affinée des segments phonétiques individuels (Lindblom, 1983 ; Nittrouer *et al.*, 1989).

Tournons-nous maintenant vers le domaine temporel et examinons plus particulièrement un fait coarticulatoire : l'anticipation.

6.2. L'Anticipation motrice

Nous savons que la parole n'est pas une simple succession d'articulations. En effet, pendant la réalisation d'un son, nous constatons la présence de mouvements qui ne lui sont pas intrinsèques. Ainsi, si l'on prend l'exemple du [t] dans [ty], nous remarquons une labialisation du [t] qui n'a pas lieu d'être dans l'occlusive citée. La production de la parole n'est donc pas un simple alignement de sons puisqu'on peut parler, dans ce cas précis, d'un phénomène de coarticulation anticipatoire provenant de la voyelle [y].

Il existe deux types de coarticulations : la coarticulation progressive et la coarticulation régressive. La première est plus rare que la seconde et n'est pas propre à notre sujet. Il s'agit, en quelques mots, d'un manque de coordination dans la réalisation de sons qui se succèdent. Dans « atmosphère » ([atmosfɛR]), par exemple, on remarque un retard dans l'abaissement du voile du palais pour la réalisation du [m]. Ce dernier peut être perçu ici comme sourd et dénasalisé.

Mais il serait bien de s'intéresser maintenant à la coarticulation régressive ou anticipatoire. Au niveau articulatoire, on parle de coarticulation régressive lorsqu'« un ajustement articulatoire pour un segment phonétique est anticipé dans un segment qui arrive plus tôt dans la chaîne phonétique » (Abry *et al.*, 1995 ; Cathiard, 1994). Il est à noter qu'il

n'est pas nécessaire que l'anticipation ait lieu au segment précédent immédiat. Benguerel et Cowan (1974) ont en effet observé que dans la structure V1 C1 Vlab., la labialisation débute déjà à C1, voire avant, et cela même si la suite contient un nombre important de consonnes. Ainsi, dans la phrase [ynsinistRstRykyR], où six consonnes séparent la voyelle [i], la deuxième du groupe, de la voyelle [y], la première du mot [stRykyR], la protrusion de la voyelle [y] commence pour 10% des locuteurs dès le second [i] de [sinistR], dès la première consonne pour 80% des personnes testées, et à la deuxième consonne pour les locuteurs restants.

Dans ces expériences de modélisation articuloire de la parole, Maeda (1999) a analysé les séquences [VICV2] où les voyelles sont [i], [a] ou [u]. De ce travail, il en est issu que pour qu'un [k] soit correctement identifié lorsqu'il est suivi d'un [u], il faut qu'apparaisse une protrusion dans le [k], due à l'anticipation de la voyelle suivante. L'anticipation de l'arrondissement doit donc être contrôlée et réalisée par le locuteur. De plus, toujours pour que le [k] soit bien perçu, il est indispensable que la variabilité de l'arrondissement des lèvres pendant la consonne soit petite, c'est à dire que les lèvres doivent atteindre des positions « cibles », ce qui fait que leur mouvement ne soit pas libre. Cela n'est pas le cas pour les voyelles non-arrondis où il n'est pas nécessaire de contrôler le geste des lèvres avec une grande précision. Le geste d'arrondissement des lèvres serait donc utile à la fois pour le [k] et pour le [u], puisqu'il rend audible la consonne et est intrinsèque à la voyelle.

Les travaux de Vaxelaire *et al.* (1999) ont permis d'étudier l'anticipation labiale dans des séquences [apu], [atu], [aku] et [ikty]. Leurs conclusions sont les suivantes :

Pour la séquence [apu], l'anticipation labiale de la voyelle arrondie débute en même temps que l'anticipation du geste du corps de la langue due à la même voyelle. L'augmentation de la vitesse de la parole ne modifie ni le timing de ces articulateurs ni l'amplitude de leur déplacement.

Les résultats de la séquence [atu] confirment le fait que le geste d'arrondissement des lèvres et le geste de constriction qui amènent à la production de la voyelle sont anticipés bien au-delà

de la consonne non-labialisée puisqu'ils débutent dans les dernières configurations de la voyelle non-arrondie.

En ce qui concerne la séquence [aku], où la langue est requise à la fois pour le [k] et le [u], les auteurs remarquent que le geste anticipatoire de la lèvre inférieure en déplacement vertical ne va plus au-delà de la consonne comme cela était le cas pour les séquences précédentes. La protrusion commence ici quelques instants avant le contact de la langue avec le palais.

Quant à la séquence [ikty], les deux locuteurs retenus n'avaient pas la même stratégie de production : pour le premier, la protrusion de la lèvre supérieure de même que l'ouverture des lèvres ne deviennent significatives qu'à la fin du contact dorso-palatal. Pour le second locuteur, la protrusion est effective durant la totalité de la séquence [kt]. Le déplacement vertical de la lèvre inférieure débute après la phase obstruente de la consonne vélaire au même moment pour les deux locuteurs. Quand la protrusion de la lèvre supérieure ne semble pas pertinente dans la production de cette séquence, la taille de l'ouverture des lèvres se réduit à partir de la configuration de la phase obstruente du corps de la langue jusqu'à la configuration obstruente de la pointe de la langue. Autrement dit, lorsque le geste de protrusion de la lèvre supérieure n'est pas efficace, c'est l'ouverture des lèvres qui semble assurer l'extension anticipatoire de la voyelle. Il est à noter encore que le mouvement d'abaissement du corps de la langue après la phase obstruente commence après le contact apical dû au [t]. L'abaissement du corps de la langue n'est pas à relier seulement avec le relâchement consonantique, mais il est aussi expliqué par l'extension de la voyelle arrondie dans la configuration apicale. Dans tous les cas, aucun geste ne va au-delà de l'occlusion du dos de la langue (voir Perrier *et al.*, 2004 pour une modélisation de phénomènes anticipatoires en production de la parole).

Il serait maintenant intéressant d'examiner les conséquences de l'anticipation motrice sur le niveau acoustique et de voir dans quelle mesure des faits acoustiques anticipatoires sont interprétables en termes acoustiques.

6.3. L'anticipation acoustique

Les effets acoustiques de la coarticulation anticipatoire sont visibles sur le signal de la parole dans des segments consonantiques adjacents à la voyelle (Soli, 1981), mais aussi dans les segments vocaliques non-adjacents (Öhman, 1966).

En 1967 déjà, Öhman étudia des séquences V1 Coclusion V2. De cette expérience, il ressort que les transitions de formants de V1 dépendaient à la fois de la consonne Coclusion et de V2. Ainsi, si V2 est une voyelle non-arrondie telle que [i], qui a un second formant (F2) haut, la transition du second formant dans V1 tend à être aussi plus haute. De même, si V2 est une voyelle avec un second formant bas, comme pour [a], la transition du second formant de V1 tend à être plus basse.

Soli (1981) a réalisé des analyses spectrales des consonnes fricatives [s, z, ʃ, ʒ] dans des séquences isolées ou en position initiale de syllabes CV, avec les voyelles [i a u]. Il en résulte qu'une anticipation vocalique est présente 30 à 60 ms avant le début de la voyelle. On remarque ces effets dans les pics de fréquence des fricatives qui sont proches du second formant de la voyelle. De plus, ces pics sont plus élevés de 100 à 300 Hz avant la voyelle antérieure [i] qu'avant les voyelles postérieures [a] et [u].

Masmoudi (1990) a réalisé l'étude acoustique de la transition de [i] à [y] en français pour observer la bascule d'énergie lors du passage de [i] à [y]. Pour cette expérience, des « nomogrammes » ont été utilisés, ce qui a permis d'étudier les formants en tenant compte des changements d'articulation du conduit vocal. Le corpus de Masmoudi (1990) était la séquence [iyiy], prononcée par un locuteur plusieurs fois de suite, avec une tenue longue pour chaque voyelle mais une transition rapide d'une voyelle à une autre. On a pu noter l'existence de convergences formantiques dans des zones de transition. Néanmoins, on constate que l'influence acoustique du [y] se manifestait relativement dans la partie formantiquement stable de la voyelle [i], ce qui semblait indiquer une anticipation articulatoire-acoustique de la labialisation dans la « zone » acoustique correspondant à la voyelle [i].

Lehiste et Shockey (1972) ont utilisé des séquences V1 Coclusives V2, en les tronquant au milieu de la tenue acoustique, avant le relâchement de la consonne. Etant donné que les auditeurs, qui devaient identifier V2, ont échoué, l'expérience a été jugée peu concluante.

Benguerel et Adelman (1976) ont fait une étude dans le but d'examiner la perception de la coarticulation de l'arrondissement des lèvres en français. Ils avaient un corpus de neuf phrases contenant les groupes de consonnes [k s t R], [t s t R] et [R s k R] suivis de l'une des voyelles [i], [y] ou [u], ce qui donnait des séquences [V C1 C2 C3C4 V]. Quatre troncations ont été faites avant la voyelle qui suit le groupe consonantique :

G1 : la troncation se situe immédiatement avant la consonne finale.

G2 : la troncation est placée au milieu de la consonne finale.

G3 : la troncation est faite immédiatement après l'aspiration de la troisième consonne.

G4 : la troncation se trouve immédiatement après la troisième consonne, avant l'aspiration.

Les sujets devaient identifier la voyelle manquante. Les résultats montrent que lorsque le groupe tronqué contient les consonnes C1 C2 C3 et la moitié de la quatrième consonne, les sujets arrivent à identifier la voyelle manquante. Bien que sur le niveau articulatoire l'influence de la voyelle soit apparente dès la première consonne du groupe, l'information acoustique présente dans C1, C2, C3 n'est pas suffisante pour identifier la voyelle suivante, puisque les sujets se sont révélés capables d'identifier significativement cette voyelle seulement lorsqu'ils disposaient d'au moins la moitié du dernier segment consonantique C4, soit [R]. Cependant, puisque la coarticulation provoquée par la voyelle commence dès la première consonne du groupe, il semble probable que plusieurs segments, et non seulement C4, contiennent l'information pertinente pour l'identification des voyelles.

Lübker et Lindgren (1982) ont réalisé une étude sur le suédois. Pour eux, la coarticulation est un phénomène de base dans la production de la parole ; elle sert à fournir des indices acoustiques en avance sur le segment « cible ». La coarticulation a, en effet, quelque intérêt dans la tâche de décodage rapide du signal de la parole que les auditeurs reçoivent, et de nombreuses recherches révèlent que les auditeurs font quelques usages des indices venant de la coarticulation acoustique. Les deux auteurs, en réalisant leur étude, voulaient savoir :

- Si l'articulation anticipée pouvait contribuer à la perception précoce des voyelles labialisées ;
- Si oui, déterminer l'extension temporelle de ces effets perceptifs ;
- Si ces effets perceptifs étaient dépendants de la voyelle ;
- Si ces effets perceptifs variaient suivant la langue.

Leur corpus était constitué de séquences V1 Cn V2, où Cn était une suite de deux à cinq consonnes et V2 l'une des voyelles [i, y, e, o, u, ɔ]. Leurs conclusions sont les suivantes :

- La coarticulation anticipatoire semble fournir des informations acoustiques pour l'identification précoce d'une voyelle subséquente ;
- Les deux voyelles [i:] et [y:] sont correctement identifiées avant l'émergence acoustique de la voyelle elle-même. Ils en concluent que pour la langue suédoise, l'extension temporelle de l'effet perceptif de la coarticulation articuloire est dépendante de la voyelle.

Summerfield *et al.* (1989) ont montré que les mouvements visibles des articulateurs (lèvres, partie antérieure de la cavité buccale et mouvements ayant comme cible les dents) produisent des changements acoustiques rapides dans la partie moyenne ou haute du spectre. Ces changements de faible intensité spécifient le lieu d'articulation des consonnes ([p t k] par exemple) et/ou l'identité des voyelles. Cette partie du spectre, moyenne et haute, est facilement masquée par le bruit de fond et par une mauvaise acoustique (écho, réverbération) du milieu, et c'est la partie qui subit en général la plus grande distorsion chez les malentendants, dont le système périphérique présente de mauvaises résolutions en temps et en fréquence. En revanche, l'activité des autres articulateurs, qui ne sont pas visibles (*velum* et *larynx*), est responsable des variations glottiques en amplitude et en harmonicité de la partie basse du spectre qui est la plus intense. C'est dans cette partie que l'on trouve le plus d'indices relatifs aux facteurs prosodiques comme la mélodie, le rythme et, bien entendu, le trait de mode des consonnes comme le voisement et la nasalité. C'est la partie la plus résistante de l'information spectrale de la parole, et seuls les systèmes auditifs véritablement très handicapés n'arrivent pas à la traiter. Ainsi, toujours selon ces auteurs, il semble y avoir une relation complémentaire entre la visibilité des mouvements articulaires et la robustesse des structures acoustiques qu'ils produisent.

Un certain nombre d'études porte sur la modélisation de ces phénomènes anticipatoires. Il nous paraît utile d'exposer brièvement ici l'essentiel sur certains de ces modèles. Nous pourrions par la suite comparer ces propositions de modélisation avec nos propres données obtenues sur l'anticipation, aussi bien chez les sujets bègues que sur les sujets non bègues.

6.4. Modèles d'anticipation

Les quatre modèles les plus régulièrement cités dans la littérature sur l'anticipation labiale sont (voir Figure 4) :

- Le modèle « Look-Ahead » :

Ce modèle a été élaboré par HENKE (1966) et ÖHMAN (1967). Pour eux, la protrusion de la lèvre supérieure débute dès que possible. Ainsi, dans une séquence telle que [istRstRy], elle peut commencer dès la fin acoustique de la voyelle [i], ou à ses alentours.

- Le modèle « Time-locked » de BELL-BERTI et HARRIS (1981) :

L'anticipation du geste labial se fait à peu près à date fixe, plus exactement au début de la voyelle arrondie. Pour ce modèle, le nombre de consonnes intermédiaires n'a aucune influence sur l'anticipation.

- Le modèle « Hybrid » de PERKELL et CHIANG (1986) :

Pour eux, le geste de protrusion a deux phases : une phase initiale lente, dont le début se situe dès la fin acoustique de [i], dans une séquence comme [istRstRy] ; une phase plus rapide, dont le début est à date fixe par rapport au début acoustique de la voyelle arrondie [y].

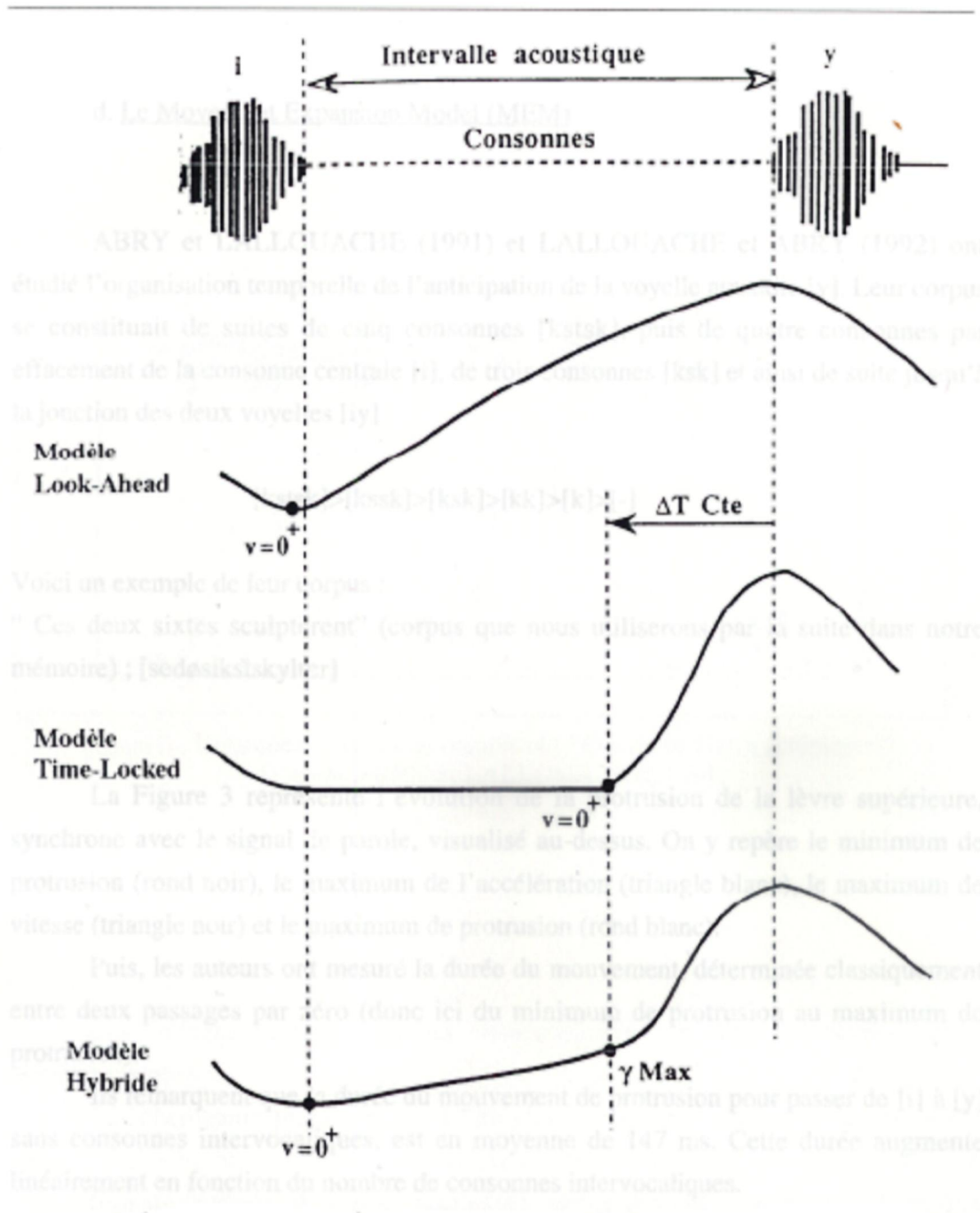


Figure 4. Trois modèles d'anticipation. Voir texte pour les détails.

- Le M.E.M. ou Movement Expansion Model (Abry & Lallouache, 1991) :

Le M.E.M. est en effet un modèle de l'organisation temporelle ou *timing* de l'anticipation de la voyelle arrondie [y]. Le M.E.M. a été élaboré à partir de

l'analyse de l'évolution de la protrusion de la lèvre supérieure, à travers la séquence consonantique [ktsk], dans la phrase [sedøsikstskyltεR] (voir Figure 5).

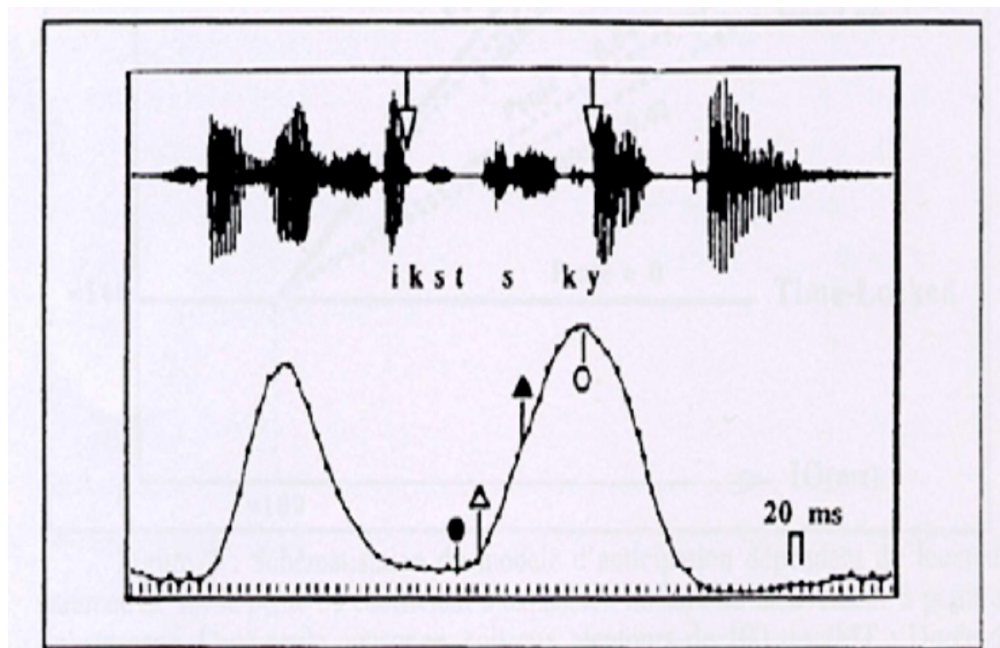


Figure 5. Le minimum de protrusion est représenté par le rond noir ; le triangle blanc correspond au maximum de l'accélération ; le triangle noir est le symbole pour le maximum de vitesse ; le maximum de protrusion étant représenté par le rond blanc. Exemple d'une séquence complexe : « Ces deux Sixtes sculptèrent ». D'après Abry et Lallouache (1995).

Ils étudient ces événements en effaçant une, puis deux, puis trois consonnes, jusqu'à ce qu'on arrive à [iy]. La durée du mouvement de protrusion pour passer de [i] à [y] est en moyenne de 147 ms. La durée augmente linéairement en fonction du nombre de consonnes intervocaliques. Les conclusions de leurs travaux sont les suivantes. Le mouvement de protrusion :

1. Atteint son maximum, plus ou moins aux alentours du début de la voyelle arrondie [y] ;
2. Commence de plus en plus tôt, par rapport à [y], en fonction de l'augmentation du nombre de consonnes intervocaliques ;

3. Peut se produire après [i] ou dès le début de cette voyelle.

L'anticipation du mouvement de protrusion n'est donc pas déterminée par la fin de la voyelle non-arrondie [i], de même qu'elle n'est pas déterminée de manière fixe par rapport au début de la voyelle arrondie [y].

Il faut encore noter que la coarticulation est nécessaire à la parole fluente. Cathiard (1994) nous rappelle en effet que parler sans coarticuler reviendrait à épeler, en quelque sorte. Il est judicieux de croire que le bégaiement entraînera des perturbations au niveau des transitions voyelle-consonne et consonne-voyelle, ainsi que sur le plan de la préparation précoce de certains gestes, c'est-à-dire l'anticipation. Regardons maintenant ce qui est habituellement attesté dans la littérature sur ces questions pour les sujets bègues.

6.5. Le bégaiement, un défaut de coarticulation ?

Avant de traiter de la coarticulation dans des séquences comportant des voyelles, il est souhaitable de signaler que plusieurs études (Zimmermann, 1980 ; Klich & May, 1982, Blomgren, 1998) ont montré que les voyelles produites par des sujets bègues, en parole fluente, sont généralement plus centralisées que celles qui ont pu être observées chez des locuteurs de contrôle (voir Zerling, 1979 pour des faits coarticulatoires en parole non pathologique). Cependant, Prosek *et al.* (1987), qui ont réalisé une étude similaire n'ont pas pu confirmer ces résultats. Même si cela prête encore à confusion, ce paramètre pourrait avoir des conséquences sur la coarticulation dans des séquences [CV].

6.5.1. Que se passe-t-il au niveau coarticulatoire chez les personnes bègues?

Les études de la coarticulation menées sur des personnes atteintes de bégaiement ont déjà donné lieu à plusieurs travaux. Parmi ceux-là, deux écoles se dégagent : celle de Van Riper (1982) et celle de Wingate (1977).

Van Rieper (1982) affirma en effet, que la production d'un bégayage était phonétiquement différente de la production d'une syllabe cible perçue comme fluente. Ainsi, pour un mot comme [k^heit] (Katy), par exemple, la disflueur ressemblerait davantage à [k^hə / k^hə / k^hə] qu'à [k^he / k^he / k^he], si bégaiement, il y a. L'auteur met en avant que ce phénomène proviendrait d'un dysfonctionnement dans le *timing* articulatoire et suggère la présence d'un [ə] dans la répétition de la syllabe, [ə] qui serait dû à un « échec de coarticulation ». L'« échec dans la coarticulation » et la présence d'un [ə] » peuvent s'expliquer par le fait que, « sur le premier mot comportant un « h », comme dans « he » (NDLR : « il » en anglais), le sujet bègue se rendra d'abord compte que sa cavité buccale a la forme de la voyelle « schwa » lors de la réalisation de la disflueur (Van Rieper, 1973).

De son côté, Wingate (1977) considère le bégaiement comme un défaut de transition phonétique lorsqu'il affirme que, si on observe une répétition ou une prolongation, la difficulté ne se manifeste pas dans les postures articulatoires essentielles à ce son, mais dans les mouvements réalisés pour la production du son suivant ». D'après son interprétation, l'élément disflueur pourrait être compris dans l'intervalle allant du début de la syllabe cible jusqu'à un point *x* de cette même syllabe. La disflueur serait donc phonétiquement similaire au début de la syllabe cible, car cette disflueur est constituée d'une partie de cette même syllabe.

Bien que Wingate ne pense pas que la disflueur soit réalisée comme un allophone de la consonne de la syllabe cible comme Van Rieper (1973) le laisse entendre, il évoque la possibilité (Wingate, 1976) que, si une voyelle est produite en phase disfluente, elle sera phonétiquement différente de la même voyelle dans la même syllabe lorsque celle-ci est fluente. Ainsi, il met l'accent sur le fait que le locuteur bègue ne produit pas nécessairement une voyelle « schwa », en tant que partie de la disflueur, mais que si une voyelle est produite, elle ne sera pas la même que celle réalisée dans la syllabe cible : « Il y a une très bonne raison de déduire qu'il est incorrect de parler de « voyelle neutre » pour ce qui est de la production d'un son en bégayant. Cela met en évidence que l'exécution de la voyelle suivante ne se poursuit pas comme elle le devrait. Essentiellement, ce « son » révèle que l'aspect phonatoire de la voyelle suivante a seulement été initié, mais qu'il n'a pas été développé ou coordonné avec une forme orale qui lui est propre. » (Wingate, 1976).

6.5.2. Synthèse

Deux hypothèses ressortent du chapitre précédent :

- Soit le bégaiement est caractérisé par une dégradation de la production de la syllabe cible (Van Rieper, 1973), dégradation provenant d'un problème de coarticulation. Dans ce cas, le conduit vocal ne prend pas la forme escomptée lors de la réalisation de la syllabe disfluente ;
- Soit, selon Wingate (1976), il y a une dégradation de la transition entre la Consonne Prévocalique et la Voyelle ; on pourrait alors parler de la production incomplète d'une voyelle cible.

Dans ses recherches, Harrington (1987) a apporté quelques éléments de réponses allant plutôt dans le sens de Wingate (1976). En effet, ce dernier n'observe pas la présence de ce son sur le plan acoustique, comme il est possible de l'observer sur la figure 6.

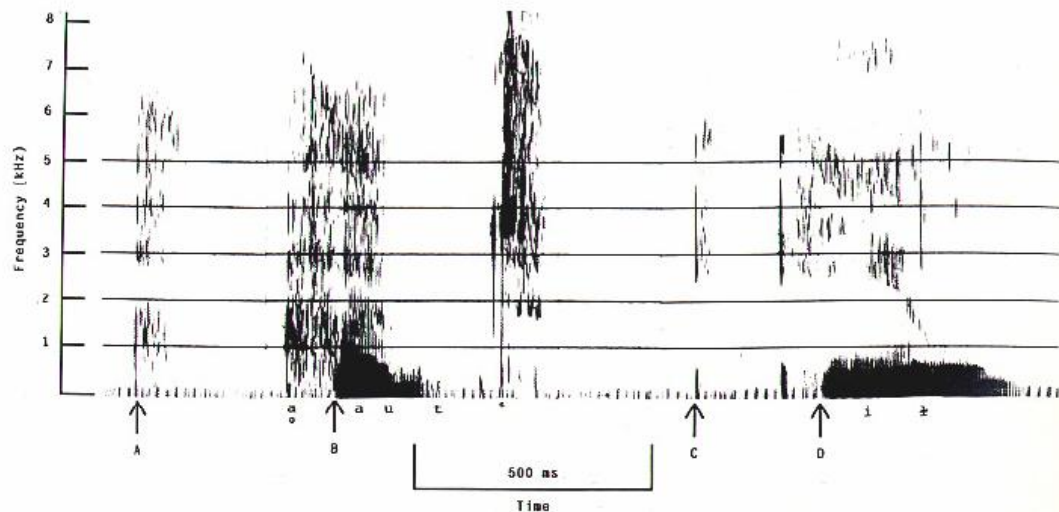


Figure 6. Des spectrogrammes d'une étendue de 0 à 8 kHz, filtrage d'analyse de 300 Hz, de la disfluente suivie du mot « out » (à gauche) et de la disfluente suivie du mot « eel » (à droite) produits par le même locuteur. La distribution de l'énergie au début de la disfluente avant le mot « out » (A) est similaire à la distribution de l'énergie à l'établissement de la périodicité dans la syllabe cible du mot « out » (B). Le phénomène est le même pour le mot « eel ». D'après Harrington (1984).

Un autre travail de Harrington (1984) sur un locuteur bègue parlant le Cantonais comparait les gestes laryngaux pour les syllabes /se/ et /sœŋ/ (Figure 7). Notons simplement que le /s/ de la deuxième syllabe était prononcé en étant labialisé, du fait de la voyelle /œ/. En effet, depuis Fant (1960) et Lindblom et Sundberg (1971), il est reconnu que la projection et l'arrondissement des lèvres avaient pour conséquence de faire baisser la distribution fréquentielle de l'énergie. L'étude de Harrington (1984) a ainsi montré une labialisation plus importante pour la production du /s/ précédant le /œ/ par rapport à celui situé avant le /e/. Par conséquent, le degré d'arrondissement ne change pas du début du /s/ prolongé jusqu'à la transition allant du /s/ au /œ/, contrairement aux prédictions de Van Rieper (1973).

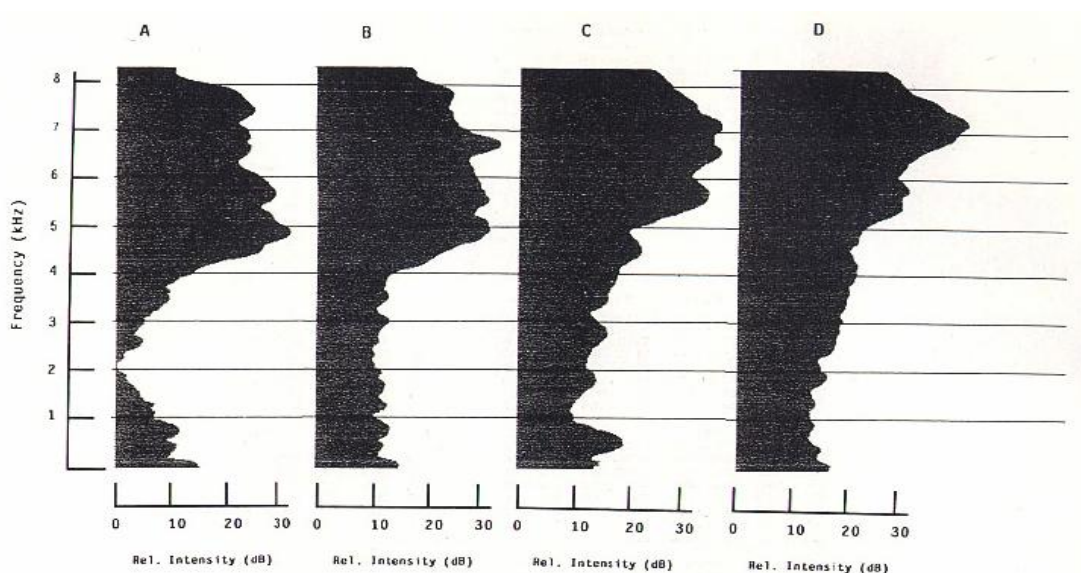


Figure 7. Des sections de l'amplitude, dans l'étendue 0 à 8 kHz, filtrage d'analyse de 300 Hz, prélevées 50 ms après le début d'un /s/ produit de manière prolongée avant /sœŋ/ (A) et /se/ (C) ; puis 50 ms avant le début de périodicité dans les syllabes cibles /sœŋ/ (B) et /se/ (D). L'intensité plus élevée de l'énergie spectrale dans l'intervalle 4 kHz à 5 kHz pour A et B, comparée à celle de C et D, suggère la production d'un /s/ plus arrondi dans le /s/ produit de manière prolongée avant /sœŋ/ par rapport au /s/ produit de manière prolongée avant /se/. D'après Harrington (1987).

Les résultats de l'analyse électropalatographique faite par Harrington (1987) vont dans le même sens que les conclusions apportées par l'étude acoustique. Ce dernier observe que, durant la production de la tenue bilabiale, les côtés de la langue étaient élevés vers le palais (Figure 8) : la tenue bilabiale était de fait légèrement accompagnée d'une palatalisation. Par

contraste, la théorie de Van Riper (1973) voulait que la langue adopte la configuration appropriée pour un schwa. Cependant cette théorie ne trouve pas de justification dans une étude palatographique de Harrington (1987).

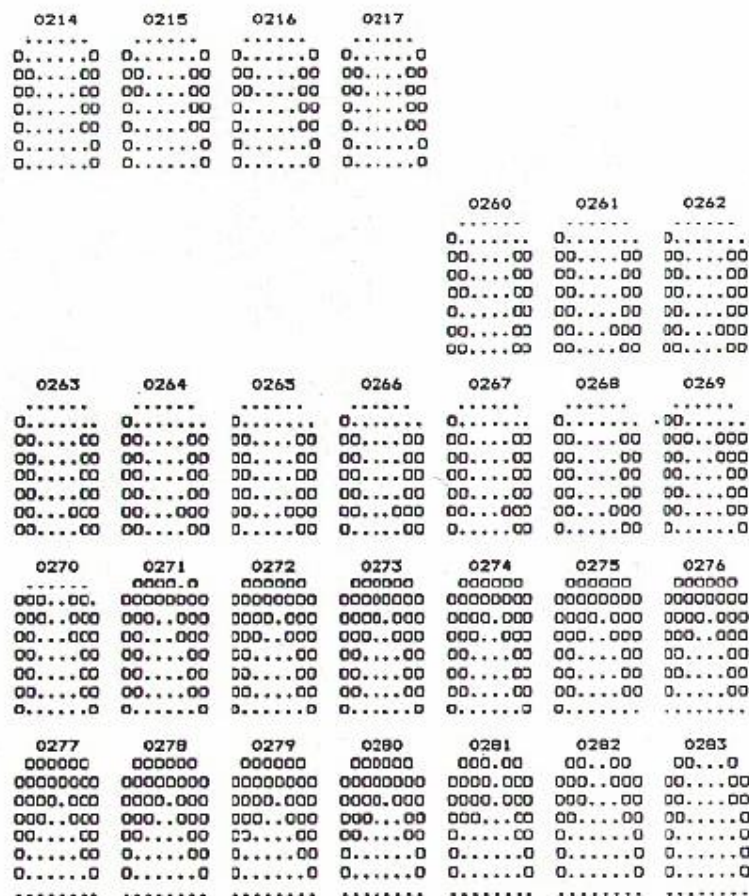


Figure 8. Des palatogrammes, fréquence d'échantillonnage de 100 Hz, d'une occlusive bilabiale produite de manière prolongée et la production subséquente de /id/ de *speed*. Les images 214 à 217 montrent la production d'une occlusive bilabiale produite de manière prolongée. Le relâchement de la tenue bilabiale, qui coïncide avec le début de la voyelle /i/, est situé à l'image 269. Le contact latéral étendu au début de la tenue prolongée suggère que la langue s'était élevée par anticipation pour la production de la voyelle subséquente /i/. D'après Harrington (1987).

Dans son étude, Harrington (1987) avait également comparé les voyelles disfluente aux voyelles fluente. Il a révélé que la disfluence était comparable au début acoustique de la voyelle non disfluente. Autrement dit, si le début de la voyelle disfluente ressemble à celui de la voyelle fluente, la zone stable observée dans la voyelle fluente n'est pas produite dans la phase disfluente (voir Figure 9).

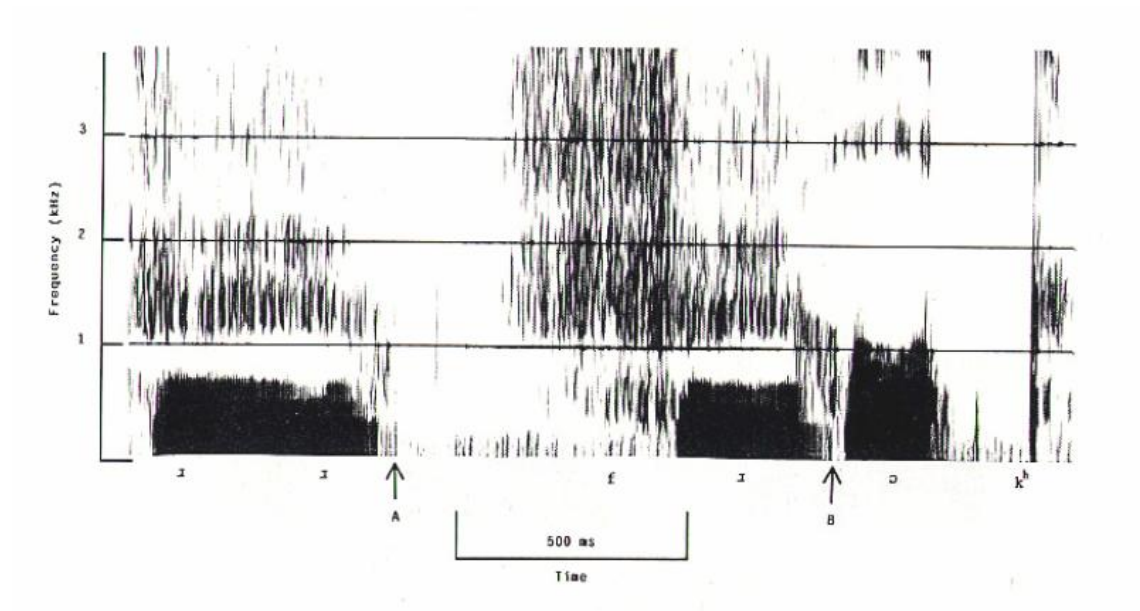


Figure 9. Spectrogramme, dans l'extension 0 à 4 kHz, filtrage 300 Hz d'une disfluente suivi du mot *frock*. À la fin du premier /ɪ/ prolongé, le F2 diminue de 1,4 kHz, puis s'élève à environ 0,9 kHz (A) comme dans la transition de /ɪ/ à /ɔ/ (B). D'après Harrington (1987).

L'analyse d'autres éléments marquant la disfluente montre également des différences si l'on compare le début acoustique de la disfluente avec la production fluente de la voyelle. Il est ainsi possible de classer les disfluents en trois catégories :

1. Dans la première catégorie, Harrington (1987) range les séquences dans lesquelles la trajectoire formantique de F2 du début acoustique de la voyelle disfluente se dirige vers la valeur fréquentielle du F2 de la voyelle acoustique cible, sans pour autant atteindre la valeur de celle-ci (voir Figure 10).

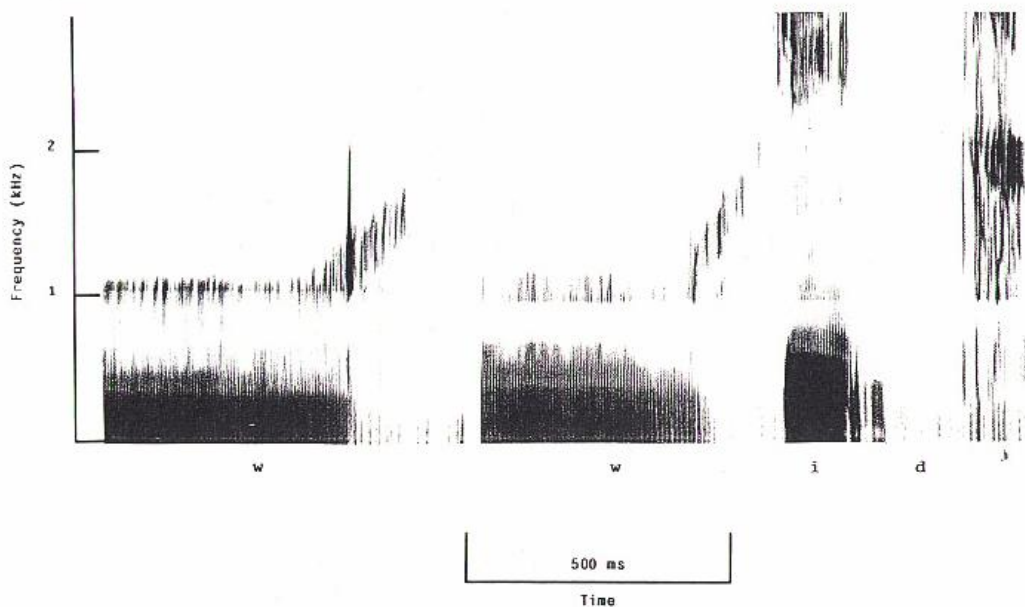


Figure 10. Spectrogramme, dans l'étendue 0 à 3 kHz, avec un filtrage d'analyse de 300 Hz d'une disfluençe suivie du mot *weed*. À la fin du premier /w/ prolongé, le F2 s'élève à environ 1,5 kHz, alors que dans la transition de /w/ à /i/, le F2 s'élève à 2,8 kHz. D'après Harrington (1987).

2. Dans la deuxième catégorie, la trajectoire des formants reste stable après le relâchement de la consonne dans la disfluençe, alors qu'en parole fluente, le passage d'un son à l'autre s'effectue avec une transition, et donc avec un changement de trajectoire formantique. En résumé, la transition formantique est remplacée, lors d'une disfluençe, par une zone formantique stable (voir Figure 11).

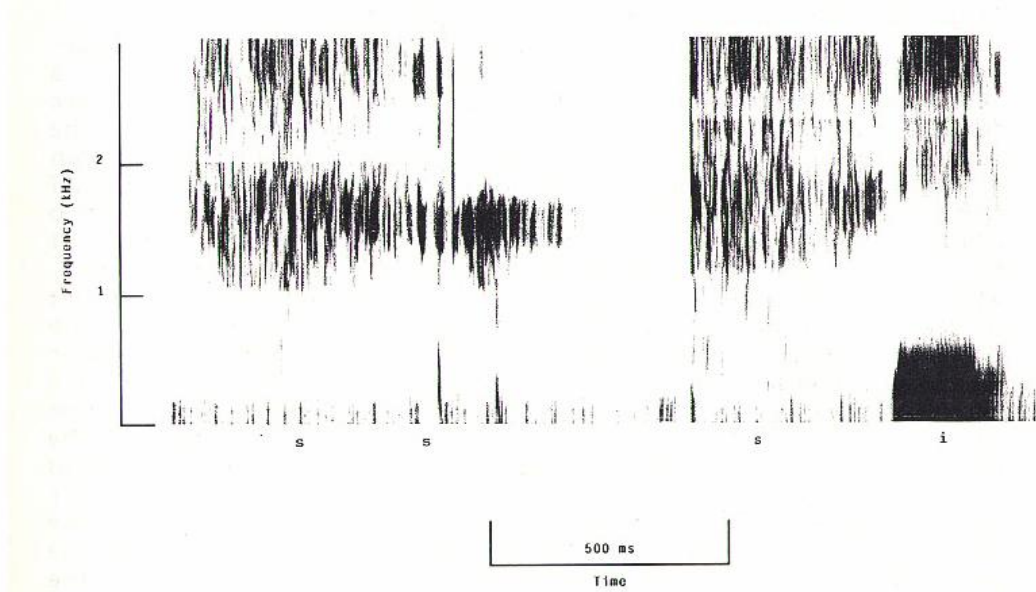


Figure 11. Spectrogram dans l'étendue 0 à 3 kHz, avec un filtrage de 300 Hz d'une disfluence suivie du mot *see*. Dans la transition de /s/ à /i/, le F2 s'élève de 1,5 kHz à 1,8 kHz. À la fin du /s/ prolongé, le F2 se stabilise autour de 1,5 kHz. D'après Harrington (1987).

- Enfin, il existe d'autres cas, où les formants affichent, dans la disfluence, une transition inverse à ce qu'elle devrait, comparés à la transition formantique que l'on observe dans la syllabe cible prononcée de manière normale (voir Figure 12).

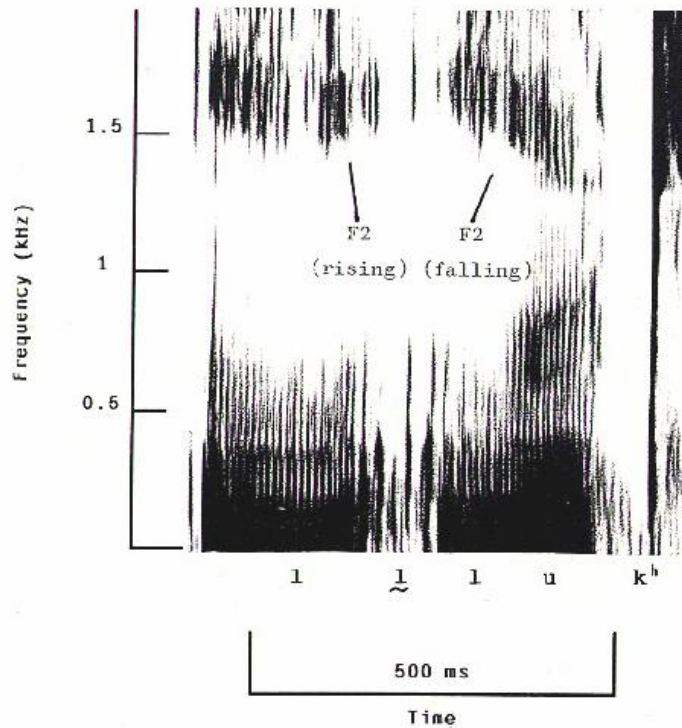


Figure 12. Spectrogramme, dans l'étendue 0 à 2 kHz, avec un filtrage d'analyse de 300 Hz d'une disfluençe suivi du mot *look*. A la fin du premier /l/, le F2 baisse puis s'élève, probablement parce qu'une tenue alvéolaire se réalisait encore une fois pour /l/, alors que dans la transition de /l/ à /u/, le F2 s'abaisse.

Les données de Harrington (1987) ont permis de constater qu'une disfluençe peut avoir lieu à n'importe quelle position de la syllabe cible, de son début acoustique jusqu'à la partie stable de la voyelle à atteindre. Cependant, la plupart des disfluences finissent par un silence bien avant que la cible vocalique ne soit totalement atteinte. De même, le moment où intervient la disfluençe peut avoir des conséquences sur le fait que le début acoustique de la voyelle, en parole disfluente, soit différent du début de la même voyelle en parole fluente.

Ainsi, il est possible de conclure que :

- si la disfluençe intervient à proximité de la phase initiale du début acoustique de la voyelle, les formants ne devraient pas montrer de transition ;
- si l'élément disfluent constitue une partie quantitativement plus importante de la syllabe, mais que cette disfluençe se situe encore bien avant la partie stable de la

voyelle, alors seulement la première partie du début acoustique de la voyelle sera réalisée durant le moment de disfluence ;

Néanmoins, il reste difficile de trouver une explication valable quant à la mauvaise trajectoire empruntée par les formants au début de la voyelle disfluente, si on les compare à une transition fluente. Cette instabilité formantique pourrait être due à la répétition de la consonne prévoicative suivant la voyelle disfluente.

Les hypothèses de Van Rieper (1973) ne sont pas vérifiées par les travaux de Harrington (1987). Ainsi, dans la production d'une syllabe cible /C°V/, où /C°/ peut être composé de 1, 2 ou 3 consonne(s), la disfluence peut consister en une réalisation de /C°/ phonétiquement approprié pour le contexte /-V/. Les résultats de Harrington (1987) montrent que la voyelle proprement dite n'est pas produite lors du bégaiement. Par conséquent, dans la production d'une syllabe /C°V/, la disfluence peut comporter la réalisation de /C°/, mais elle peut comprendre aussi le début acoustique des voyelles. De même, il peut n'y avoir qu'une partie seulement du début acoustique qui soit produite dans la disfluence : dans ce cas, les formants se dirigent vers leur cible, mais ne l'atteignent pas. Si la production de la disfluence s'arrête au début de la voyelle, les formants, à la fin de la disfluence, resteront au même niveau. Les patterns des formants au début acoustique de la voyelle dans la disfluence seront seulement différents si la consonne est répétée. Dans ce cas, les formants suivant le relâchement de la première consonne seront « redirigés » vers le locus du son.

Néanmoins, les travaux de Howell *et al.* (1987), sur le plan perceptif, ont permis de constater que la production fréquente de pseudo-voyelles en disfluence d'une courte durée, peut être perçue comme une voyelle neutre, même si l'analyse spectrographique ne confirme pas la présence du « schwa ».

Les Figures 10 et 11 laissent à penser que c'est le second formant du début acoustique de la voyelle dans la disfluence qui est responsable de la perception de la voyelle neutre, puisque si l'on observe la valeur de F2 à la fin du [s] et du [w] prolongés, il est possible de constater qu'elle est de 1, 5 kHz environ, ce qui représente la même valeur que pour la seconde résonance du « schwa » d'un homme adulte (Fant, 1960). Néanmoins, il est indispensable d'ajouter que le deuxième formant du début acoustique de la voyelle, dans une

partie disfluente, ne se termine pas forcément aux valeurs appropriées pour la réalisation d'un « schwa ».

6.5.3. Comparaison de la coarticulation chez les sujets bègues et les sujets non bègues

Les transitions formantiques dans la parole produite par des sujets bègues ont été examinées dans plusieurs études (Chang *et al.*, 2002 ; Robb *et al.*, 1997, par ex.). Stromsta et d'autres (tels Harrington 1987 ; Howell et Vause 1986 ; Yarus et Conture, 1993) ont montré que les transitions de F2 caractérisant la parole disfluente chez l'enfant et l'adulte sont, soit absentes, soit atypiques. Si les études et les résultats peuvent varier selon les méthodes d'analyse et les échantillons de parole, elles semblent cependant confirmer que la coarticulation linguale accompagnant une disfluence diffère clairement de la coarticulation qui caractérise la parole fluente. Pour preuve, rappelons encore une fois que Wingate (1964 ; 1969) affirmait déjà que le bégaiement était un défaut de transition, lorsqu'il disait que :

the difficulty is not manifested in the articulatory postures essential to that sound, but instead in moving on to succeeding one(s). (p.107)

Néanmoins, parler d'une transition de F2 anormale pour de la parole de sujets bègues perçue comme fluente ne fait pas consensus dans la littérature (Howell & Vause, 1986 ; Klich & May, 1982 ; Zebrowki *et al.*, 1985 ; Zimmermann, 1980). Klich et May ont, par exemple, examiné les fréquences formantiques pour 7 sujets bègues masculins, dans des conditions expérimentales améliorant la fluence (en tentant de caler leur rythme sur celui d'un métronome et par feedback auditif). Les données obtenues par les auteurs ont indiqué que les sujets bègues utilisaient des ajustements articulatoires restreints qui, sur le spectrogramme, donnaient lieu à des transitions formantiques « plates ». Ces recherches laissent à penser que les défauts, en matière de transition phonétique notés par Wingate (1964 ; 1969), s'appliquent aussi à la parole fluente du sujet bègue.

Zebrowki *et al.* (1985) ont, en revanche, examiné la transition de F2 pour 11 sujets bègues de 4 ans. Ils ont pu constater, d'après leurs données, que la coarticulation était comparable à celle du groupe de contrôle. De même, Kowalski et Yairi (1995) ont travaillé

sur des données provenant d'un groupe de 8 sujets bègues en âge d'aller à l'école maternelle, et qui montraient des courbes de transitions pour F2 plus raides, comparées aux courbes du groupe de contrôle. Howell et Vause (1986) ont, eux, constaté une absence de transitions formantiques dans la parole fluente chez 8 adultes bègues.

Robb *et al.* (1997) ont conduit une étude comparative de la coarticulation sur des sujets bègues et des sujets non bègues. Ils ont pu constater que le coefficient de la droite de régression pour l'équation du locus (F2 début X F2 milieu), lorsque l'occlusive se trouvait à l'initiale, était systématiquement moins élevé pour le groupe de contrôle que pour les sujets bègues. En d'autres termes, les occlusives placées à l'initiale conduiraient, selon eux, à une fermeture du conduit vocal, suivie d'un relâchement vers une posture ouverte du conduit vocal pour la voyelle, avant de revenir à une fermeture pour la réalisation de la consonne post-vocalique. Les coefficients des équations du locus laissent à penser que la régulation des séries de configurations du conduit vocal était maniée différemment par les deux groupes de locuteurs. Les courbes plus raides de F2 pour les bègues indiqueraient un mouvement plus grand du corps de la langue à l'intérieur de la cavité buccale, dans la transition fermeture ó ouverture ó fermeture du conduit vocal que pour les non bègues.

En ce qui concerne l'analyse des transitions de F2 pour des séquences contenant des fricatives, les coefficients des équations du locus, pour le groupe de contrôle, montrent une approximation plus proche de 0 par rapport aux sujets bègues.

Même s'il s'agit de prendre ces résultats avec précaution, étant donné le nombre peu élevé de sujets, il semblerait que l'analyse de la transition de F2 soit sensible à des changements fins dans la coarticulation /CVt/. Par rapport aux sujets bègues, le groupe de contrôle montre une tendance à plus de stabilité dans les transitions F2, qui restent plates dans les séquences /CVt/. Les données présentées confirment ainsi l'hypothèse que les bègues et les non bègues montrent des différences en matière de coarticulation linguale. L'analyse de la transition, à l'aide de l'équation du locus, permettrait ainsi de confirmer encore une fois l'affirmation de Wingate (1964 ; 1969), pour qui un défaut de transition est central aux productions du sujet bègue.

Cette différence entre locuteurs bègues et locuteurs non bègues a également pu être constatée chez l'enfant. Subramanian *et al.* (1997) ont notamment montré que la transition F2

en parole fluente était un critère permettant de distinguer un enfant bègue pour qui le trouble sera persistant d'un enfant dont le bégaiement pourra être stoppé. Les données obtenues par leurs recherches indiquent en effet que les enfants pour lesquels le trouble persistera montraient des équations du locus moins élevées par rapport aux enfants bègues ayant retrouvé une fluence normale. De même, cette étude a permis d'observer que la dimension fréquentielle, et donc spatiale, était plus pertinente que la dimension temporelle pour différencier des enfants bègues d'enfants non bègues. Finalement, les auteurs en sont venus à la conclusion que les transitions de F2 pouvaient éventuellement servir d'indice à la mise au jour précoce du bégaiement. D'autres études, telles que celle de Hall *et al.* (1999) ou de Kloth *et al.* (1999) ont repéré des différences entre enfants bègues, enfants non bègues et enfants dont le trouble persiste.

Stromsta (1965) a étudié les transitions de F2 pour 63 enfants identifiés par leurs parents en tant que bègues. Les segments disfluents étaient observés sur un spectrogramme et répertoriés en deux catégories : a) ceux qui montraient des transitions formantiques et une fin de phonation normales et b) ceux où il manquait une transition formantique pour F2 ou une fin de phonation anormale. Dix ans plus tard, une autre étude faite par Stromsta (1975) sur les mêmes locuteurs montrait que les enfants pour lesquels la transition formantique était correcte avaient retrouvé une fluence normale, alors que la plupart de ceux qui présentaient une transition formantique anormale continuaient de bégayer. Néanmoins, étant donné que l'auteur n'a pas fourni tous les détails concernant la procédure expérimentale et qu'il n'avait utilisé que le jugement des parents pour qualifier les enfants de bègues et de non bègues, les conclusions de cette étude doivent être prises avec précaution.

Yaruss et Conture (1993) ont également étudié les différences de transition pour F2 entre 7 jeunes enfants dont le risque de bégaiement était considéré comme « élevé » ou « peu élevé » (suivant la présence de bègues dans le milieu familial). La plupart des mesures des transitions F2 était faite en comparant le segment disfluent avec le segment fluent (par exemple, b- but, a ó and). Les auteurs en sont venus à la conclusion que la présence de transitions anormales pour F2 n'était pas suffisante pour différencier les deux groupes. Néanmoins, cette étude doit également être prise avec réserve, car la classification des enfants entre « élevé » et « peu élevé » n'a pas été vérifiée par la suite, de manière longitudinale.

Bien que la prise en compte de la transition de F2, comme indice pour déceler le bégaiement n'a jamais été réellement vérifiée, plusieurs études ont noté des anomalies au niveau de certains paramètres acoustiques. Ainsi, Howell et Vause (1986), Howell *et al.* (1987) ont trouvé des irrégularités ou des anomalies dans les transitions de F2 à un pourcentage très élevé dans les jointures « consonne-voyelle », à la fois dans la parole fluente et disfluente pour des adultes bégues. De même, Robb et Blomgren (1997) ont mis en avant des transitions plus rapides et moins douces en parole fluente chez le bégue, par rapport à des adultes non bégues.

Rappelons que pour Van Lieshout (1995), les différences de stratégies dans le contrôle moteur chez les enfants qui bégayent reflètent davantage le niveau de leur habileté motrice, plutôt que l'étiologie du bégaiement. Les différences de stratégies sont donc davantage dues à la manière dont le bégue gère les exigences d'habileté motrice qu'aux causes du bégaiement. Cela impliquerait la notion de « liberté limitée » pour le système de contrôle moteur de la parole (Gracco, 1997), comme le disait déjà Van Rieper (1971) lorsqu'il suggérait que les difficultés du bégaiement ne provenaient pas des sons à proprement dits, mais des transitions entre chacun d'eux.

Il serait tentant de spéculer que le changement de fréquence dans la transition formantique pourrait provenir de la variabilité dans les durées segmentales. Si le bégaiement est un dysfonctionnement qui implique une capacité réduite à générer des patterns temporels adéquats (Kent, 1984), les enfants qui développeraient éventuellement un bégaiement manifesteraient ce problème à un degré plus important dès le début. Dans leur étude sur la vitesse articulatoire, Hall *et al.* (1999) ont montré que les enfants souffrant de bégaiement chronique ont une vitesse articulatoire plus rapide que ceux qui retrouvent une fluence normale. On peut donc penser que, du fait d'une vitesse d'élocution plus rapide, les enfants bégues chroniques doivent recourir à d'autres stratégies temporelles pour atteindre la cible à produire. Enfin, un point est à éclaircir encore : il s'agit de savoir si cette adaptation représente un comportement compensatoire pour atteindre une bonne fluence, un ajustement d'exécution périphérique ou une caractéristique de programmation central pour les bégues persistants.

Ces différences ne sont pas sans conséquence sur le plan phonologique. En effet, étant donné que les problèmes de programmation de la parole ou de contrôle moteur sont déjà

présents au stade de la formation du dysfonctionnement, les enfants qui restent bègues risquent d'être exposés à un retard phonologique plus important que les enfants qui gagneront en fluence (Paden, 1999 ; Watkins *et al.*, 1999).

De plus, les résultats de Sabramanian *et al.* (1997) étant obtenus à partir d'analyses sur de la parole fluente, il est possible de conclure que le bégaiement reflète un dysfonctionnement qui affecte continuellement l'exécution de la parole, et que ce trouble n'est pas uniquement limité aux segments observés comme disfluents. Ces difficultés semblent plus prononcées pour les enfants qui développeront un bégaiement persistant.

6.5.4. Synthèse

La partie précédente visait à mieux définir le bégaiement. Il a été possible de constater que les notions de V.O.T., de V.T.T. et de coarticulation pourraient être utiles pour décrire la parole des personnes bègues, dans la mesure où ces paramètres temporels (V.O.T., V.T.T.) sont considérés par la littérature comme plus longs chez les personnes atteintes de bégaiement. Au niveau de la coarticulation, quelques spécificités sont également visibles chez les sujets bègues.

II.

PROCÉDURE EXPÉRIMENTALE

Résumé

Dans cette partie, nous présentons la méthodologie qui a été utilisée pour les différentes investigations exposées dans ce travail.

Le Chapitre 7. porte sur les différents corpus qui ont été utilisés pour cette investigation.

Le Chapitre 8. présente les locuteurs qui ont participé à cette investigation. En outre, nous y décrirons également les conditions d'enregistrements ainsi que les mesures prises sur le signal de parole.

7. Corpus

Deux corpus ont été utilisés dans le cadre de ce travail, en fonction des objectifs des différentes investigations.

Corpus 1

Le premier corpus est constitué de dix phrases répétées une quinzaine de fois, et cela à deux vitesses d'élocution, à savoir normale (conversationnelle) et rapide. Ces phrases ont été lues par nos trois groupes de locuteurs. Elles sont :

1. C'est une pipe à Bordeaux.
2. C'est une pape à Bordeaux.
3. C'est une poupe à Bordeaux.
4. C'est une type à Bordeaux.
5. C'est une tape à Bordeaux.
6. C'est une toupe à Bordeaux.
7. C'est une kippa à Bordeaux.
8. C'est une coupe à Bordeaux.
9. C'est une cape à Bordeaux.
10. C'est issu ça.

Les neuf premières phrases permettent d'étudier, *sur le plan acoustique*, des séquences [CV] où la consonne est [p], [t] ou [k] et la voyelle [i], [a] ou [u], et [VC] où la voyelle est [i], [a] ou [u] et la consonne est [p]. Elles seront employées dans le cadre de nos études portant sur le délai d'établissement du voisement ou *Voice Onset Time* (Klatt, 1975) et le délai d'arrêt du voisement ou *Voice Termination Time* (Agnello, 1975), ainsi que sur nos expériences relatives aux aires des triangles vocaliques.

Il est à noter que la « phrase » porteuse correspond à « C'est une _____ à Bordeaux » cela pour contrôler, autant que possible, le contexte segmental et prosodique et donner un certain sens aux phrases. Les sujets ont pris connaissance des phrases peu avant l'enregistrement, où quelques consignes leur ont été données :

1. Ces derniers ne devaient pas faire de pause entre la syllabe étudiée et le [p] suivant ;
2. Ils avaient pour tâche de répéter ces dix phrases dans une élocution qui leur est habituelle. Puis, après un petit temps de repos, les sujets devaient reprendre ces dix phrases en les prononçant le plus rapidement possible.

En ce qui concerne la phrase 10, elle a été utilisée pour étudier l'anticipation du geste labial à travers la consonne [s]. Les résultats de cette investigation connexe ne seront pas présentés dans cette étude mais seront disponibles *in Hirsch et al.* (à paraître 2008).

Corpus 2

Le corpus 2 comprend des mots et des phrases. La liste des mots à répéter (après l'investigateur) à une seule reprise (à cause de la nature relativement invasive du système nasofibroscopique) était la suivante :

« bonjour », « femme », « chasseur », « légat », « exploit », « gargarisme », « voleur », « banane », « coupe-papier », « spectacle », « un match de boxe », « jaser », « magique », « justice », « zèbre » et « carré ».

En outre, les personnes bègues devaient également répéter la phrase :

1. C'est une affaire intéressante, qu'en pensez vous ?
2. Il faut la faire sans aucun regret.
3. C'est pipi ça.
4. C'est tipi ça.
5. C'est kipi ça.

Ce corpus a servi pour l'étude *nasofibroscopique*.

8. Locuteurs et enregistrements

8.1. Locuteurs ayant prononcé le corpus 1

Quinze adultes, tous de sexe masculin, dont la moyenne d'âge était de 26 ans, ont été recrutés dans le cadre de cette recherche pour prononcer le corpus 1. Les sujets étaient répartis en trois groupes :

1. Le premier groupe était constitué de cinq locuteurs ne souffrant ni de trouble de la parole ou de la communication ni de trouble de l'audition, et qui servaient de Locuteurs de Contrôle (LC). À noter que la moyenne d'âge de ce groupe était de 28 ans.
2. Le deuxième groupe était composé de cinq bègues (moyenne d'âge : 26 ans) qui ont suivi une thérapie auprès d'un orthophoniste au cours des cinq dernières années précédant l'enregistrement. Le traitement qu'ils ont eu consistait en des exercices portant sur le contrôle de la vitesse d'élocution et du début de phonation, en des entraînements visant à établir un contact articulaire plus léger et à favoriser une respiration diaphragmatique. À noter que quatre des cinq locuteurs ne présentaient pas de blocages apparents dans la parole au moment de l'enregistrement et que le cinquième subissait de légers bégayages. Ils sont qualifiés d'Anciens locuteurs Bègues (AB).
3. Le troisième groupe, âgé de 25 ans en moyenne, était formé de Locuteurs Bègues (LB) n'ayant suivi aucun traitement durant les cinq dernières années.

8.1.1. Fiche signalétique

Groupe de contrôle

VJ :

Age (lors de l'enregistrement) : 25 ans

Situation professionnelle (à la date de l'enregistrement) : étudiant

Particularité : aucune

GP :

Age (lors de l'enregistrement) : 24 ans

Situation professionnelle (à la date de l'enregistrement) : étudiant

Particularité : aucune

FR :

Age (lors de l'enregistrement) : 29 ans

Situation professionnelle (à la date de l'enregistrement) : en recherche d'emploi

Particularité : aucune

PH :

Age (lors de l'enregistrement) : 25 ans

Situation professionnelle (à la date de l'enregistrement) : responsable informatique

Particularité : aucune

MP :

Age (lors de l'enregistrement) : 35 ans

Situation professionnelle (à la date de l'enregistrement) : vendeur

Particularité : aucune

Sujets bègues ayant suivi une thérapie (AB)

Avant de donner la description des locuteurs bègues qui ont été enregistrés dans le cadre de ce travail, il est important de souligner la difficulté que nous avons eue à trouver des locuteurs bègues et anciens bègues, d'où le nombre relativement restreint de locuteurs dans notre étude. Cela dit, il s'agit à peu près du même nombre de locuteurs que l'on retrouve généralement dans ce type d'études. Il est vrai que les personnes bègues sont plutôt réticentes à l'idée de devoir parler et d'être enregistrées.

JD :

Age (lors de l'enregistrement) : 35 ans

Situation professionnelle (à la date de l'enregistrement) : technicien dans l'environnement

Particularité : a commencé à bégayer à l'âge de 5 ans. Aucun signe apparent de bégaiement lors de l'enregistrement. Il avait suivi une thérapie deux ans avant l'enregistrement, suite à l'apparition de blocages dans la parole (due au stress, d'après le sujet).

HL :

Age (lors de l'enregistrement) : 23 ans

Situation professionnelle (à la date de l'enregistrement) : étudiant

Particularité : a commencé à bégayer à l'âge de 5 ans. Quelques toni durant l'enregistrement en parole spontanée. Il avait suivi une thérapie trois ans avant l'enregistrement.

VX :

Age (lors de l'enregistrement) : 21 ans

Situation professionnelle (à la date de l'enregistrement) : étudiant

Particularité : a commencé à bégayer à l'âge de 3 ans. Aucun signe apparent de bégaiement durant l'enregistrement. L'enregistrement a eu lieu en fin de thérapie.

AL :

Age (lors de l'enregistrement) : 25 ans

Situation professionnelle (à la date de l'enregistrement) : vendeur

Particularité : a commencé à bégayer à l'âge de 4 ans. Aucun signe apparent de bégaiement durant l'enregistrement. L'enregistrement a eu lieu quatre ans après sa dernière thérapie.

JV :

Age (lors de l'enregistrement) : 26 ans

Situation professionnelle (à la date de l'enregistrement) : musicien

Particularité : a commencé à bégayer à l'âge de 4 ans. Aucun signe apparent de bégaiement durant l'enregistrement. L'enregistrement a eu lieu deux ans après sa dernière thérapie.

Sujets bégues n'ayant plus suivi de thérapie depuis 5 ans (LB)

MD :

Age (lors de l'enregistrement) : 26 ans

Situation professionnelle (à la date de l'enregistrement) : étudiant

Particularité : a commencé à bégayer à l'âge de 3 ans. De nombreuses répétitions et remarques parenthétiques durant l'enregistrement, aussi bien en parole spontanée qu'en lecture.

KZ :

Age (lors de l'enregistrement) : 23 ans

Situation professionnelle (à la date de l'enregistrement) : étudiant

Particularité : a commencé à bégayer à l'âge de 4 ans. Un grand nombre d'arrêts de sons durant l'enregistrement en parole spontanée.

WA :

Age (lors de l'enregistrement) : 25 ans

Situation professionnelle (à la date de l'enregistrement) : agent d'entretien

Particularité : a commencé à bégayer à l'âge de 6 ans. Des répétitions de sons et de syllabes ont été entendues pendant l'enregistrement.

ST :

Age (lors de l'enregistrement) : 24 ans

Situation professionnelle (à la date de l'enregistrement) : sans emploi

Particularité : a commencé à bégayer à l'âge de 3 ans. De nombreuses répétitions de syllabes et prolongations de sons durant l'entretien. Le locuteur semblait tendu durant l'enregistrement.

FR :

Age (lors de l'enregistrement) : 26 ans

Situation professionnelle (à la date de l'enregistrement) : étudiant

Particularité : a commencé à bégayer à l'âge de 4 ans. Quelques blocages durant l'entretien.

8.2. Locuteurs ayant prononcé le corpus 2

SL :

Age (lors de l'enregistrement) : 25 ans

Situation professionnelle (à la date de l'enregistrement) : ingénieur

Particularité : aucune

FH :

Age (lors de l'enregistrement) : 25 ans

Situation professionnelle (à la date de l'enregistrement) : étudiant

Particularité : aucune

SA :

Age (lors de l'enregistrement) : 21 ans

Situation professionnelle (à la date de l'enregistrement) : étudiant

Particularité : bègue en rééducation

SY :

Age (lors de l'enregistrement) : 33 ans

Situation professionnelle (à la date de l'enregistrement) : sans emploi

Particularité : bègue en rééducation

8.3. Enregistrements

8.3.1. Enregistrements acoustiques

Les enregistrements acoustiques ont été réalisés à l'aide d'un microphone *Sennheiser e845S* relié à un ordinateur portable, dont la carte son était une *RealTek AC97*. Le logiciel employé pour l'acquisition était *Audacity* (fréquence d'échantillonnage : 44100 Hz ó 16 bits).

8.3.2. Enregistrements en nasofibroscopie

Les enregistrements des films en nasofibroscopie ont été réalisés à l'Hôpital Européen Georges Pompidou de Paris grâce au Dr Marie-Claude Monfrais. Ils faisaient suite à un autre corpus constitué de différents aspects du fonctionnement laryngé (comme la toux forcée, le coup de glotte,...), de différentes situations de parole consistant en des répétitions de mots, des lectures ou de la parole spontanée.

L'enregistrement a eu lieu en deux temps : pour commencer, les locuteurs ont été enregistrés sans nasofibroscopie, sur un minidisque enregistreur de marque *Sony*. Ce premier enregistrement acoustique avait pour but d'obtenir des données purement acoustiques du corpus et de faire en sorte que le locuteur prenne connaissance du corpus.

Puis un enregistrement visuel et sonore en simultané sous nasofibroscopie a été réalisé à l'aide d'un appareil *Atmos*, doublé par sécurité d'un enregistrement acoustique sur le minidisque.

Avant de commencer l'expérimentation, un coton imbibé d'une lotion pour anesthésie locale (*Xylocaïne*) a été introduit pendant quelques minutes dans la narine explorée. Une fois que le produit avait fait son effet, la sonde a pu être introduite dans la narine anesthésiée de chaque locuteur. Lorsque l'image offerte par l'endoscopie montrait le larynx, l'expérimentation pouvait commencer.

8.4. De l'étude des différents événements acoustico-articulatoires

A partir d'un signal acoustique continu, il est possible de détecter des événements phonétiques permettant de remonter aux configurations articulaires (Abry *et al.*, 1985). Ces événements sont constitués en couples qui peuvent être décrits de la façon suivante :

8.4.1. V.O. (Voice Onset) et V.T. (Voice Termination)

Il s'agit des paramètres qui délimitent respectivement le début et la fin de voisement. Ces événements sont liés aux mécanismes glottiques et marquent le début et la fin de l'excitation périodique dite « régulière ».

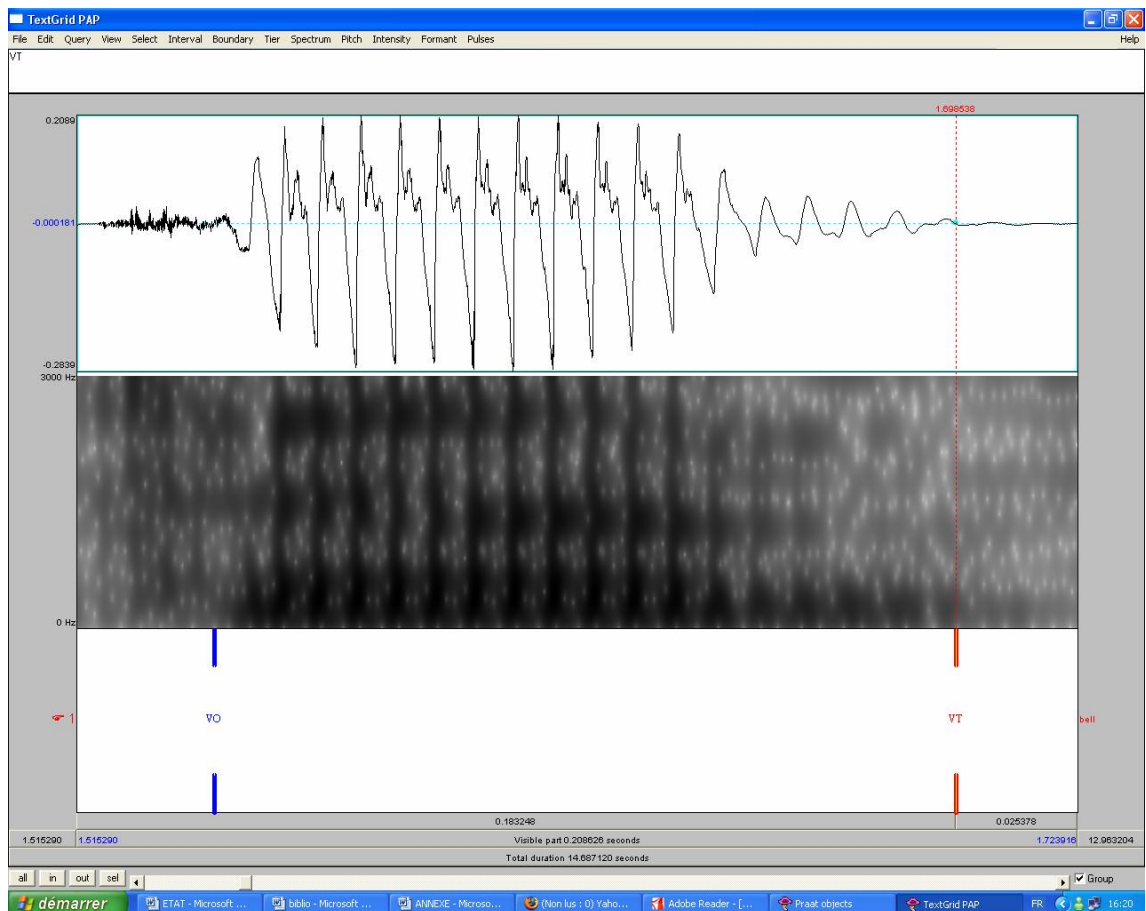


Figure 12. Les événements VO et VT dans une séquence [pa].

8.4.2. F.O. (Frication Onset) et F.T. (Frication Termination)

FO et FT représentent dans l'ordre le début et la fin de fricition. Ces événements sont plus liés aux mécanismes glottiques et/ou supraglottiques. D'après Abry et *al.* (1985), la présence d'une excitation aperiodique peut être d'origine supra-glottique (plosions et frictions proprement dites) ou glottique (aspiration). Il est à noter que toute plosion contient une part non-négligeable de friction, étant donné que le relâchement des articulateurs ne se produit pas de manière instantanée. A noter que CFO et CFT sont le début et la fin consonantique fricative.

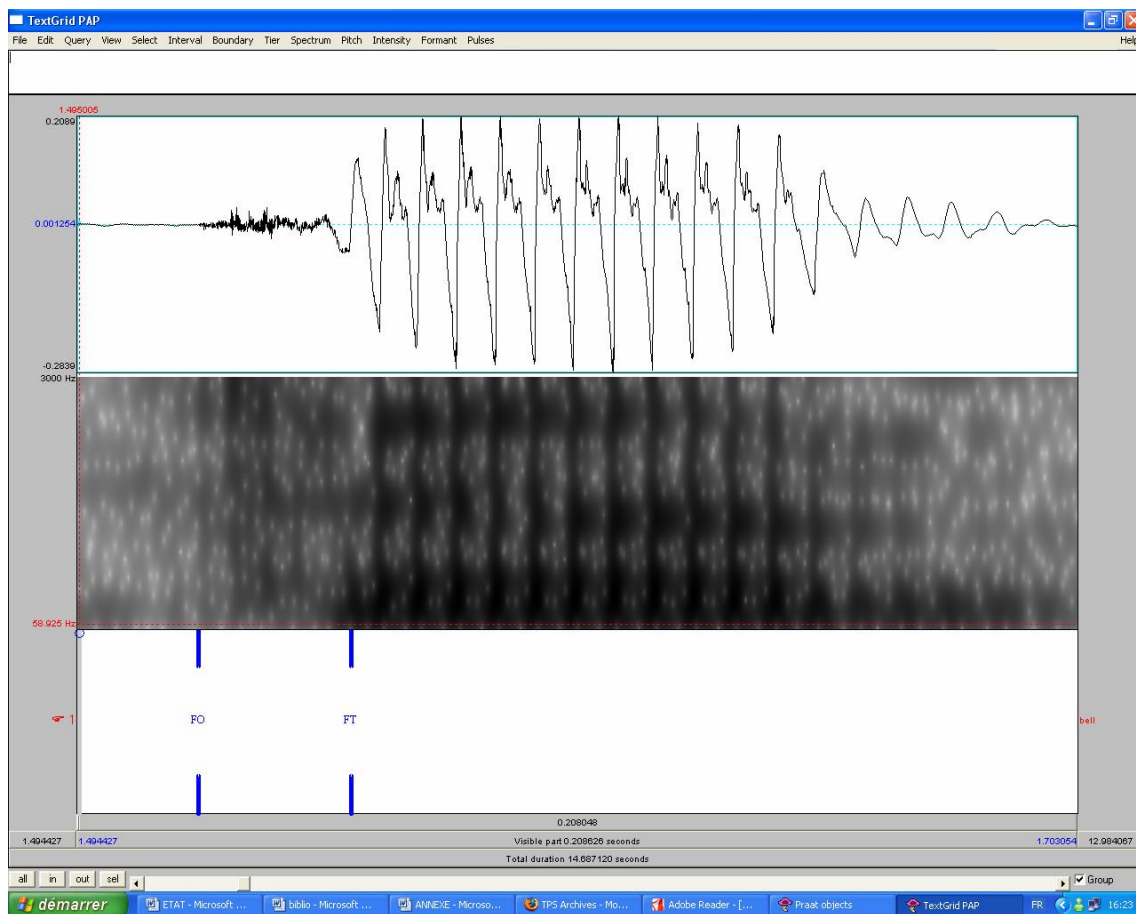


Figure 13. Localisation des événements FO et FT dans une séquence [pa].

8.4.3. V.V.O. (Vocalic Voiced Onset) et V.V.T. (Vocalic Voiced Termination)

Il s'agit du début et de la fin vocalique voisée. Ce paramètre, tout comme le suivant (CVO), dépend de décisions concernant les catégories « vocalique » et « consonantique ». Ces deux événements sont liés à la fonction de transfert du conduit vocal. Ils traduisent l'état de ce conduit lors des productions vocaliques et marquent donc le début et la fin d'un état supra-glottique vocalique, représenté sur le spectrogramme par une structure formantique bien définie.

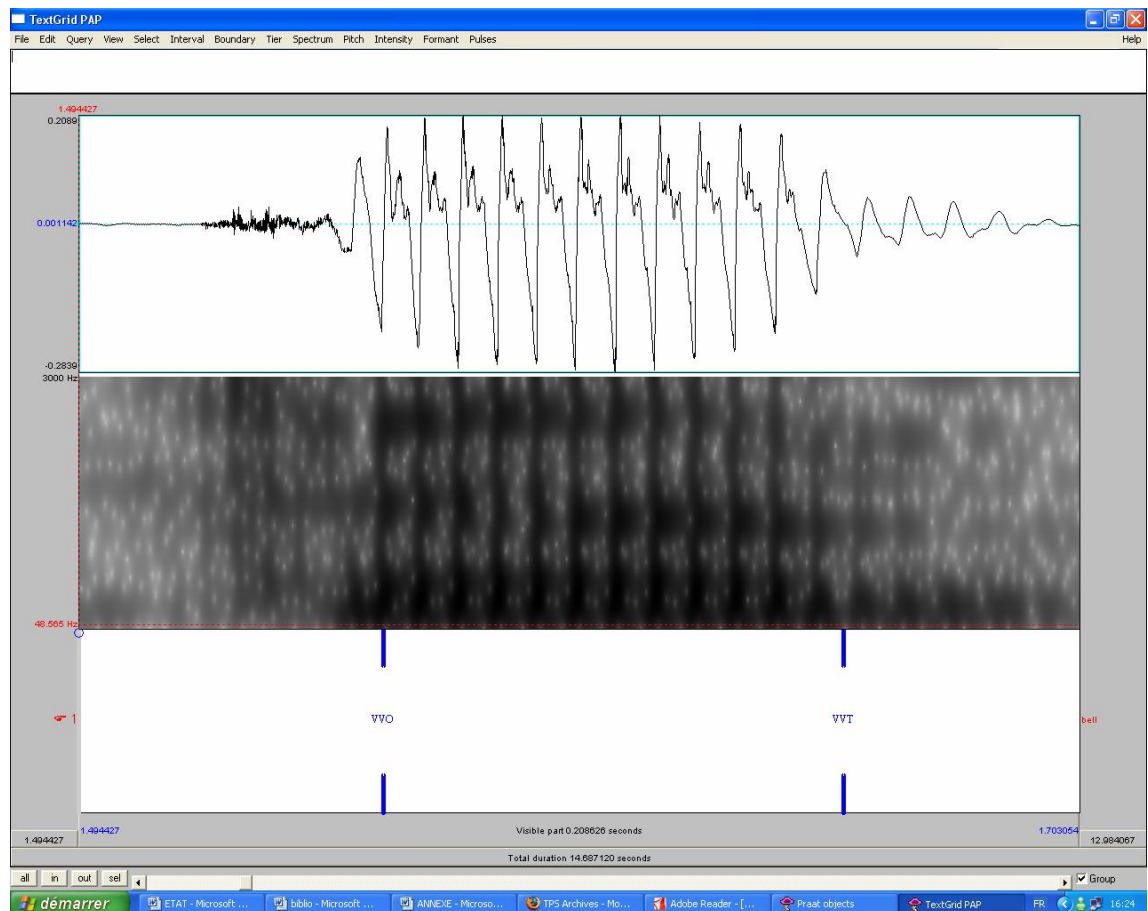


Figure 14. VVO-VVT dans la séquence [pa]. Le spectrogramme permet de retrouver sur le signal (avec un faible décalage) l'apparition (VVO) et la disparition (VVT) d'une structure formantique définie, pendant l'excitation périodique du conduit vocal (VO-VT) (Feng, 1983).

Quant aux coordinations majeures, ce sont les suivantes :

8.4.4. Le V.O.T.

Selon Lisker et Abramson (1964), il est défini, pour les plosives uniquement, comme la durée séparant le relâchement R de la mise en vibration des cordes vocales (VO). Il peut donc être positif (sourdes), négatif (sonores) ou nul s'il y a simultanéité des événements. Il est important de signaler que le V.O.T. est un indice essentiel pour la classification perceptive des occlusives voisées / non voisées (Lieberman *et al.*, 1958). Ainsi, si ce délai est négatif ou nul, l'occlusive est perçue comme voisée, s'il est positif, l'occlusive est perçue comme non-voisée, voire affriquée.

Selon Klatt (1975), le V.O.T. est défini comme la durée entre le relâchement R et le début de l'état vocalique voisé (VVO) dans le cas des plosives, entre R et VVO dans le cas des fricatives. Il est à noter que contrairement à celui de Lisker et Abramson, le V.O.T. de Klatt est toujours positif. Cela étant, nous reviendrons sur ce paramètre plus loin.

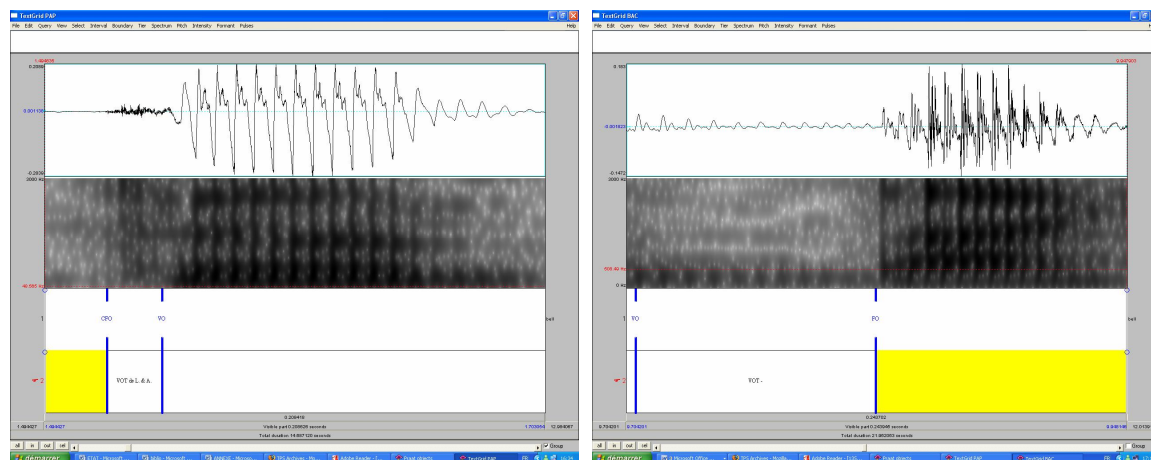


Figure 15. V.O.T. (Voice Onset Time ou délai d'établissement du voisement. À gauche : V.O.T. où le relâchement supraglottique du /p/ se produit avant la mise en route du voisement. À droite, le V.O.T. négatif, où le voisement (VO) se produit bien avant le relâchement supraglottique de la consonne voisée /b/.

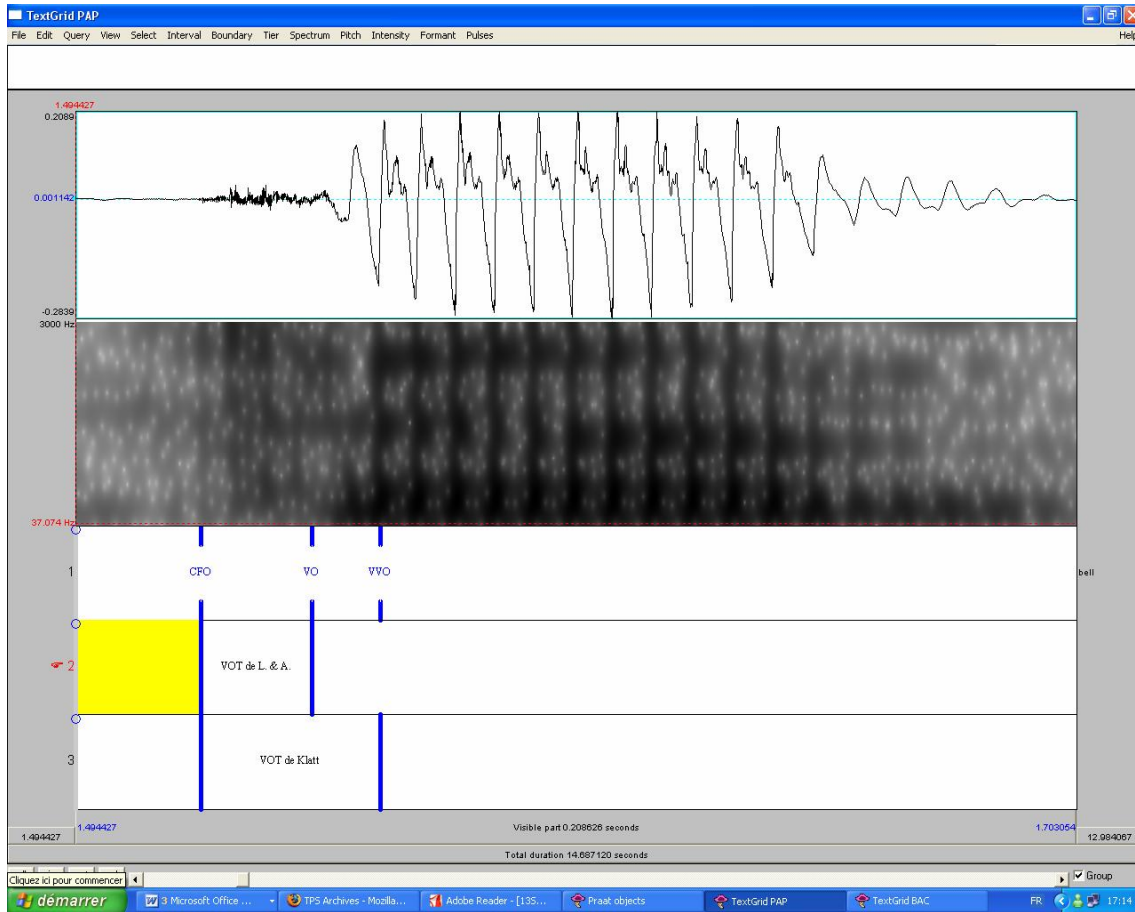


Figure 16. Le V.O.T. défini par Lisker et Abramson (1964) comme l'intervalle allant du début de friction (FO) (de la consonne occlusive au démarrage des vibrations glottiques (VO) de la voyelle suivant la consonne ou de la consonne voisée elle-même. Chez Klatt (1975), le V.O.T. désigne l'intervalle entre le début de friction et l'instant où le signal présente une structure formantique définie (VVO).

La mesure retenue pour le délai d'établissement du voisement ou *Voice Onset Time* (V.O.T. de Klatt, 1975) va de l'explosion consonantique au début de la structure formantique stable de la voyelle suivante. Afin de tenir compte de toute variabilité temporelle consécutive à la consigne donnée aux locuteurs de faire varier leur vitesse d'élocution, ainsi qu'aux variations de tempo qui existent naturellement entre les individus et entre les répétitions d'un seul individu, nos résultats se fonderont essentiellement sur des données relatives. Aussi, le V.O.T. sera calculé en fonction de la durée vocalique, dans l'intervalle CV. La Figure 17 est un exemple, extrait de nos données, qui indique la mesure de ce paramètre.

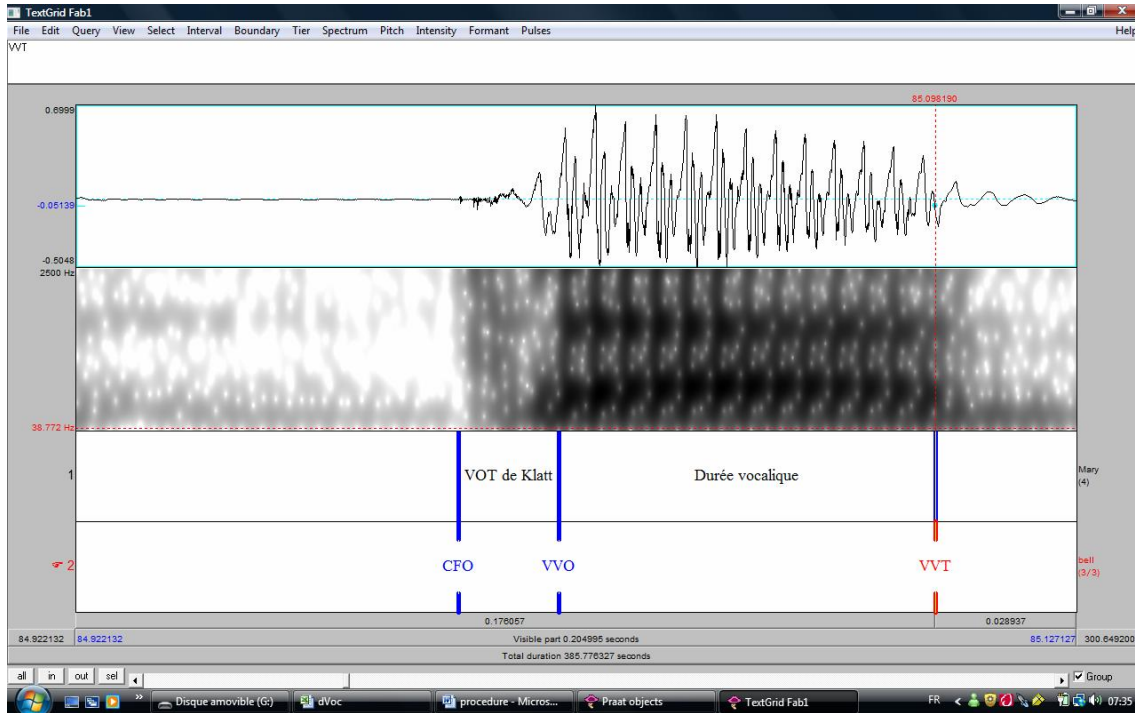


Figure 17. Le V.O.T. de Klatt (1975) suivi de la durée vocalique de la voyelle.

8.4.5. Le V.T.T.

Le V.T.T., ou Voice Termination Time (Agnello, 1975 ; Sock, 1983 ; 1998), correspond au temps que mettent les cordes vocales pour s'arrêter de vibrer (VT) après la closion ou constriction (C) dans le conduit vocal.

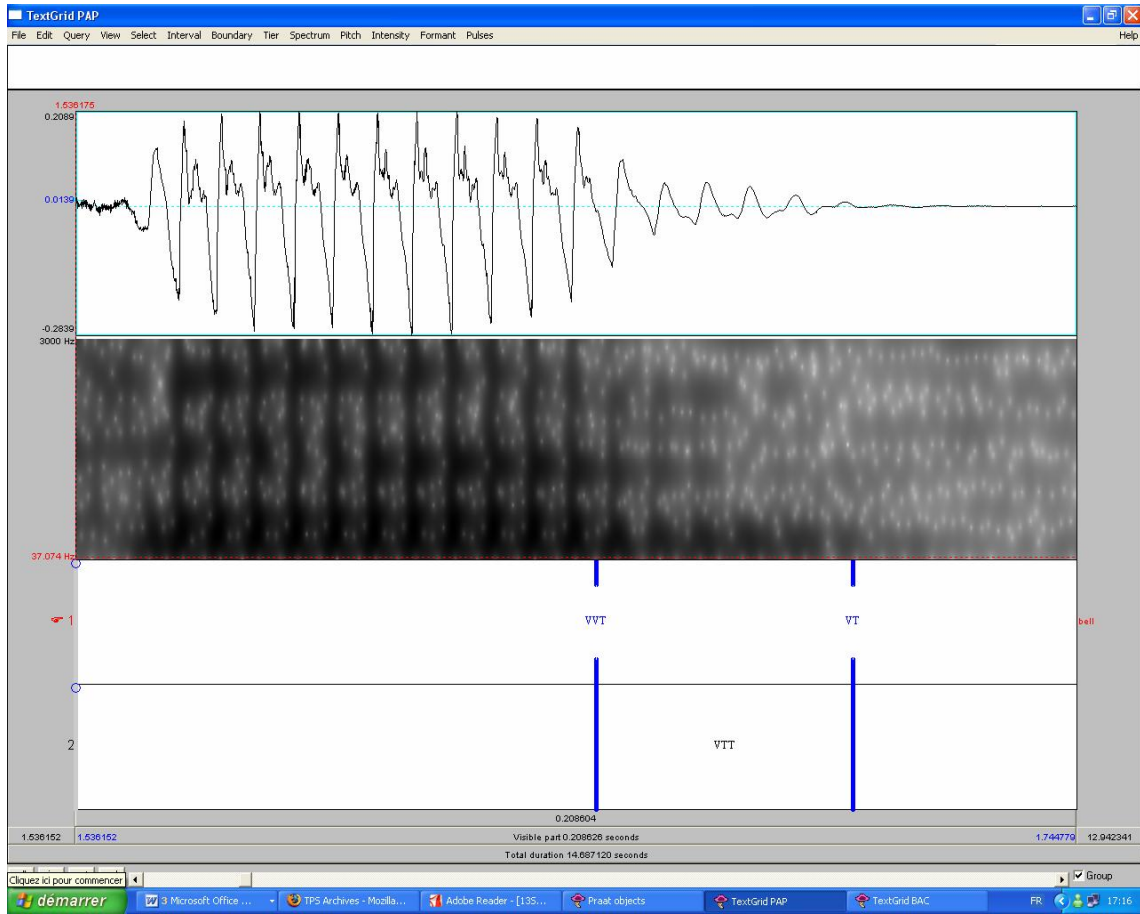


Figure 18. Le V.T.T. ou Voice Termination dans /ap/ : délai d'arrêt du voisement (VT) depuis la closion (C correspondant ici à VVT).

En ce qui concerne le V.T.T., il a été mesuré en fonction de la tenue consonantique, toujours dans le but de limiter les effets, dus à la variation, évoqués *supra*.

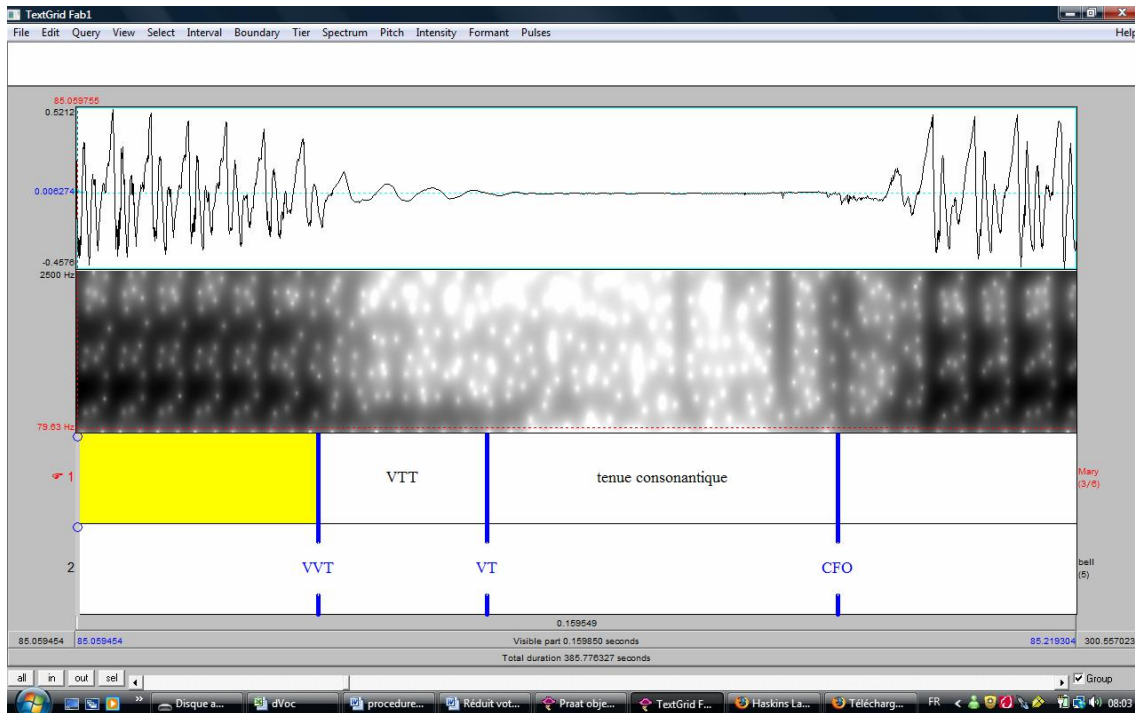


Figure 19. Le V.T.T. suivi de la tenue consonantique.

Pour la durée absolue de la voyelle, elle a été quantifiée entre V.V.O. et V.V.T., autrement dit entre le début et la fin d'une structure formantique vocalique clairement définie. Afin de normaliser les valeurs obtenues, nous avons calculé le pourcentage pris par la phase vocalique dans l'intervalle VC, le C étant toujours un [p].

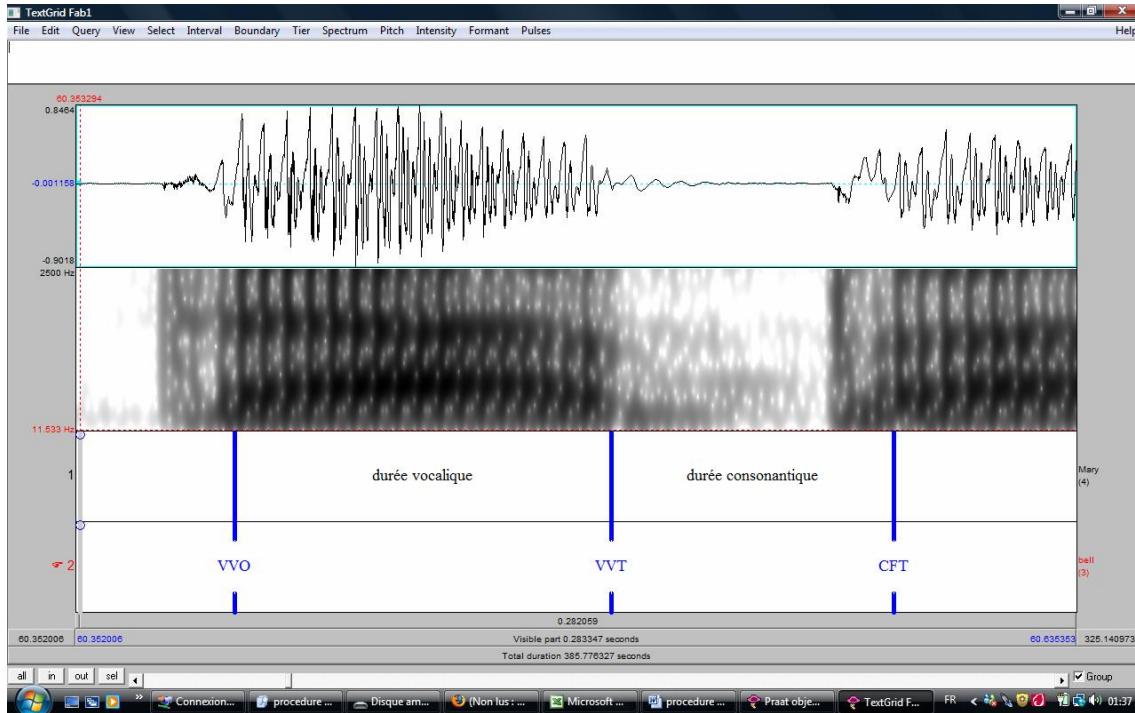


Figure 20. La durée vocalique suivie de la tenue consonantique du [p].

Ayant décrit nos paradigmes linguistiques et le protocole expérimental, nous proposons de présenter, dans ce qui suit, nos résultats expérimentaux.

III.

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Résumé

La partie qui suit expose les différents résultats que nous avons obtenus. Elle se décompose en 3 chapitres :

Dans le Chapitre 9., nous présentons les variables et facteurs qui ont été utilisés pour contrôler la significativité de nos résultats.

Dans le Chapitre 10., nous présentons les résultats obtenus pour le V.O.T. et le V.T.T. L'étude de sa durée relative n'est pas significative d'un point de vue statistique. Cependant, nous avons pu observer quelques tendances : le délai d'établissement du voisement est plus court lorsqu'il figure dans le contexte consonantique [p] et dans le contexte vocalique [a]. Ce même délai tend à être plus long chez les personnes bègues. En ce qui concerne le V.T.T., il semble plus court dans l'environnement vocalique [a].

Le chapitre 11. traite de l'étude du temps de réaction laryngée chez les personnes bègues, en la comparant à celle de locuteurs de contrôle. En période de disfluences, ce temps de réaction est nettement plus élevé que pour les sujets témoins. Durant cet intervalle, des gestes anarchiques sont visibles au niveau du larynx qui s'ouvre et se referme à plusieurs reprises avant de « trouver » la configuration adéquate à la réalisation du son « cible ».

Le chapitre 12. présente la structure formantique des voyelles [i], [a], [u] pour les trois groupes de locuteurs. Par rapport aux sujets témoins, l'aire du triangle vocalique est restreinte chez les locuteurs bègues. Alors qu'une réduction du triangle vocalique se produit en vitesse d'élocution rapide pour les sujets témoins et les anciens sujets bègues, l'aire du triangle vocalique reste stable pour les locuteurs bègues n'ayant pas suivi de thérapie.

9. Analyses de variances

Des analyses de variances à 3 facteurs (ANOVA) ont été effectuées dans le *domaine temporel* :

1. Pour les *valeurs absolues*, sur les mesures de chaque paramètre (VOT, C, VTT, Tenue consonantique) et,
2. Pour ce qui concerne le *timing relatif*, sur la proportion de V1 dans VC, de VOT dans CV et de VTT dans VC.

Précisons que les analyses reposent d'une part sur le calcul de la valeur moyenne obtenue grâce aux dix répétitions et d'autre part sur le calcul des écarts-types.

Nous avons utilisé la procédure d'ANOVA afin de déterminer s'il existait :

1. Un effet de *vitesse d'élocution* dans les données, de sorte que les items prononcés en vitesse d'élocution rapide avaient des patterns systématiquement différents de ceux prononcés en vitesse d'élocution normale ;
2. Un effet de *qualité vocalique*, sur le *plan temporel*, de sorte que les trois voyelles extrêmes soient systématiquement différentes les unes des autres, quels que soient les vitesses d'élocution, les contextes consonantiques et les groupes de locuteurs ;
3. Un effet de *groupes de locuteurs*, de sorte que les sujets de contrôle diffèrent, sur le *plan temporel*, des sujets bègues et des anciens sujets bègues, quels que soient la vitesse d'élocution et les contextes vocaliques et consonantiques.

De même, des analyses de variances également à 3 facteurs (ANOVA) ont été effectuées dans le *domaine fréquentiel* : pour les *valeurs absolues*, sur les mesures de l'aire du triangle vocalique (calculée par rapport à F1 et F2).

Dans cette investigation aussi, les analyses reposent d'une part sur le calcul de la valeur moyenne obtenue grâce aux dix répétitions et d'autre part sur le calcul des écarts-types.

Nous avons voulu tester la présence :

1. D'un effet de *vitesse d'élocution* dans les données formantiques, de sorte que les items prononcés en vitesse d'élocution rapide différaient systématiquement de ceux prononcés en vitesse d'élocution normale ;
2. D'un effet de *qualité vocalique*, de sorte que les trois voyelles extrêmes soient systématiquement différentes dans leur structure formantique les unes des autres, quels que soient les vitesses d'élocution, les contextes consonantiques et les groupes de locuteurs ;
3. un effet de *locuteurs*, de sorte que les sujets de contrôle différent, sur le *plan fréquentiel*, des sujets bègues et des anciens sujets bègues, quels que soient la vitesse d'élocution et les contextes vocaliques et consonantiques.

À noter que la présence d'un effet significatif de la vitesse d'élocution n'aurait pas les mêmes incidences phonétiques que celles d'un effet significatif de la qualité vocalique et des groupes de locuteurs dans leurs *dimensions temporelles et fréquentielles*, étant donné que la variation de la vitesse d'élocution était une tâche imposée au locuteur comme facteur perturbateur du système linguistique.

Signalons aussi qu'en déterminant la signification statistique des effets principaux, ainsi que des interactions, seuls les résultats significatifs avec une probabilité de moins de cinq pour cent d'avoir été obtenus par chance ont été retenus (pour plus détails chiffrés sur les résultats obtenus de l'analyse des effets principaux, ainsi que sur les effets d'interaction, voir Annexe 2). Des indications plus précises sur d'éventuelles différences significatives (provenant surtout des effets d'interaction) seront dérivées des oppositions *a posteriori* entre les moyennes de groupes, paire-par-paire.

10. Résultats sur le V.O.T. et le V.T.T.

10.1. Introduction

De tous les paramètres candidats à l'étude de l'organisation temporelle de la parole, nous avons préféré n'en retenir que deux dans cette investigation : le délai d'établissement du voisement (V.O.T.) et le délai d'arrêt du voisement (V.T.T.). Sachant que le bégaiement est un problème qui se manifeste notamment dans les phases de transition, la priorité accordée à l'analyse du comportement de ces deux paramètres nous paraît un choix judicieux. Les autres paramètres, tels que les durées vocaliques et les durées consonantiques, seront étudiés ou mentionnés dans une autre investigation (voir le Chapitre 3.3.).

L'étude du V.O.T. chez des sujets bègues a souvent fait l'objet de recherches expérimentales. Si d'ordinaire les travaux tendent à montrer une durée d'établissement du voisement plus longue pour les sujets atteints de bégaiement, d'autres études telles que celle de Borden et Armson (1987) n'ont pu établir de distinctions entre des sujets bègues sévères, des sujets bègues légers et des non-bègues en mesurant ce paramètre. Par conséquent, le chapitre qui suit aura pour but d'apporter des données supplémentaires à ce sujet, données qui devraient permettre d'offrir quelques éclaircissements sur cette question. Par ailleurs, il sera également question de vérifier la relation entre le V.O.T. et la vitesse d'élocution pour des sujets bègues et des sujets non-bègues. Rappelons que plusieurs voix discordantes existent à propos de la relation entre le V.O.T. et la variation de la vitesse d'élocution pour les locuteurs sans trouble de la parole, mais que peu d'études sur le sujet ont été réalisées avec des sujets bègues. Ainsi, selon Kessinger et Blumstein (1997), le V.O.T. et la voyelle varient de telle sorte que lorsque le V.O.T. est allongé, la voyelle est plus courte. En ce qui concerne les recherches de Volaitis et Miller (1992), lorsque la vitesse d'élocution diminue, le V.O.T. et la durée syllabique augmentent de façon systématique. De même, Gay (1978) a montré que lorsque la vitesse d'élocution est rapide, c'est à nouveau la durée vocalique qui diminue le plus fortement, la durée de l'élément consonantique diminuant dans une moindre mesure.

Notre investigation, qui retient ce paramètre, pourrait s'avérer pertinente pour la compréhension de l'organisation temporelle intrasegmentale en conditions de production de la parole perturbée. En effet, le fait que plusieurs études (Alfonso, 1991, par ex.) ont montré une discoordination des gestes glottiques et sub-glottiques chez les personnes bègues, laisse

penser que ces dernières utiliseraient une stratégie différente dans la gestion du timing articulatoire-acoustique. Il est important de noter également que si plusieurs études portant sur le V.O.T. chez les sujets bègues ont été réalisées, elles ont porté essentiellement sur les occlusives de l'anglais, qui sont aspirées. De ce fait, une étude sur le français pourrait donner lieu à des résultats différents de ceux trouvés habituellement dans la littérature.

Nos *hypothèses* sont les suivantes :

1. Etant donné que le bégaiement implique un problème de coordination oro-laryngée (cf. le Chapitre 1.3.2.), nous pensons déceler dans le timing acoustique des « anomalies » dans la coordination temporelle entre le relâchement supraglottique et la mise en route de l'activité glottique ou l'apparition d'une structure formantiquement stable. En d'autres termes, les valeurs du V.O.T. chez les personnes bègues ne devraient pas ressembler à celles habituellement attestées dans la littérature (cf., par ex., Sock & Benoît, 1986, pour le français) ou à celles de nos locuteurs de contrôle.
2. Il s'ensuit que les patterns généralement observés pour les V.O.T., variant en fonction du lieu d'articulation de la consonne, se verront eux aussi perturbés.
3. La gestion de la variation de la vitesse d'élocution est problématique chez le sujet bègue (voir, par ex., Vanryckegen *et al.*, 1999) ; il est donc probable que cette difficulté se reflète dans la coordination de cette phase de transition oro-laryngée qu'est le V.O.T.
4. Le groupe des anciens sujets bègues devrait afficher un comportement semblable, sinon proche, à celui des locuteurs de contrôle, acceptant que la thérapie suivie ait été bénéfique sur le plan du contrôle entre les gestes du larynx et ceux du conduit vocal supraglottique.

10.2. Protocole expérimental

10.2.1. Locuteurs

Trois groupes de 5 adultes ont participé à cette étude. Les locuteurs étaient répartis dans les groupes selon qu'ils étaient des sujets bègues ayant suivi une thérapie, des sujets bègues n'ayant pas suivi de thérapie ou des sujets témoins.

Il est vrai que des populations de 5 membres chacune pourraient poser des problèmes en termes de constitution de groupes distincts. Cependant, nous avons pris le parti d'établir ces groupes en fonction de la présence / absence de ce trouble de la parole ou de leur historique.

10.2.2. Corpus

Le corpus était constitué de neuf séquences [CV], où la consonne était soit [p], [t] ou [k] et la voyelle [i], [a] ou [u]. Ces syllabes étaient insérées dans des phrases porteuses du type : « C'est une [CV]p à Bordeaux ». Ainsi, nos investigations ont porté sur les phrases suivantes :

- C'est une pipe à Bordeaux. [pi]
- C'est une pape à Bordeaux. [pa]
- C'est une poupe à Bordeaux. [pu]
- C'est une type à Bordeaux. [ti]
- C'est une tape à Bordeaux. [ta]
- C'est une toupe à Bordeaux. [tu]
- C'est une kippa Bordeaux. [ki]
- C'est une cape à Bordeaux. [ka]
- C'est une coupe à Bordeaux. [ku]

Il est utile de signaler que les locuteurs n'ont pas réalisé de pause entre l'ensemble [CVp] et le [a] suivant, les phrases étant prononcées d'une traite. Les locuteurs ont prononcé ces phrases une quinzaine de fois en vitesses d'élocution normale et rapide. Signalons que par vitesse d'élocution normale, nous parlons de la vitesse d'élocution qui est habituelle pour

chaque locuteur. En ce qui concerne la vitesse d'élocution rapide, il s'agissait pour chaque locuteur de prononcer les phrases le plus rapidement possible. Nous évitons le terme de « débit » afin de ne pas créer de confusion avec le « débit d'air » sub-glottique ou glottique.

Nous aboutissons ainsi à 4 conditions, soient 3 contextes vocaliques ([i, a, u]) x 3 contextes consonantiques ([p, t, k]) x 2 vitesses d'élocution (10 répétitions en normale et 10 répétitions en rapide) x 3 groupes (5 sujets de contrôle, 5 sujets bègues et 5 anciens sujets bègues). Au total, cela donne 2700 répétitions à analyser.

10.2.3. Acquisition des données

Les données ont été enregistrées la plupart du temps chez les locuteurs, à l'aide d'un microphone *Sennheiser e845S* relié à un ordinateur portable, dont la carte son est du modèle *RealTek AC97*. Le logiciel employé pour l'acquisition était *Audacity* (fréquence d'échantillonnage : 44100 Hz ó 16 bits).

10.2.4. Mesures

Dans le cadre de cette étude, c'est le V.O.T. de Klatt (1975) qui a été retenu. Rappelons que cette mesure s'étend de l'explosion de la consonne (C.F.O.) jusqu'à l'apparition de la structure formantique stable de la voyelle (V.V.O.). La durée de la voyelle suivante a également été mesurée (revoir le Chapitre 2.4.4.).

10.2.5. Analyses statistiques

Bien que globalement les Analyses de Variance (ANOVA) ne se soient pas révélées significatives, nous proposons tout de même d'examiner les données pour voir si toutefois quelques tendances se dégagent en ce qui concerne la durée du V.O.T. et celle du V.T.T.

Nous débuterons nos analyses pour le groupe de contrôle, ce qui devrait nous livrer des valeurs de « références » pour nos études comparatives ultérieures. Etant donné l'élasticité temporelle du signal de parole (mentionnée dans les Chapitres 2.4.4. et 2.4.5.), l'essentiel de l'analyse de nos données reposera sur des valeurs relatives. Les valeurs absolues, commentées, sont toutefois disponibles en Annexe 3.

10.3. Résultats pour les locuteurs de contrôle

10.3.1. Le V.O.T. suivant le lieu d'articulation de la consonne

Si l'on se réfère à ce qui est habituellement attesté dans la littérature, le V.O.T. augmenterait à mesure que le lieu d'articulation recule dans le conduit vocal (voir Fischer-Jorgensen, 1954 ; Peterson & Lehiste, 1960). Cependant, il importe de rappeler que la plupart des données qui font état de tels résultats sont exprimées en termes absolus et qu'en l'absence de valeurs normalisées, de telles conclusions méritent d'être prises avec une certaine précaution.

Rappelons que les valeurs du V.O.T. normalisées correspondent au pourcentage du temps pris par le V.O.T. (en ms) dans la durée V.O.T. + Durée vocalique (en ms). La normalisation de ce paramètre n'a pas été faite relativement à la consonne adjacente (C1) à cause de présences possibles de disfluences au sein de cette phase obstruente.

L'examen des durées relatives du V.O.T. (Figure 21) montre qu'elles sont similaires pour les séquences [ki] et [ti] : le délai d'établissement du voisement constitue 56 % de la première séquence et 54 % de la deuxième. Il n'occupe que 35 % de la séquence [pi]. Les écarts-types sont de 9 % pour [pi], de 7% pour [ti] et de 6 % pour [ki]. Il ne s'agit pas de différences significatives opposant [ki], [ti] à [pi] mais de tendances, si l'on prend en considération les écarts-types. Le scénario est le même en vitesse d'élocution rapide.

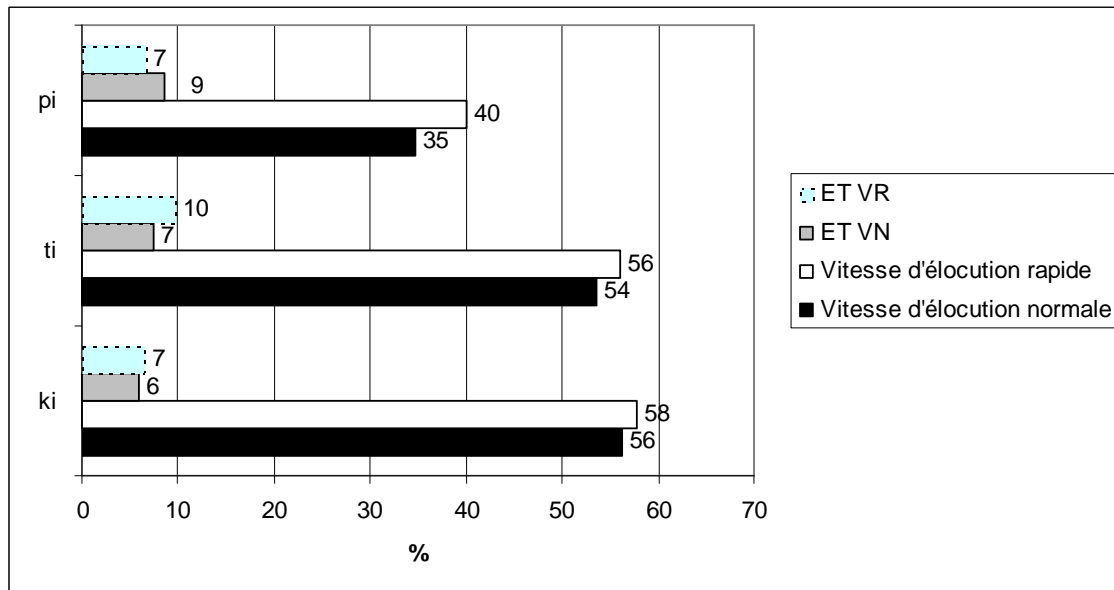


Figure 21. Comparaison de la durée relative du V.O.T. des séquences /pi/, /ti/ et /ki/ prononcées par le groupe de contrôle en vitesses d'élocution normale et rapide.

Des résultats comparables sont visibles dans les autres contextes vocaliques aussi, soit [a] et [u] (voir Figures 22 et 23).

En résumé, le V.O.T. n'augmente pas, en termes de significativité statistique, avec le recul du lieu d'articulation, lorsque les données sont normalisées. Nos données absolues (en Annexe) auraient pu nous laisser conclure, parfois, à une augmentation du V.O.T. du [p] au [t] et au [k].

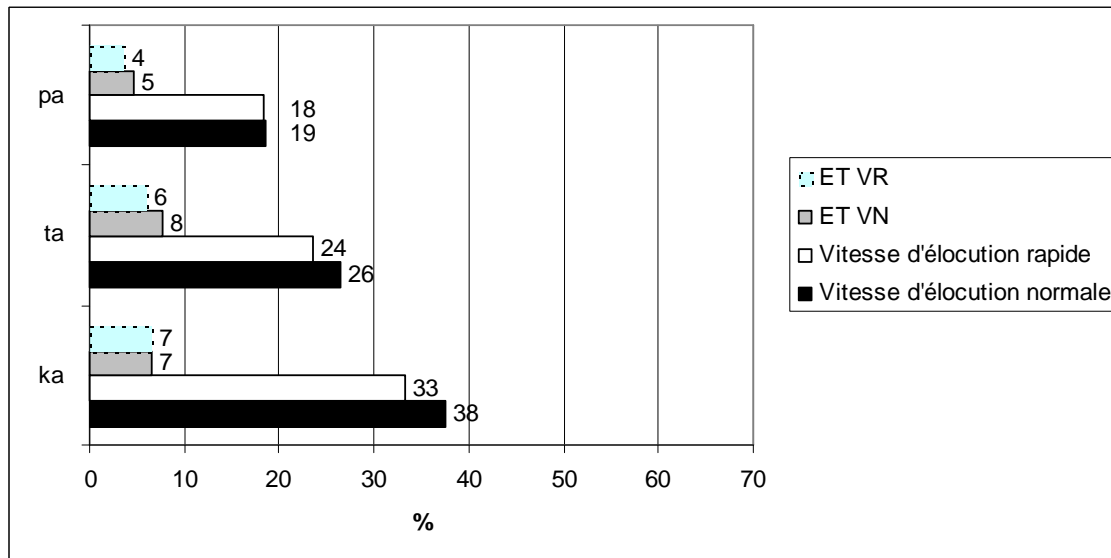


Figure 22. Comparaison de la durée relative du V.O.T. des séquences /pa/, /ta/ et /ka/ prononcées par le groupe de contrôle en vitesses d'élocution normale et rapide.

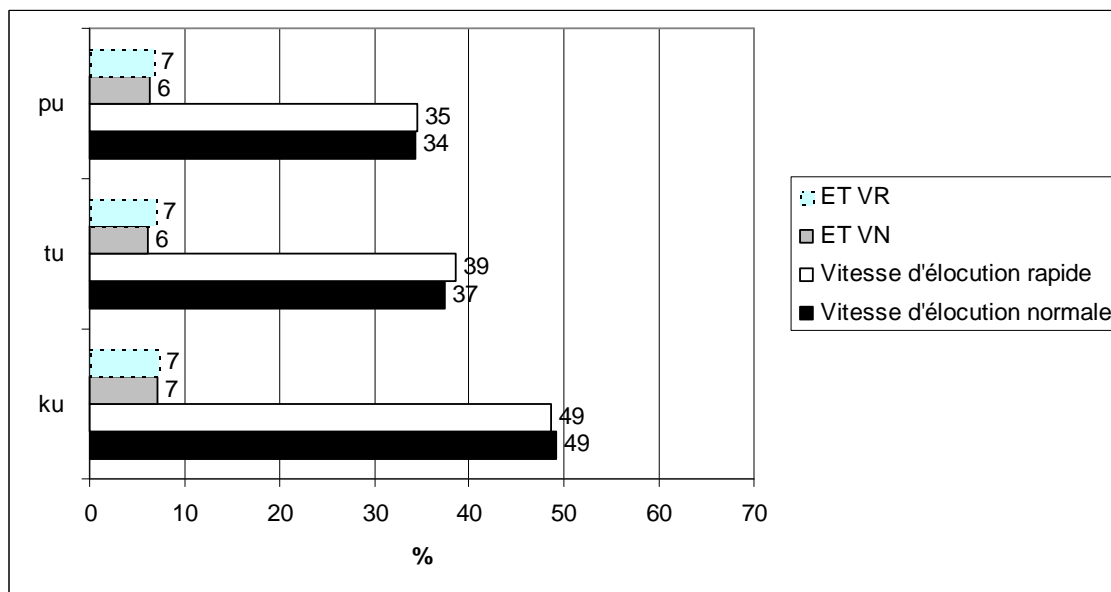


Figure 23. Comparaison de la durée relative du V.O.T. des séquences /pu/, /tu/ et /ku/ prononcées par le groupe de contrôle en vitesses d'élocution normale et rapide.

10.3.2. Une observation au passage

Un phénomène jugé intéressant a pu être observé pour quelques séquences étudiées contenant la voyelle [i]. En effet, dans quelques cas, au relâchement du [k], le signal acoustique présente une explosion/friction d'une durée assez importante qui n'est pas suivie

des vibrations généralement visibles pour la production de cette voyelle (voir la Figure 24). Cela laisse supposer un dévoisement partiel ou total de la voyelle du fait, peut-être, de la taille réduite de la constriction, qui semblerait être un facteur propice à l'apparition de zones de frictions dans le spectre acoustique de la voyelle (McCawley, 1968). Nous aurons l'occasion de revenir sur ce phénomène lorsqu'il s'agira d'analyser certaines de nos données obtenues auprès de sujets bègues.

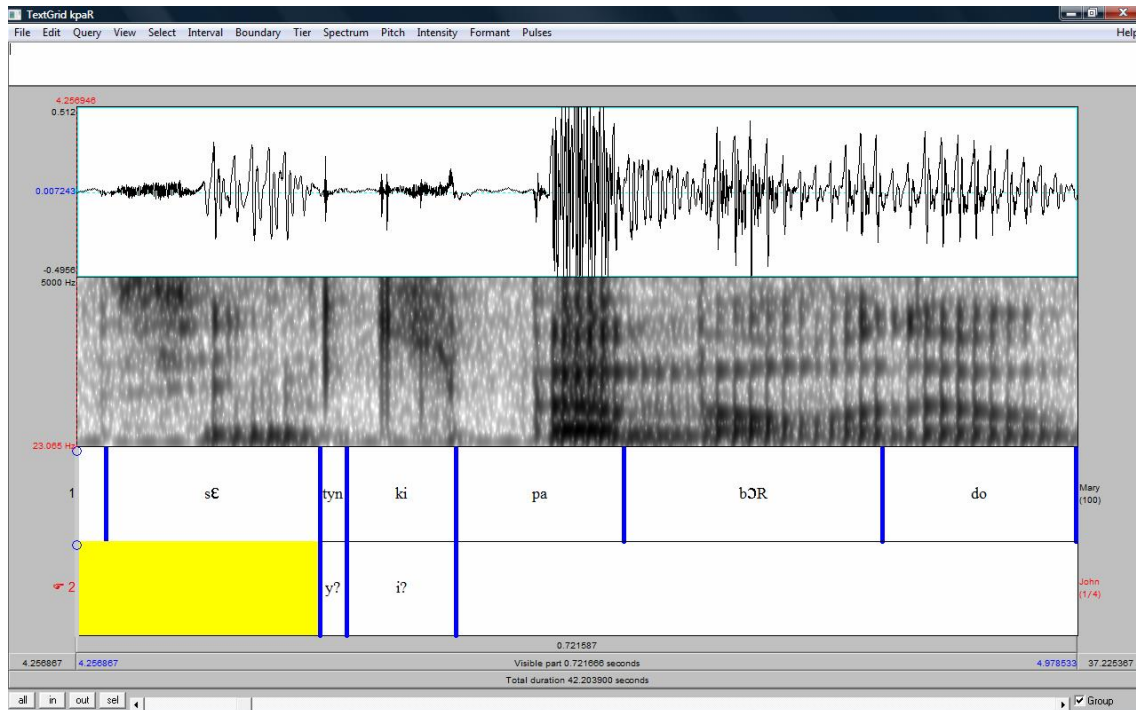


Figure 24. Signal acoustique et spectrogramme de la phrase « c'est une kippa Bordeaux ». À noter que les voyelles [y] et [i] ne sont visibles sur aucune des lignes.

10.3.3. En résumé

L'étude des valeurs absolues seules laisse dans certains cas croire que le V.O.T. serait plus bref lorsque la consonne est un [p]. Ce même délai serait généralement plus long pour la consonne [k] (exception faite du contexte vocalique [i], où la durée du paramètre est souvent comparable à celle du [t]). Rappelons que plusieurs critères pourraient expliquer ce constat (Maddieson, 1997) :

1. Le volume de la cavité située derrière le point de constriction : une cavité plus petite augmente la pression d'air, pression qui prendra plus de temps à diminuer pour atteindre le niveau adéquat, permettant d'initier la vibration des cordes vocales ;
2. Le volume de la cavité se trouvant devant le point de constriction : la masse d'air relativement plus grande contenue à l'avant de l'occlusive vélaire provoque une plus grande obstruction au relâchement de la pression située derrière l'occlusion vélaire, de sorte que cette pression mettra plus de temps à diminuer. Ce délai plus long peut également servir d'explication à l'allongement du V.O.T. des vélares ;
3. La vitesse de mouvement des articulateurs : une vitesse articuloire plus élevée (par exemple, les mouvements de la lèvre inférieure par rapport à ceux du dos de la langue) permet une baisse plus rapide de la pression derrière la fermeture, et donc un temps plus court avant l'accumulation d'une pression transglottique appropriée à la vibration des cordes vocales ;
4. L'étendue de l'aire de contact articuloire : une étendue de contact plus importante a pour conséquence un relâchement de la pression d'air plus lent du fait de l'effet de Bernoulli qui rapproche les articulateurs.

Pour ce qui est de l'effet de l'augmentation de la vitesse d'élocution sur le V.O.T, on observe une réduction de la durée en termes absolus.

L'analyse des valeurs relatives ne montre pas de différences de V.O.T. significatives suivant la variation du lieu d'articulation consonantique, mais seulement des tendances : il augmente de [p], [t] à [k].

Etant donné que la littérature fait également état du fait que le V.O.T. serait moins élevé lorsque la consonne précède une voyelle de grande aperture comme le [a], la section qui suit tentera d'apporter des éléments de réponse à ce sujet.

10.3.4. Comparaison des valeurs du V.O.T. en fonction du contexte vocalique

La variation du contexte vocalique semble montrer, en valeurs absolues, que la durée du V.O.T. est plus courte lorsque le contexte vocalique est ouvert comme dans le cas du [a]. Mais les données normalisées indiquent, ici encore, qu'il est plus prudent de raisonner en termes de tendances. C'est ainsi que les Figures 25 à 27 montrent que les V.O.T. de [pa], [ta] et [ka] sont toujours plus courts que ceux en contexte vocalique de petite aperture [i] et [u], quelle que soit la vitesse d'élocution.

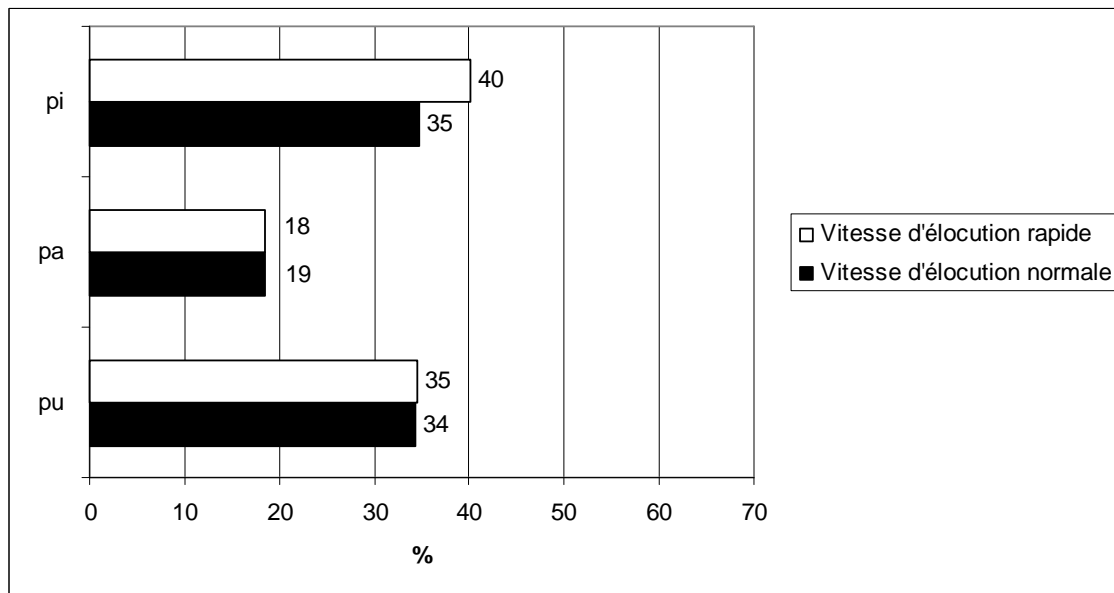


Figure 25. Comparaison de la durée relative du V.O.T. de [p] en fonction de la voyelle qui suit.

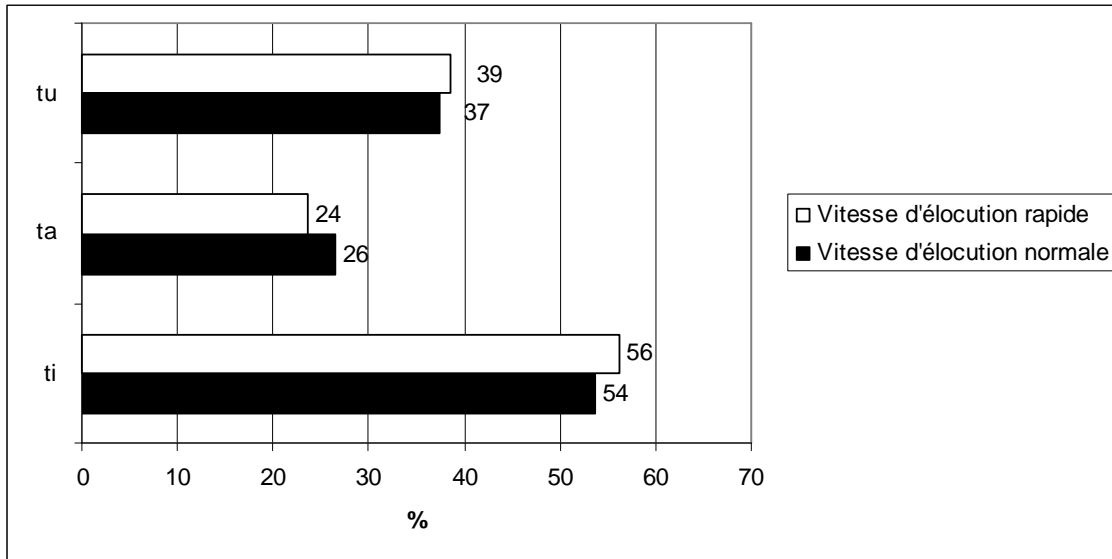


Figure 26. Comparaison de la durée relative du V.O.T. de [t] en fonction de la voyelle qui suit.

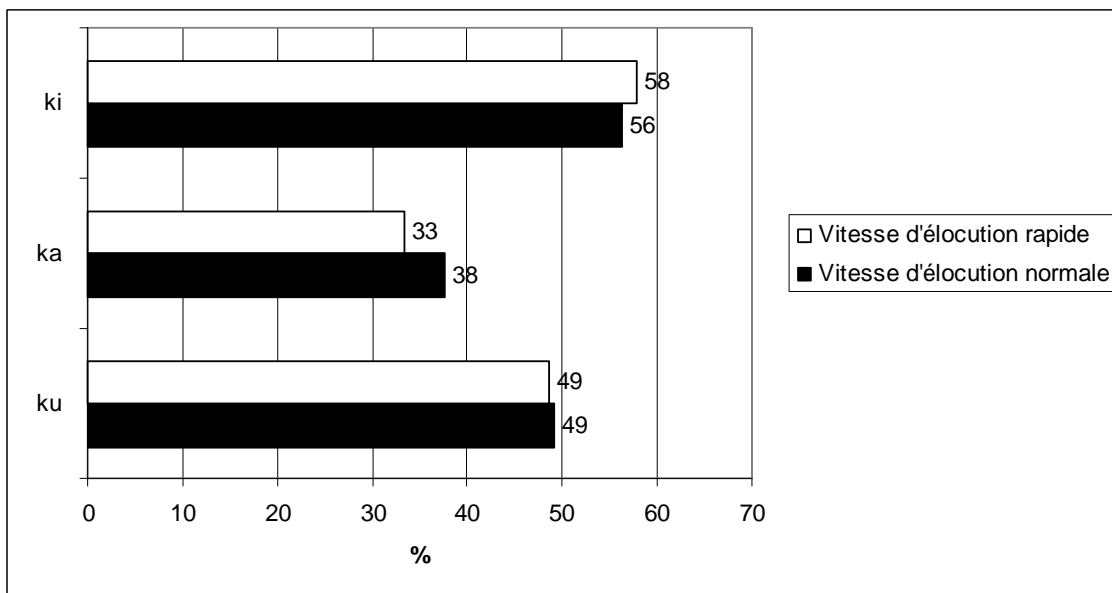


Figure 27. Comparaison de la durée relative du V.O.T. de [k] en fonction de la voyelle qui suit.

Il est à noter que Klatt (1975) avait déjà constaté que la durée du V.O.T. des consonnes [p, t, k] est plus longue lorsqu'elles sont suivies par une voyelle haute telle que [i] ou [u], par rapport à une voyelle de grande ouverture comme le [a]. McCawley (1968) avait trouvé une explication à ce phénomène en mettant en avant une règle phonétique provenant du japonais, à savoir que les voyelles hautes sont assourdies lorsqu'elles sont entourées d'occlusives sourdes. Il semblerait ainsi que les voyelles hautes influencent le comportement laryngé, de telle sorte que le voisement est moins facile à initier que pour une voyelle de

grande aperture. En effet, de manière générale, les voyelles de petite aperture sont plus sujettes au dévoisement partiel à cause de la taille réduite de la constriction qui est un facteur propice à l'apparition de zones de frictions dans le spectre acoustique de la voyelle.

10.4. Résultats pour les locuteurs bègues et anciens bègues

10.4.1. Le V.O.T. en fonction du lieu d'articulation

Les résultats obtenus pour les sujets bègues et les anciens sujets bègues nous révèlent que la valeur du V.O.T., en contexte [i], augmente avec le recul du lieu d'articulation, comme c'était le cas pour les sujets de contrôle. Ici aussi, la tendance est prononcée en comparaison avec celle décelée pour les sujets de contrôle et les anciens sujets bègues, puisque les écarts-types (voir *supra*), peu élevés, permettent une bonne distinction de [pi] vs. [ti] et [ki]. Notons que cette forte tendance est aussi vraie en vitesse d'élocution rapide. Les Figures 28 et 29 sont une synthèse de ces résultats.

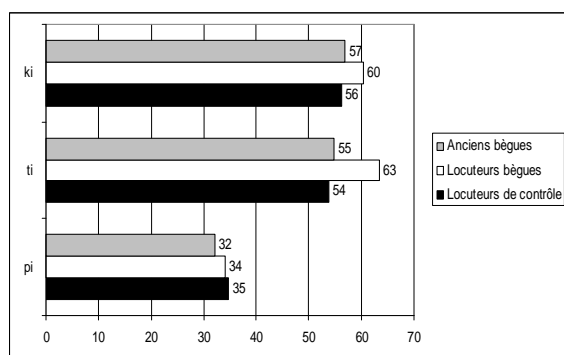


Figure 28. Valeurs relatives (en %) pour les V.O.T. de [pi], [ti] et [ki] prononcés par les trois groupes de locuteurs en vitesse d'élocution normale.

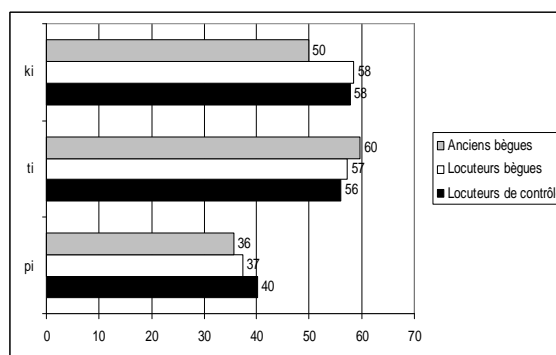


Figure 29. Valeurs relatives (en %) pour les V.O.T. de [pi], [ti] et [ki] prononcés par les trois groupes de locuteurs en vitesse d'élocution rapide.

En revanche, ce constat n'est plus valable dans les deux autres contextes vocaliques, à savoir [a] et [u]. Comme cela a pu être observé plus haut, la séquence incluant la voyelle [i] ne réagit pas de la même manière que les autres pour les locuteurs de contrôle, ce qui pourrait sans doute être dû au bruit de friction perceptivement comparable au [i]. Par conséquent, il semblerait que les sujets bègues aient employé une stratégie semblable à celle des locuteurs de contrôle pour produire cette syllabe.

10.4.2. Le V.O.T. en fonction du contexte vocalique

Comme pour les sujets de contrôle, le V.O.T. des sujets bègues et des anciens sujets bègues est plus court lorsque qu'il s'agit d'un contexte vocalique de grande ouverture. Cette tendance est particulièrement vraie lorsque la consonne est linguale. La Figure 30 est une illustration de ce constat. Signalons la non robustesse de ces différences puisqu'en vitesse d'élocution rapide, les différences s'estompent.

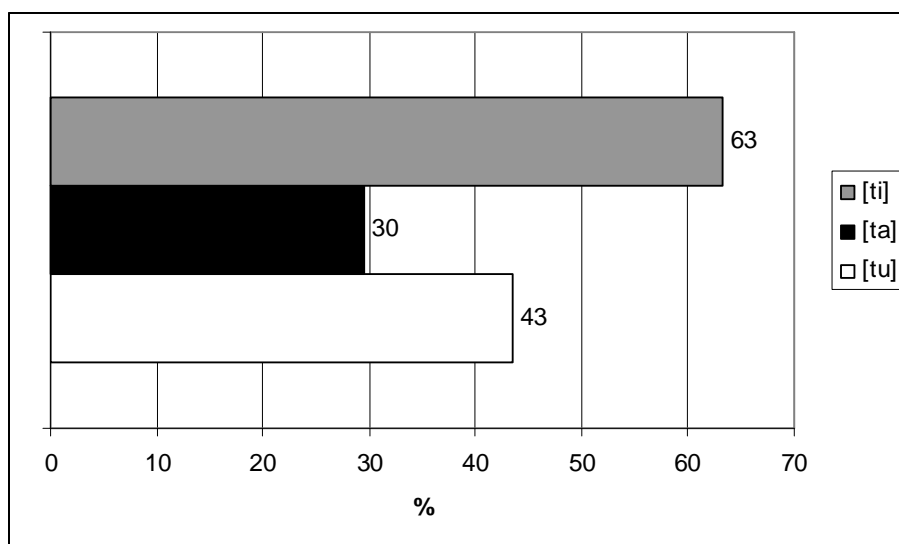


Figure 30. Durée relative du V.O.T. dans les séquences [ti], [ta], [tu] prononcées par les locuteurs bègues.

10.4.3. Pour résumer

Les tendances montrent que le V.O.T. est plus court en contexte consonantique [p], par rapport aux contextes [t] et [k], aussi bien pour les locuteurs de contrôle (Lisker & Abramson, 1964) que pour les sujets bègues et les anciens sujets bègues.

En ce qui concerne le contexte vocalique, le V.O.T. est toujours plus bref lorsque la voyelle est de grande ouverture, comme [a], et cela pour nos trois groupes de locuteurs.

Ayant effectué ces comparaisons liées aux facteurs contextuels, nous proposons maintenant d'examiner les différences qui pourraient exister entre les trois groupes.

10.5. Comparaison de la durée du V.O.T. entre sujets de contrôle, sujets bègues et anciens sujets bègues

La lecture des valeurs absolues indique un V.O.T. plus élevé pour les sujets bègues, par rapport aux anciens sujets bègues et au groupe de contrôle (voir, par ex., Figure 31).

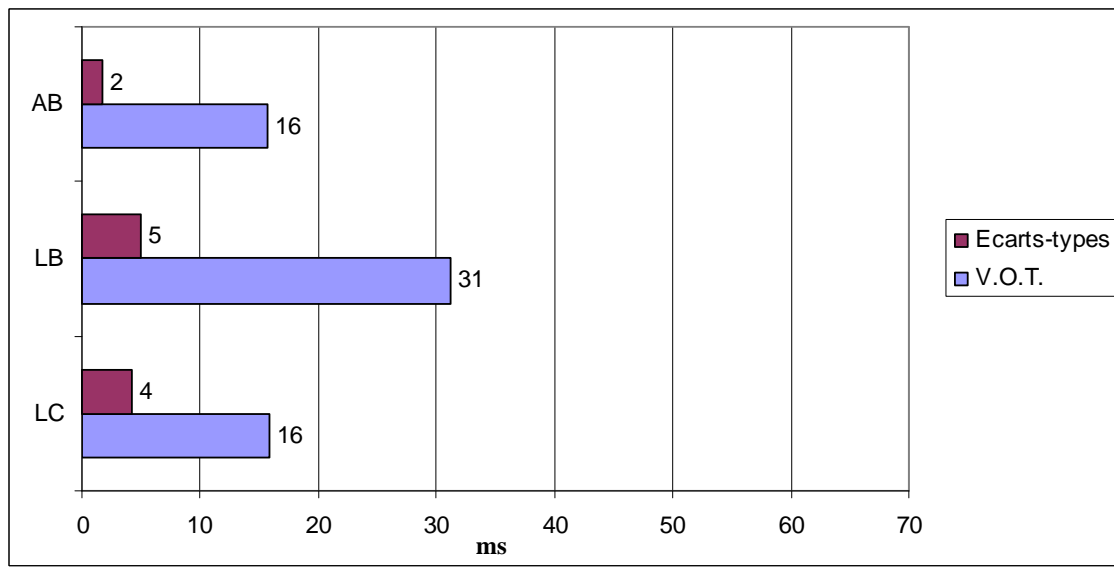


Figure 31. Comparaison de la durée absolue du V.O.T. de [pa] produit en vitesse d'élocution normale.

Cependant, l'analyse judicieuse des données relatives ne confirme pas ce résultat (voir Figure 32).

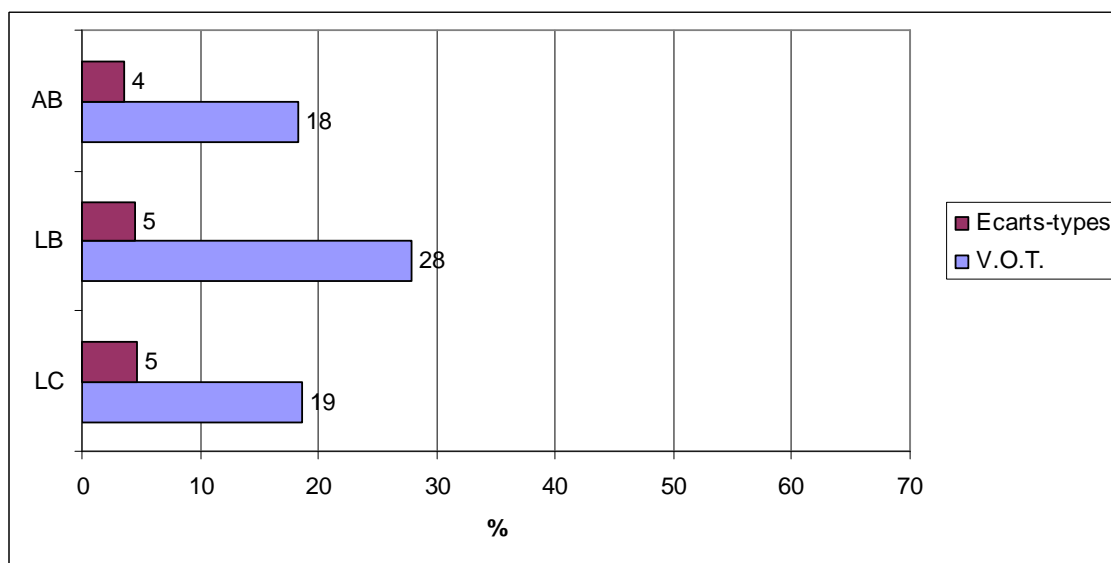


Figure 32. Comparaison de la durée relative du V.O.T. de [pa] produit en vitesse d'élocution normale.

Cela dit, la tendance globale est à un V.O.T. plus long chez les sujets bègues par rapport aux deux autres groupes. Ce résultat est toutefois loin d'être robuste, compte tenu des écarts-types relativement élevés et de la disparition de cette observation avec l'augmentation de la vitesse d'élocution.

Le changement de vitesse d'élocution n'a pas d'incidence notable sur ce paramètre puisqu'il reste relativement stable d'une condition d'élocution à l'autre, quel que soit le groupe de locuteurs.

Au total, les données montrent que le V.O.T. est plus long pour les sujets bègues par rapport aux deux autres groupes. Il semble donc que la catégorie dite « anciens bègues » ait retrouvé des stratégies de coordination oro-laryngée proches des sujets de contrôle.

10.6. Bilan partiel

L'analyse statistique du V.O.T. n'a pas révélé de significativité. Néanmoins, au vu de la régularité des résultats, nous estimons que les tendances qui ont émergé méritent d'être retenues en tant qu'enseignements sur la validité de ce paramètre intrasegmental dans la caractérisation de la parole provenant de sujets bègues ou d'anciens sujets bègues.

Ainsi, il a été possible d'observer que le V.O.T. était plus court en contexte consonantique labial, comparé aux contextes linguaux apical et vélaire.

La taille de la constriction vocalique a également une incidence sur la durée du V.O.T. puisque celui-ci est plus court lorsque l'aperture est grande.

En ce qui concerne la comparaison entre les trois groupes de sujets, elle a permis de révéler des valeurs du V.O.T. plus importantes pour les sujets bègues par opposition aux anciens bègues et aux sujets de contrôle.

L'augmentation de la vitesse d'élocution ne provoque pas de compression de la durée du V.O.T. en termes relatifs, même si les valeurs absolues semblent accuser l'effet de cette variation prosodique.

Intéressons-nous maintenant à une autre coordination intrasegmentale, localisée dans la phase de transition voyelle ó consonne, le délai d'arrêt du voisement ou V.T.T.

10.7. Etude du délai d'arrêt du voisement

Contrairement au V.O.T., le Voice Termination Time (V.T.T.), autrement dit le délai d'arrêt du voisement, a donné lieu à un nombre d'études plus restreint sur la parole bègue (Agnello *et al.* 1974 ; Agnello, 1975 par ex.). De manière générale, les recherches effectuées sur ce sujet ont montré que l'arrêt du voisement nécessite un temps plus long pour les sujets bègues. La section qui suit est ainsi une contribution au nombre peu élevé de recherches dans ce domaine.

L'objectif majeur de cette investigation est de vérifier si la discoordination motrice (Alfonso, 1991) observée dans la littérature chez les personnes bègues a également des conséquences sur l'arrêt du voisement.

Nos *hypotheses* sont les suivantes :

1. S'il est vrai que le bégaiement introduit des perturbations au niveau de l'activité laryngée, l'arrêt des vibrations glottiques après l'intervention d'une closure supra-

glottique devrait présenter un dysfonctionnement dans le timing habituellement observé chez des sujets non-bègues (Agnello, 1975 ; Sock & Benoît, 1986).

2. En conséquence, toute absence supposée de contrôle du geste laryngé pourrait équivaloir à une prolongation excessive des vibrations glottiques dans la phase obstruente de la consonne.

10.7.1. Protocole expérimental

Le travail présenté ci-dessous reprend les mêmes groupes de locuteurs que ceux qui avaient été étudiés pour le V.O.T. De même, le corpus ayant servi à analyser le délai d'établissement du voisement peut aussi servir pour observer le délai d'arrêt de ce voisement. Cela dit, dans la partie présentant les résultats pour l'établissement du voisement pour nos trois groupes, nous avons analysé trois contextes du fait de la présence de trois voyelles et d'une seule consonne, à savoir le [p]. Le V.T.T. ayant été mesuré dans l'intervalle [pVp], il ne sera question que de trois contextes, puisque seul le type vocalique est varié, l'élément consonantique étant le [p] à chaque fois. Les trois phrases retenues étaient :

- C'est une pipe à Bordeaux. [pip]
- C'est une pape à Bordeaux. [pap]
- C'est une poupe à Bordeaux. [pup]

Au total, nous aboutissons ainsi à 3 conditions, soient 3 contextes vocaliques ([i, a, u]) x 2 vitesses d'élocution (10 répétitions en normale et 10 répétitions en rapide) x 3 groupes (5 sujets de contrôle, 5 sujets bègues et 5 anciens sujets bègues). Au total, cela donne 900 répétitions à analyser.

10.7.2. Mesures

Rappelons que le V.T.T. est la mesure allant de la fin de la structure formantique stable (V.V.T.) de la voyelle préconsonantique à la fin des vibrations périodiques visibles dans l'intervalle consonantique sourd (VT) dans une séquence [VC] (voir Chapitre 8.4.5.).

Rappelons également encore une fois que les valeurs du V.T.T. normalisées correspondent au pourcentage du temps pris par le V.T.T. (en ms) dans l'intervalle V.T.T. + tenue consonantique du [p] (en ms).

10.7.3. Analyses statistiques

Les ANOVA n'ont pas révélé de significativité statistique pour ce paramètre. Nous procédons tout de même à l'analyse des détails du traitement statistique, non pas pour raisonner en termes de différences *post hoc* significatives, mais plutôt pour voir quelles sont les tendances qui pourraient se dégager d'une telle analyse.

10.7.4. Résultats pour les locuteurs de contrôle

Les résultats de « référence » montrent que le V.T.T. a tendance à avoir une valeur moins élevée pour la voyelle basse [a], par rapport aux deux autres voyelles hautes [i] et [u]. Cette tendance est nette en vitesse d'élocution normale, puisqu'en absolu comme en relatif la distinction [i], [u] vs. [a] est valide (voir Figures 33 et 34). Cependant, la tendance s'affaiblit avec l'augmentation de la vitesse d'élocution.

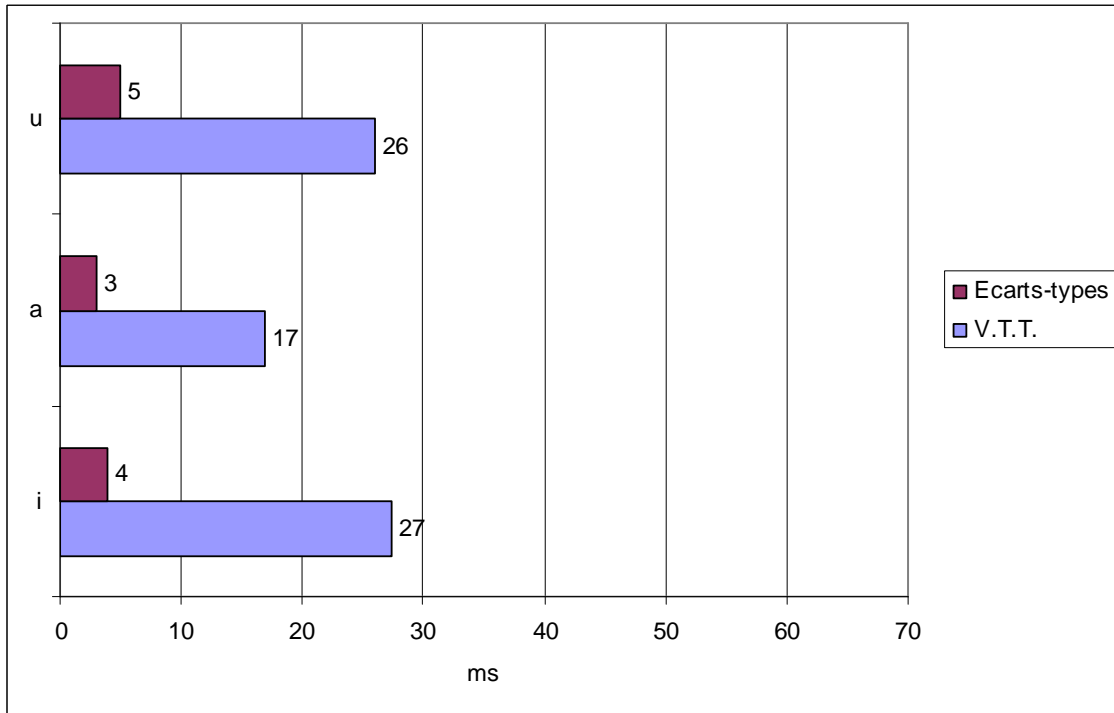


Figure 33. Durée absolue du V.T.T. de [ip], [ap] et [up] prononcés par les locuteurs de contrôle en vitesse d'élocution normale.

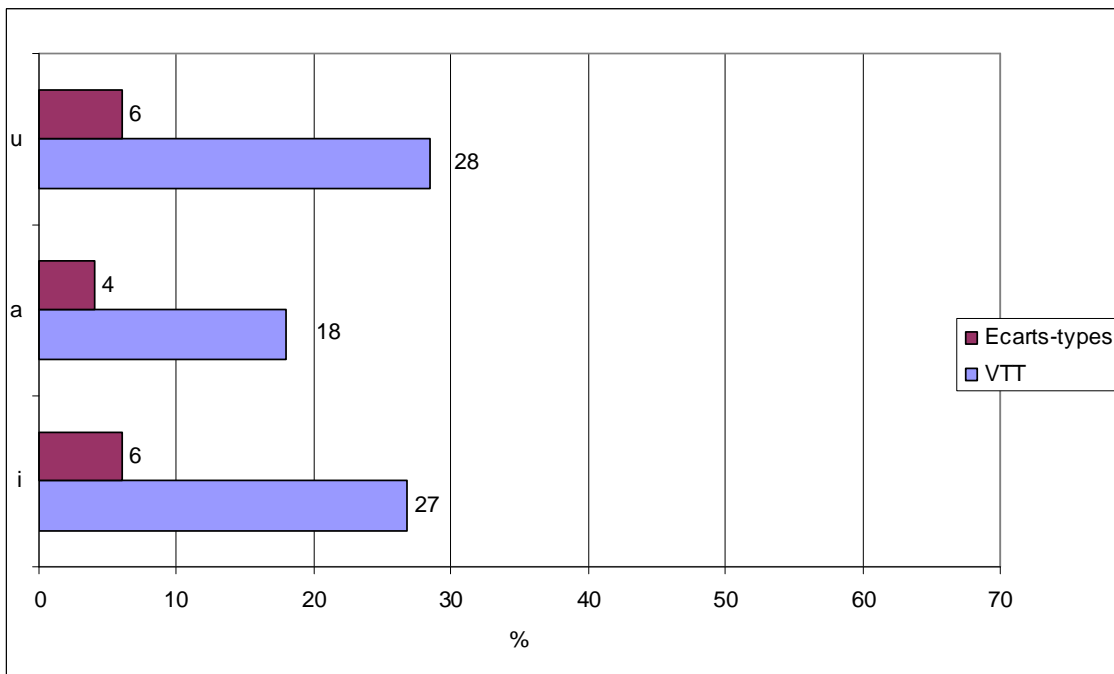


Figure 34. Durée relative du V.T.T. de [ip], [ap] et [up] prononcés par les locuteurs de contrôle en vitesse d'élocution normale.

10.7.5. Comparaison de la durée du V.T.T. entre sujets de contrôle, sujets bègues et anciens sujets bègues

Le V.T.T. chez les sujets bègues et les anciens sujets bègues est aussi visiblement moins élevé en contexte [a] par rapport aux contextes [i] et [u], mais cela n'est qu'une légère tendance.

10.7.6. En résumé

L'étude du V.T.T. chez les locuteurs de contrôle indique que ce paramètre est généralement moins élevé pour la voyelle de grande aperture [a], et plus élevée pour les voyelles de petite aperture [i] et [u]. Signalons que nous n'arrivons pas actuellement à rationaliser ce résultat, que ce soit en termes articulatoires ou en termes aérodynamiques. En ce qui concerne les valeurs relatives, elles montrent que le délai d'arrêt du voisement a tendance à diminuer en vitesse d'élocution rapide, tout comme la voyelle qui le précède. Quant à la variabilité de ce paramètre, elle semble plus importante en vitesse d'élocution rapide.

10.7.7. Comparaison de la durée du V.T.T. pour les sujets bègues, les anciens bègues et les sujets de contrôle

Nous remarquons, en vitesse d'élocution normale, une valeur de V.T.T. plus importante pour les sujets bègues par rapport aux anciens sujets bègues et au groupe de contrôle. La tendance, forte en contextes [i] et [a], ne l'est plus en contexte [u]. Les Figures 35 et 36 illustrent ces faits. Précisons également que cette observation est nettement moins visible en vitesse d'élocution rapide.

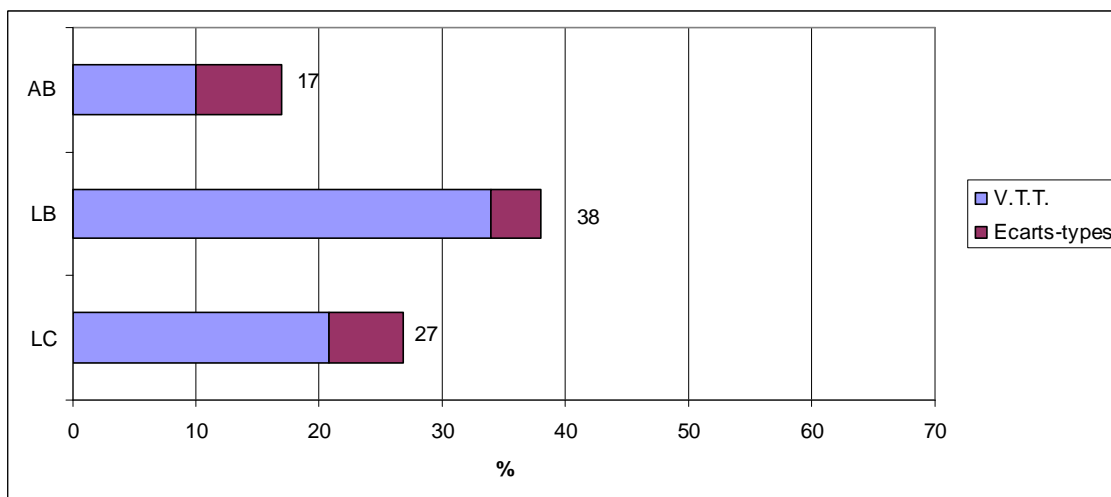


Figure 35. Comparaison de la durée relative du V.T.T. de [ip] produit en vitesse d'élocution normale.

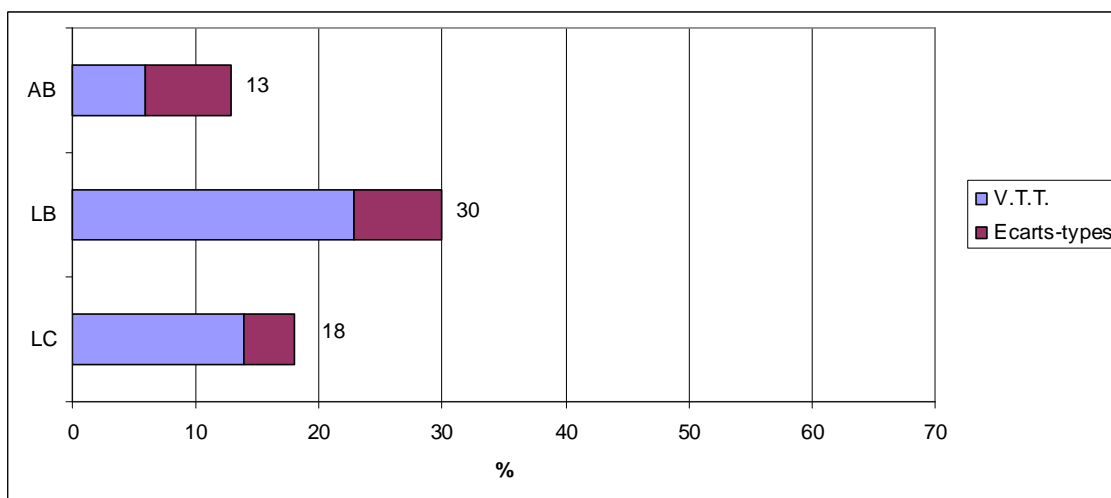


Figure 36. Comparaison de la durée relative du V.T.T. de [ap] produit en vitesse d'élocution normale.

10.8. En bref

La tendance est à un V.T.T. plus long chez les sujets bègues par rapport aux locuteurs de contrôle et aux anciens sujets bègues, essentiellement pour les voyelles non-labialisées [i] et [a]. Cette différence entre les trois groupes s'atténue en vitesse d'élocution rapide.

10.9. Synthèse générale des résultats sur le V.O.T. et sur le V.T.T.

L'étude du délai d'établissement du voisement a permis d'observer, tout d'abord, que la tendance était à un V.O.T. généralement plus court pour la consonne [p] par rapport à [t] et

[k], quel que soit le contexte vocalique chez les locuteurs de contrôle (Lisker & Abramson, 1964 ; Klatt, 1975). Le scénario est quelque peu différent pour les locuteurs bègues et les anciens locuteurs bègues puisque cette remarque n'est systématique qu'en contexte [i] pour ces deux catégories de locuteurs. Il est important de signaler ici que les résultats obtenus auprès de locuteurs bègues attestant d'un V.O.T. plus long pour [k] et [t] par rapport à [p] reposent sur des données absolues. Ils méritent donc d'être réexaminés en termes relatifs pour qu'ils soient plus concluants. La perturbation du timing intrasegmental, en ce qui concerne l'ordre croissant de la durée du V.O.T. de [p] à [t] à [k], chez les locuteurs bègues, semble confirmer notre hypothèse de départ.

La voyelle suivant la consonne a un effet important sur le V.O.T. : ce paramètre est plus élevé pour les voyelles de petite aperture et moins important pour les voyelles de grande aperture. Une valeur de V.O.T. plus grande se vérifie pour tous les groupes de locuteurs. Ainsi, le délai d'établissement du voisement est plus bref en contexte [a] par rapport aux contextes [i] et [u]. Une explication possible de ce phénomène est l'assourdissement partiel des voyelles hautes en contexte d'occlusives sourdes. L'effet combiné de la taille de la constriction réduite des voyelles hautes et de la présence de plosions-frictions provoquées par le relâchement de l'occlusive tend à défavoriser l'apparition d'une structure formantique clairement définie pour ces voyelles (McCawley, 1968 ; Abry *et al.*, 1985).

L'augmentation de la vitesse d'élocution entraîne une baisse de la durée absolue du V.O.T. dans chaque contexte. Cependant, en termes relatifs, la durée de ce paramètre reste stable pour tous les groupes de locuteurs. On ne constate donc pas de différences de valeurs de V.O.T. entre les deux vitesses d'élocutions, ce qui signifie que le ratio V.O.T. / voyelle ne varie pas de façon significative suivant la variation de la vitesse d'élocution (Gay, 1978). Contrairement à notre hypothèse de départ, la perturbation du timing intrasegmental ne touche pas les sujets bègues plus que les deux autres groupes. On suppose que la perturbation que pourrait induire une augmentation de la vitesse d'élocution porterait sur la durée vocalique ; c'est ce que nous vérifierons dans le Chapitre 12.

En ce qui concerne la comparaison du V.O.T. entre les différents groupes de locuteurs, elle révèle la tendance suivante : le délai d'établissement du voisement est généralement plus long pour les sujets bègues n'ayant pas suivi une thérapie, et cela plus particulièrement pour

les séquences [Ca], si l'on compare leurs données à celles observées pour les sujets témoins et les sujets bègues ayant suivi une thérapie. Il est à noter que les résultats sont similaires pour les deux derniers groupes cités. Cette tendance corrobore notre hypothèse de départ, à savoir que le timing oro-laryngé est plus ou moins différent chez les sujets bègues.

Quant aux résultats portant sur le *Voice Termination Time*, ils révèlent que l'arrêt du voisement se fait en moins de temps pour la voyelle [a], le V.T.T. étant plus long pour les voyelles de petite aperture. Ce fait a été observé pour les trois groupes de locuteurs. Nous n'avons pas d'explication à ce phénomène. L'obtention de données supplémentaires pourrait apporter des précisions sur ce sujet.

En ce qui concerne l'effet de l'augmentation de la vitesse d'élocution, il a été possible d'observer que le V.T.T. diminuait en valeurs absolues avec l'augmentation de la vitesse d'élocution (Sock & Benoît, 1986). Cependant, la durée relative du V.T.T. reste stable pour tous les locuteurs. En effet, la proportion de temps prise par ce paramètre dans la tenue consonantique sourde ne doit pas dépasser un certain seuil (50% de la tenue) au risque de voiser la consonne (Lisker, 1974 ; Sock, 1998). La stabilité relative du V.T.T. est ainsi un contrôle oro-laryngé au service de la préservation de l'opposition de sonorité, pertinente en français.

Pour ce qui est des sujets bègues, nous avons pu remarquer que l'arrêt du voisement s'effectuait, en général, en plus de temps par rapport aux locuteurs de contrôle, tant en vitesse d'élocution normale que rapide. De même, l'étude des valeurs relatives permet également de mettre en avant la part plus importante du V.T.T. dans le silence acoustique par rapport aux locuteurs de contrôle, et cela dans les contextes [i] et [a]. Le timing de ce paramètre est, conformément à nos attentes, ici perturbé. Néanmoins, le seuil de sonorité cité supra n'est pas atteint puisque les valeurs relatives ne parviennent jamais aux 50% de l'intervalle obstruent.

En ce qui concerne les résultats des anciens bègues, ils sont relativement proches du groupe de contrôle si l'on observe les valeurs absolues. En revanche, l'étude des valeurs relatives pour ce groupe montre un V.T.T. aussi élevé que pour les bègues n'ayant pas suivi de thérapie. Cela va à l'encontre de notre hypothèse de départ puisque nous supposions que les anciens sujets bègues se rapprocheraient du comportement laryngé des sujets non bègues,

par correction du dysfonctionnement oro-laryngé. Or il n'en est rien, ce qui révélerait peut-être la pertinence de ce paramètre dans les fonctions de récupération du dysfonctionnement.

Le fait que les délais d'établissement et de fin du voisement présentent des particularités chez les bègues laisse supposer un comportement laryngé différent pour ces derniers. Il nous semblerait intéressant d'étudier les événements se déroulant au niveau glottal chez les locuteurs souffrant de ce trouble de la communication, et cela sur un plan qualitatif.

11. Etude du temps de réaction laryngée

11.1. Introduction

L'étude de l'activité laryngée durant le début du voisement peut être facilitée par l'utilisation d'un paradigme du « temps de réaction ». Autrement dit, il s'agirait d'étudier la latence du début du signal acoustique, correspondant à la mise en vibration des cordes vocales relative à un stimulus. Watson et Alfonso (1987) en parlent en termes de « *Laryngeal Reaction Time* » (LRT), c'est-à-dire le temps de réaction laryngée, soit TRL. Notons que plusieurs études ont utilisé le TRL pour analyser la production de voyelles isolées (Adams & Hayden, 1976 ; Cross & Luper, 1979 ; Cross *et al.*, 1979 ; Reich *et al.*, 1981 ; Watson & Alfonso, 1982 ; 1983). Les résultats obtenus dans ces études ont montré que le TRL était plus long chez les sujets bègues. Signalons également que d'autres (voir, par ex., Monfrais, 2005) ont montré l'apparition de spasmes appelés plus précisément *myoclonies* lors des phases de disfluences.

Nous tenterons dans ce chapitre de savoir si :

1. Le TRL est retardé lors de productions disfluentes, en mesurant la durée de ce paramètre.
2. Une activité laryngée inappropriée est présente durant le TRL, pour la caractériser le cas échéant.

Nos *hypotheses* sont les suivantes :

1. Nous devrions déceler un TRL remarquablement long chez le sujet bègue en phase disfluente, comparé au TRL du sujet de contrôle.
2. Un TRL trop long pourrait correspondre à la présence d'activités laryngées inadéquates, telles des ouvertures et des fermetures anormales de la glotte.

11.2. Protocole expérimental

Dans cette expérience, nous avons acquis des données *nasofibroscopiques* (voir le Chapitre 8. pour la description de ce système d'acquisition) à l'Hôpital Européen Georges Pompidou de Paris, grâce au Dr. Monfrais (Phoniatre).

Le protocole consistait en différentes tâches non langagières et langagières. Il s'agissait d'observer :

1. Différents aspects du fonctionnement laryngé, comme une toux forcée, un coup de glotte, un reniflement ou encore une déglutition sèche, le but étant de contrôler si la présence de spasmes éventuels se voyait dans des tâches autres que la production de la parole (Monfrais, 2005) ;
2. Différentes situations de parole incluant des répétitions de mots, de la lecture, de la parole spontanée. Les phrases disfluentes étaient reprises par la suite en « parler-relax » (une technique utilisée dans le cadre des thérapies portant sur le bégaiement).

11.2.1. Locuteurs et acquisition

Rappelons que 4 sujets ont participé à cette expérience : 2 sujets bègues et 2 sujets de contrôle (cf. Chapitre 8.2.). Etant donné que sur le plan du comportement laryngé les deux sujets de contrôle affichaient des patrons similaires, nous avons décidé de ne retenir qu'un sujet.

La liste des mots à répéter (après l'investigateur) à une seule reprise (à cause de la nature relativement invasive du système nasofibroscopique) était la suivante : « bonjour », « femme », « chasseur », « légat », « exploit », « gargarisme », « voleur », « banane », « coupe-papier », « spectacle », « un match de boxe », « jaser », « magique », « justice », « zèbre », « carré ».

En outre, les personnes bègues devaient également répéter les phrases :

« C'est une affaire intéressante, qu'en pensez vous ? »

« Il faut la faire sans aucun regret. »

Au vu de la longueur de cette phrase, on pouvait s'attendre à des productions disfluentes chez les sujets bègues.

L'investigateur principal prononçait d'abord le mot ou la phrase, et la fin acoustique de sa production représentait le stimulus « go » signalant au sujet de répéter le mot ou la phrase en enchaînant. Précisons d'ores et déjà que la latence entre la fin du stimulus de l'investigateur et le début de l'activité glottique chez le sujet englobe deux phases :

1. Un temps de latence entre la fin du stimulus produit par l'investigateur et le début du geste laryngé ;
2. Une autre période allant du début du geste laryngé jusqu'à l'apparition du premier son.

La nasofibroscopie présente l'avantage d'avoir une vue directe sur le larynx. Cela dit, rappelons que l'une des limites de cette technique est le nombre d'images disponibles par seconde (1 image toutes les 40 ms), ce qui rend difficile l'étude du timing intrasegmental (V.O.T. et V.T.T.), dans la mesure où la durée de ceux-ci est relativement courte.

Néanmoins, cette méthode devrait nous permettre de calculer le TRL et d'obtenir des informations sur les configurations de la glotte lors des disfluences.

Pour exploiter ces enregistrements, nous avons utilisé différents logiciels :

- le logiciel *VeeDub*, qui permet de lire les images vidéo sous un format adéquat et de le mettre au format *.avi*, compatible avec *Sound Forge* ;
- le logiciel *Sound Forge* de *Sonic Foundry*, pour lire les images vidéo dynamiques, tout en observant le signal acoustique ;
- le logiciel *Praat*, qui a permis de visualiser le signal acoustique avec plus de précision.

11.3. Analyse des résultats

Notons que dans le but de ne pas alourdir ce chapitre, nous ne décrivons que quelques séquences dans lesquelles figuraient une disfluence et qui sont représentatives des autres périodes de disfluence observées au niveau laryngé.

11.3.1. Disfluence dans la phrase : « *Il faut la faire sans aucun regret* »

11.3.1.1. Locuteur de contrôle

La séquence « Il faut la faire sans aucun regret », produite par le locuteur de contrôle, intervient 637 ms après la fin du stimulus. Deux phases ont été observées au niveau laryngé avant la production du sujet témoin.

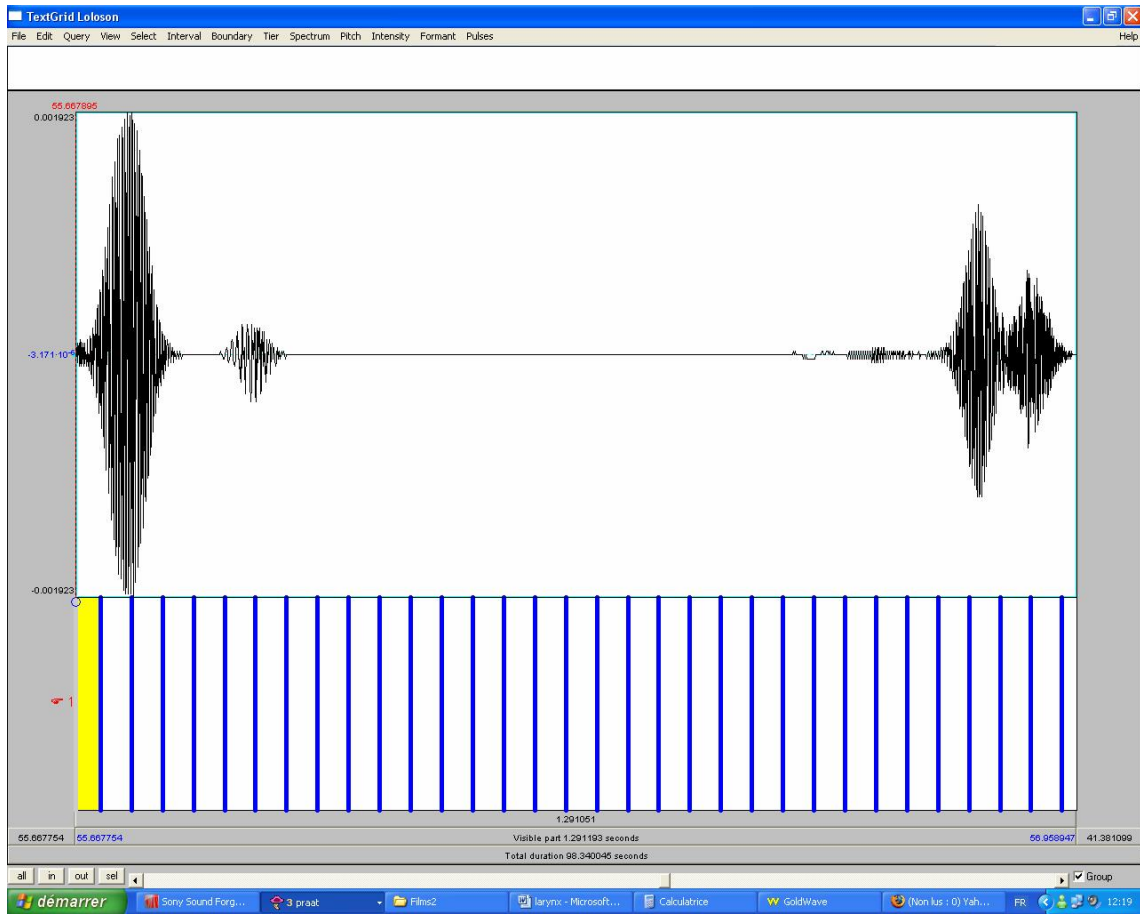


Figure 37. A droite, le début de la phrase « Il faut la faire sans aucun regret » prononcée par le locuteur de contrôle. Cette séquence est précédée du stimulus et d'un silence acoustique. Les traits noirs figurant sur la deuxième ligne représentent les images disponibles.

Dans un premier temps, en effet, il est possible d'observer une phase d'ouverture du larynx, allant des images 1401 à 1410 (Figure 38). Autrement dit, cette phase d'ouverture progressive de la glotte est visible sur 400 ms.

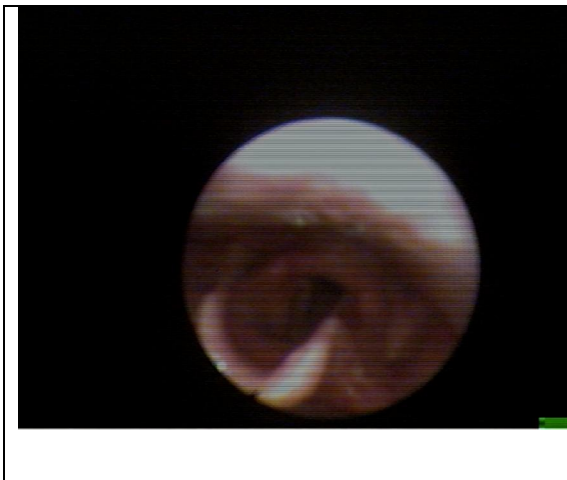


Figure 38. Image 1410. La glotte est ouverte.

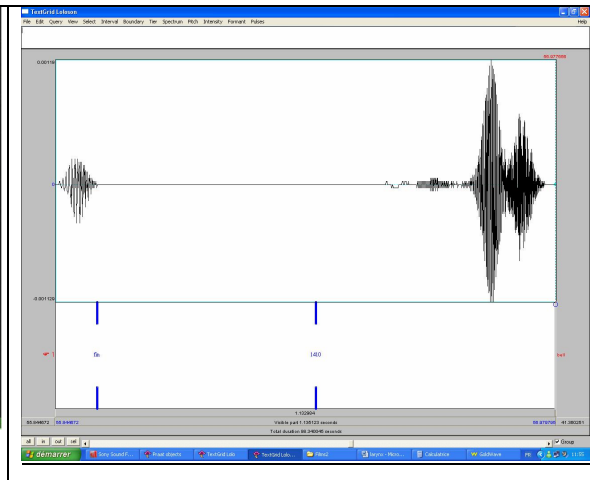


Figure 39. Localisation temporelle de l'image 1410 sur le signal acoustique. À gauche, le stimulus. L'intervalle entre la fin du stimulus et l'image 1410, qui est de 400 ms, correspond à la phase d'ouverture visible.

Après l'image 1410, la glotte va se refermer en vue de réaliser le [i] (image 1416).

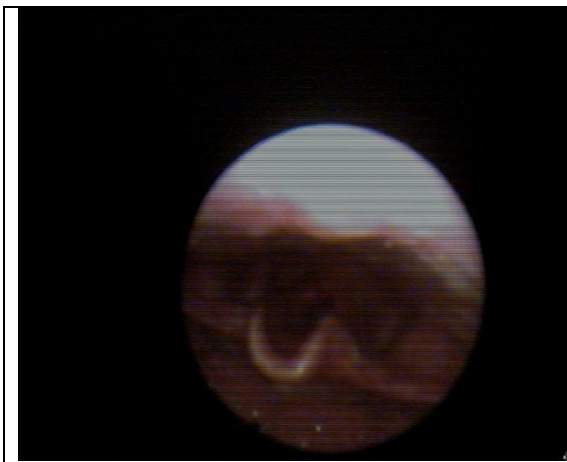


Figure 40. Image 1416 qui se trouve à 12 ms du début du [i]. La glotte est fermée.

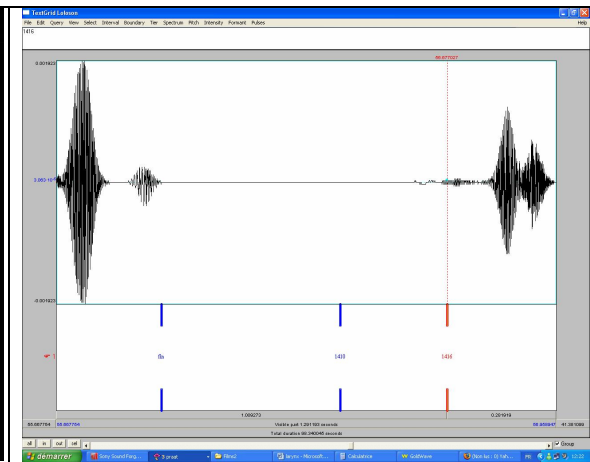


Figure 41. Localisation temporelle de l'image 1416 sur le signal acoustique. À gauche, le stimulus. L'intervalle entre l'image 1410 et l'image 1416 correspond à la phase de fermeture.

11.3.1.2. Locuteur bègue

L'étude de la séquence « Il faut la faire sans aucun regret » produite par le locuteur bègue montre un « temps de réaction » plus long entre le moment où le stimulus a été

prononcé et le début de sa réponse. En effet, cet intervalle a été mesuré à 6 secondes, comme il est possible de le constater sur la Figure 42. Il est à noter qu'Adams (1987), par exemple, avait déjà parlé d'un laps de temps plus élevé dans la prise de parole chez le sujet bègue.

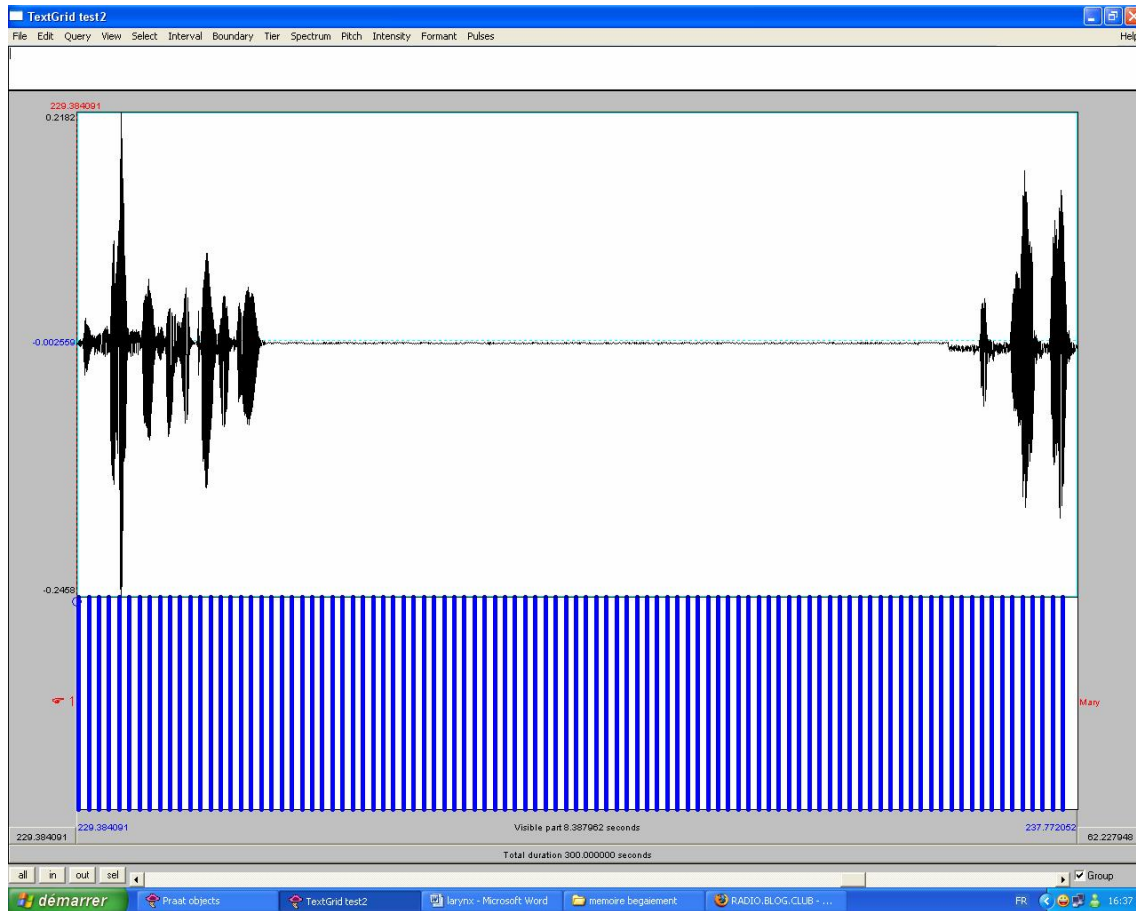


Figure 42. A droite, le début de la phrase « Il faut la faire sans aucun regret » prononcée par le locuteur bègue. Cette séquence est précédée du stimulus et d'un silence acoustique. Les traits noirs figurant sur la deuxième ligne représentent les images disponibles.

Durant ce laps de temps, le larynx va adopter plusieurs configurations successives, qui seront décrites dans les lignes qui suivent. La description débute à l'image 5773, juste après la lecture de la phrase à prononcer. À ce moment, la glotte est légèrement ouverte.

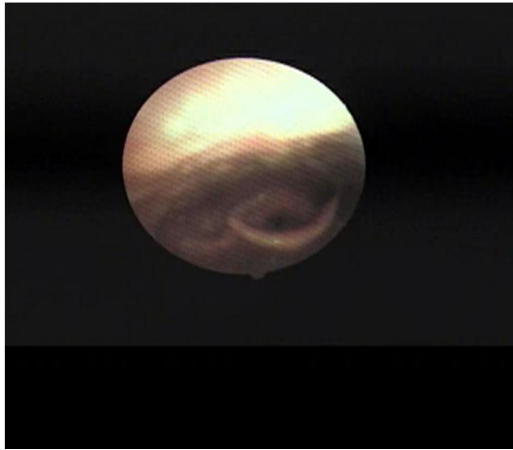


Figure 43. Image 5773, située à la fin du stimulus. La glotte est légèrement ouverte.

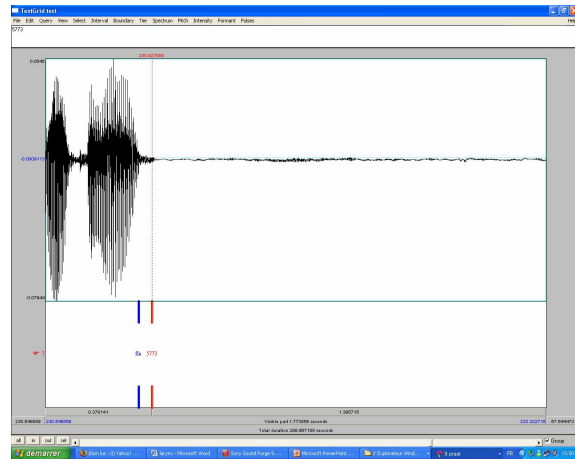


Figure 44. Localisation temporelle de l'image 5773 sur le signal acoustique. À gauche, la syllabe [gRe] produite par l'expérimentateur. L'image en question se trouve à 49 ms de la fin du V.T.T. de [e].

Cet espace augmentera encore sur les images 5774, 5775, 5776 pour atteindre son maximum visible à la 5777. Autrement dit, cette phase d'ouverture visible dure 400 ms.

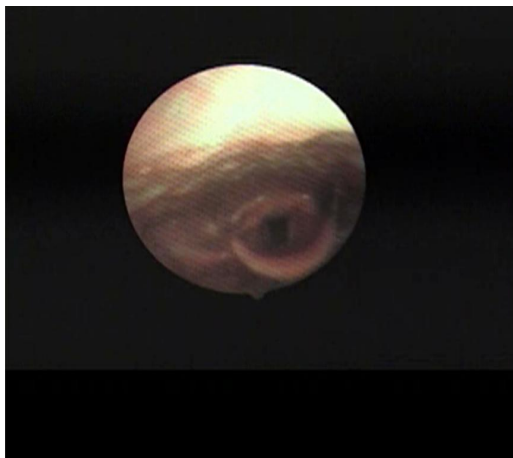


Figure 45. Image 5777. La glotte est alors totalement ouverte, mais va se refermer après cette image.

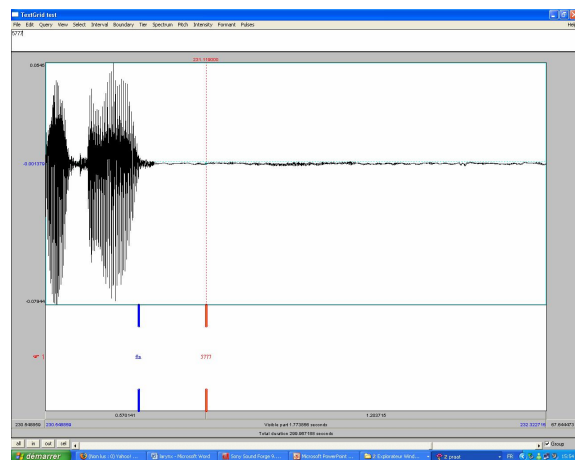


Figure 46. Localisation temporelle de l'image 5777 sur le signal acoustique. À gauche, la syllabe [gRe] produite par l'expérimentateur. L'image se trouve à 239 ms du stimulus.

À partir de l'image 5777, les cordes vocales vont se rapprocher pour finir par entrer en contact à l'image 5780. La glotte restera fermée pendant 240 ms, même si, durant ce laps de temps, il semblerait qu'une contraction très forte du larynx a lieu.



Figure 47. Image 5781. La glotte est alors fermée.

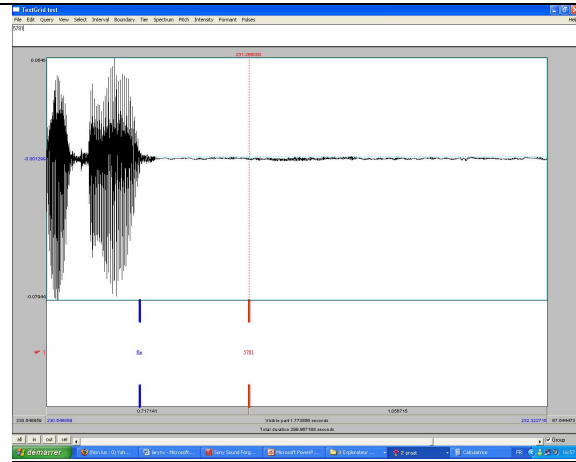


Figure 48. Localisation temporelle de l'image 5781 sur le signal acoustique. À gauche, la syllabe [gRe] produite par l'expérimentateur. L'image se situe à 389 ms du stimulus.

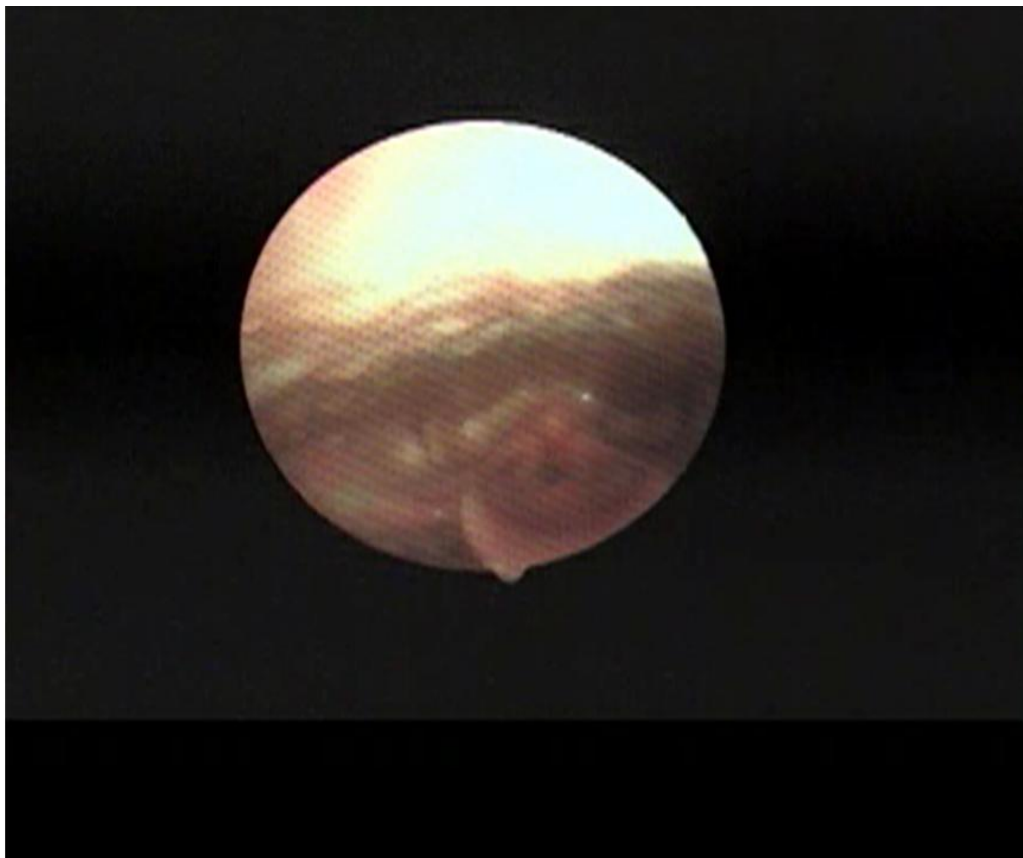


Figure 49. Exemple de contraction. Image 5783.

Alors que les cordes vocales sont accolées et devraient se mettre à vibrer en vue de réaliser la voyelle [i], une abduction de ces dernières se déroule à partir de l'image 5787. La glotte va alors s'ouvrir, comme il est possible de le voir sur la Figure 50 (image 5788).

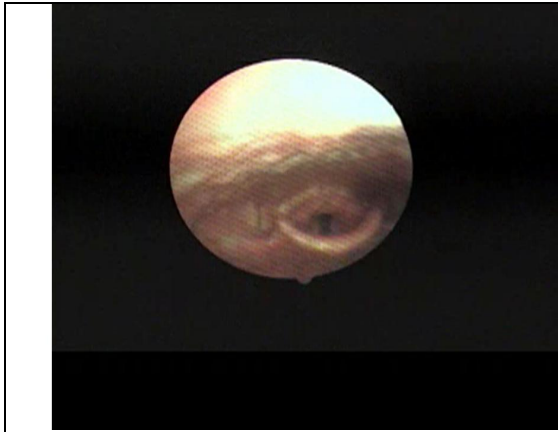


Figure 50. Image 5788. La glotte est alors ouverte, mais va se refermer après cette image.

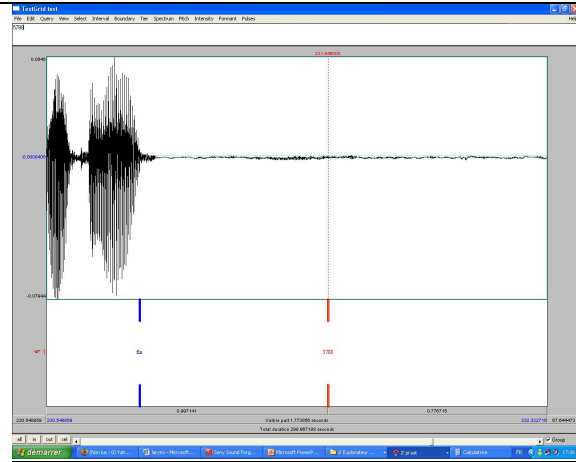


Figure 51. Localisation temporelle de l'image 5788 sur le signal acoustique. À gauche, la syllabe [gRe] produite par l'expérimentateur. L'image se situe à 669 ms du stimulus.

Cette abduction des cordes vocales est observable jusqu'à l'image 5791, date à laquelle l'épiglotte se met à reculer en direction de la paroi pharyngale. Cette position sera constatée jusqu'à l'image 5801. Notons que durant ce laps de temps, les aryténoïdes se rapprochent, puis s'éloignent, avant de se rejoindre à nouveau.

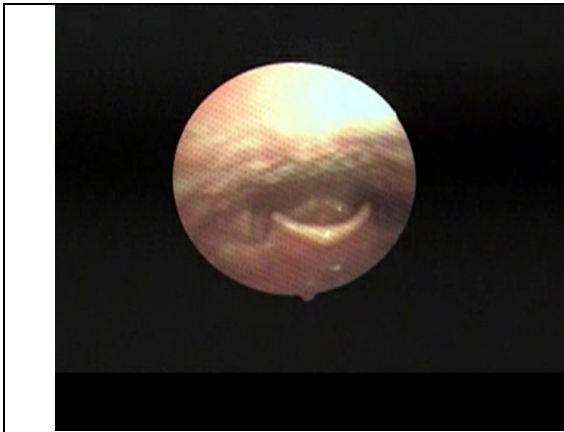


Figure 52. Image 5795. L'épiglotte est en retrait.

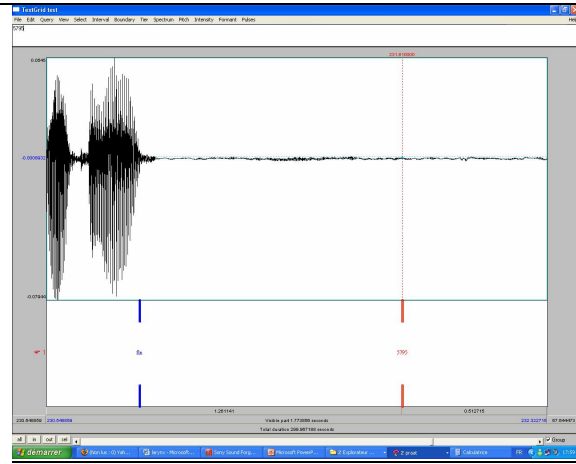


Figure 53. Localisation temporelle de l'image 5795 sur le signal acoustique. À gauche, la syllabe [gRe] produite par l'expérimentateur. L'image se trouve à 939 ms du stimulus.

De l'image 5802 à la 5812, nous observons une adduction des cordes vocales qui ferme la glotte.

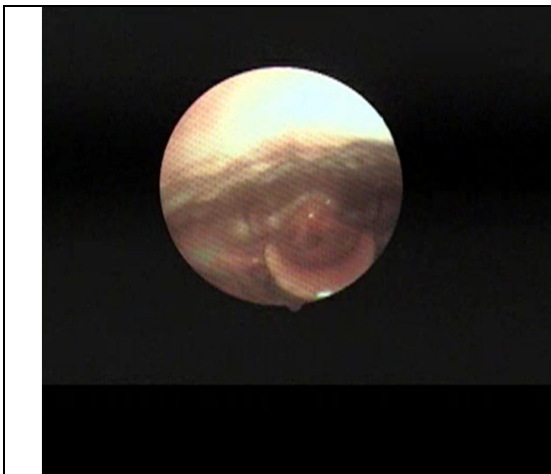


Figure 54. Image 5810. La glotte est alors fermée.

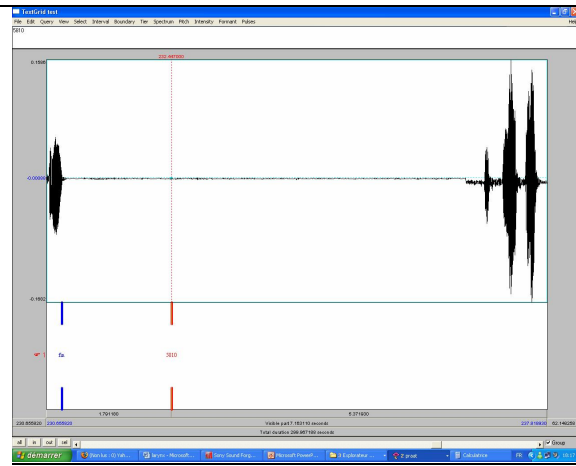


Figure 55. Localisation temporelle de l'image 5810 sur le signal acoustique. À gauche, la syllabe [gRe] produite par l'expérimentateur. L'image se situe à 1569 ms du stimulus.

Par la suite, et alors que la glotte est fermée, l'épiglotte se met à reculer jusqu'à l'image 5821.

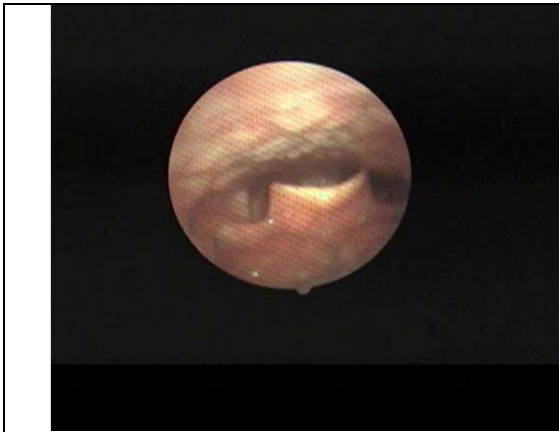


Figure 56. Image 5817. L'œpiglotte est en retrait.

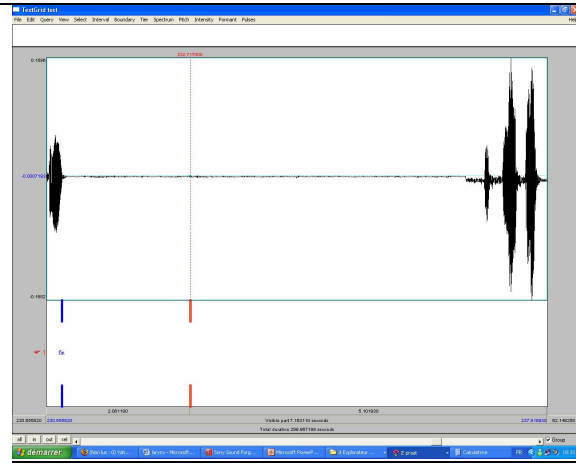


Figure 57. Localisation temporelle de l'image 5817 sur le signal acoustique. À gauche, la syllabe [gRe] produite par l'expérimentateur. L'image se situe à 1849 ms du stimulus.

À partir de l'image 5822, l'œpiglotte va progressivement revenir à une position moins antérieure, alors que la glotte reste fermée.

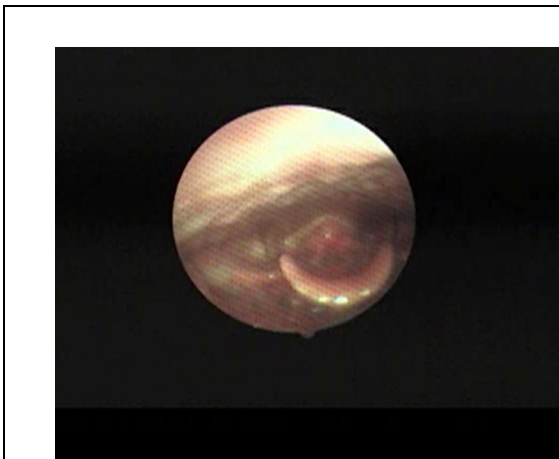


Figure 58. Image 5825. La glotte est alors fermée.

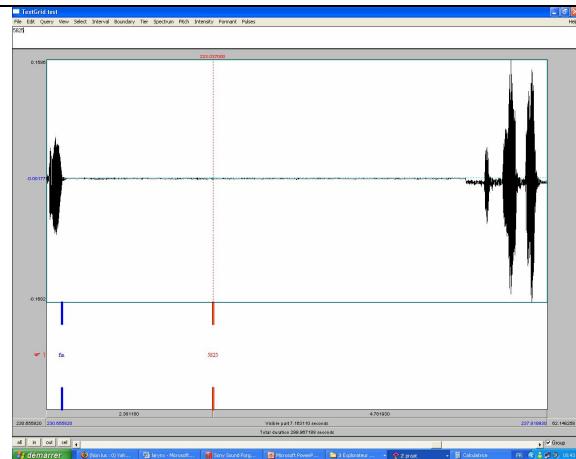


Figure 59. Localisation temporelle de l'image 5825 sur le signal acoustique. À gauche, la syllabe [gRe] produite par l'expérimentateur. L'image se situe à 2169 ms du stimulus.

De l'image 5827 à la 5832, une nouvelle phase d'ouverture glottique va avoir lieu, puisque les cordes vocales vont réaliser un mouvement d'abduction.

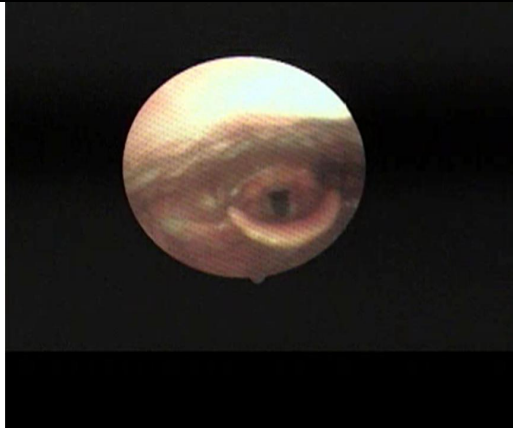


Figure 60. Image 5832. La glotte est alors ouverte.

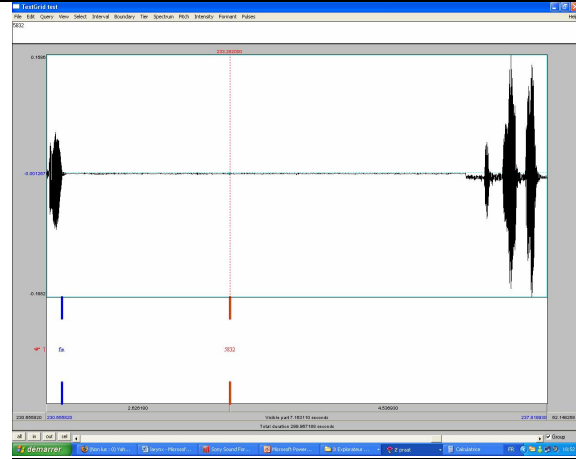


Figure 61. Localisation temporelle de l'image 5832 sur le signal acoustique. À gauche, la syllabe [gRe] produite par l'expérimentateur. L'image se situe à 2419 ms du stimulus.

Après ces 5 images, les cordes vocales vont progressivement se rapprocher jusqu'au contact qui apparaît à la 5835. Cette adduction des cordes vocales reste visible sur les images 5336, 5837, 5838, 5839 et 5840, même s'il est possible d'observer une ouverture partielle de la glotte (5838 et 5839), due à un éloignement de la partie des cordes vocales située à proximité des aryténoïdes.

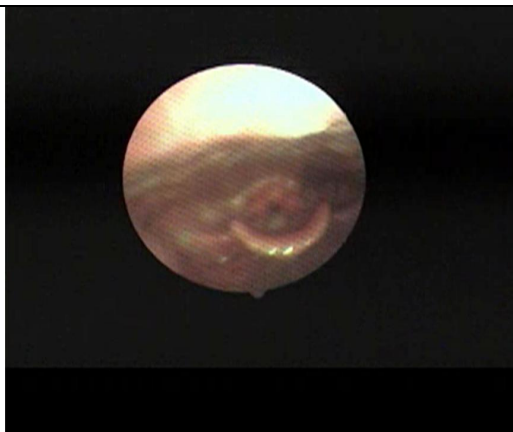


Figure 62. Image 5840. La glotte est alors fermée.

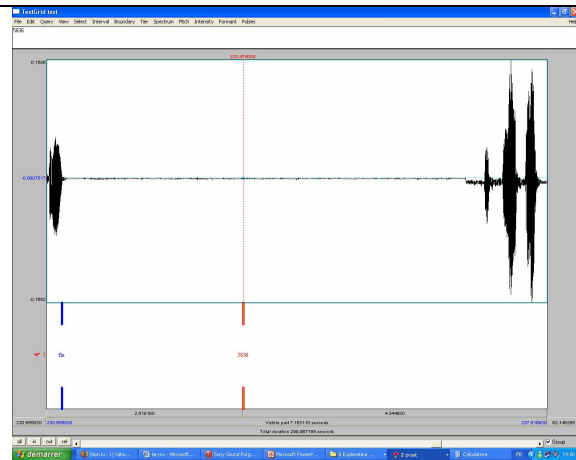


Figure 63. Localisation temporelle de l'image 5840 sur le signal acoustique. À gauche, la syllabe [gRe] produite par l'expérimentateur. L'image se situe à 2419 ms du stimulus.

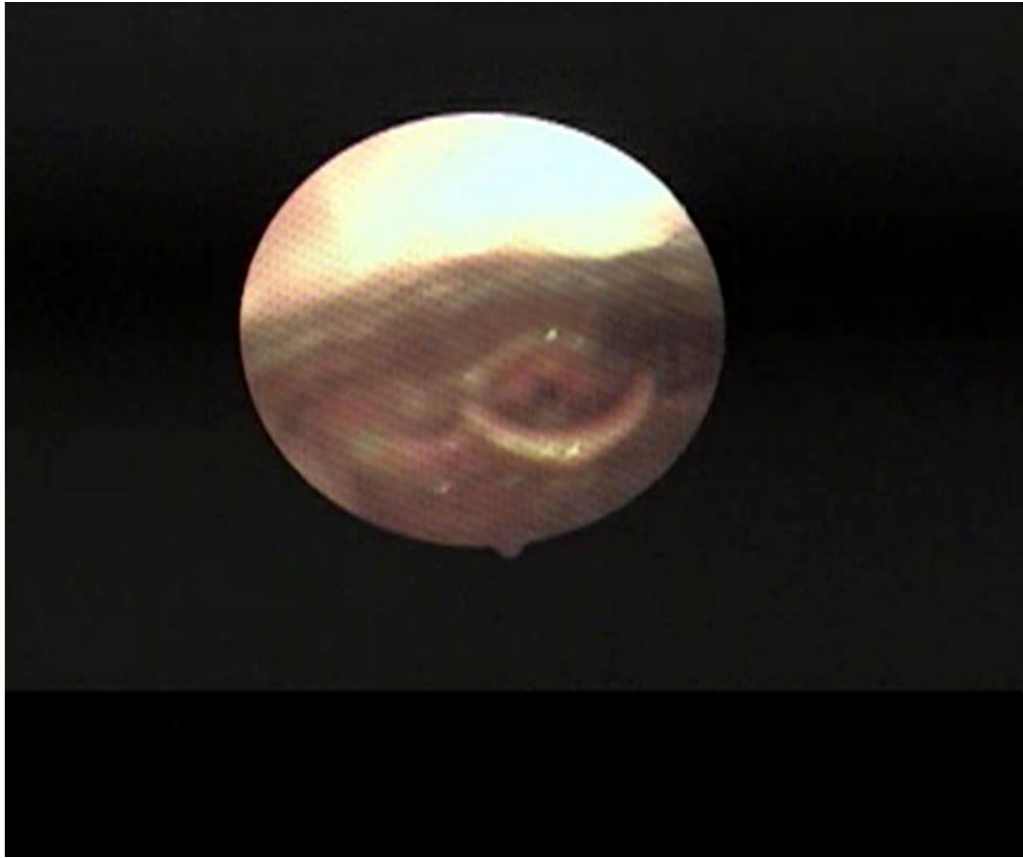


Figure 64. La glotte est partiellement fermée (image 5839).

Suite à cette fermeture, l'épiglotte et la langue reculent. C'est ce qui est observable des images 5841 à 5852.

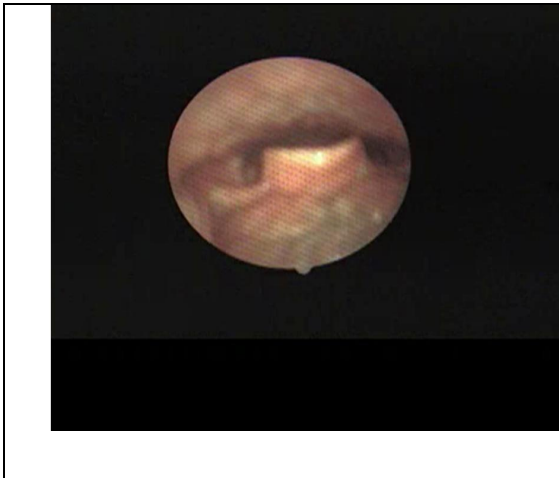


Figure 65. Image 5846. L'épiglotte et la langue sont dans une position postérieure.

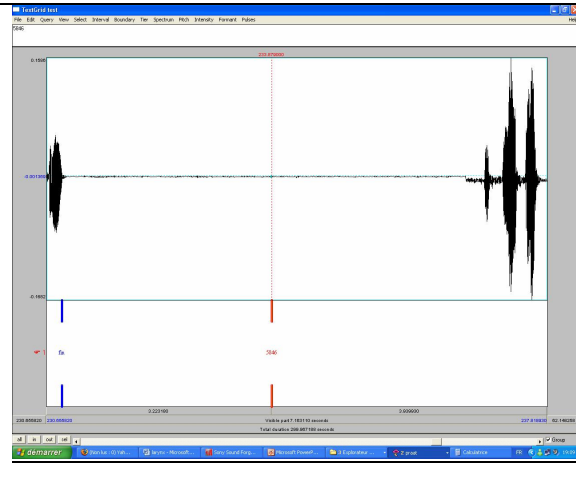


Figure 66. Localisation temporelle de l'image 5846 sur le signal acoustique. À gauche, la syllabe [gRe] produite par l'expérimentateur. L'image se situe à 3029 ms du stimulus.

Sur l'image 5853, nous constatons que la glotte est fermée. Celle-ci restera dans cette configuration jusqu'à la 5858.

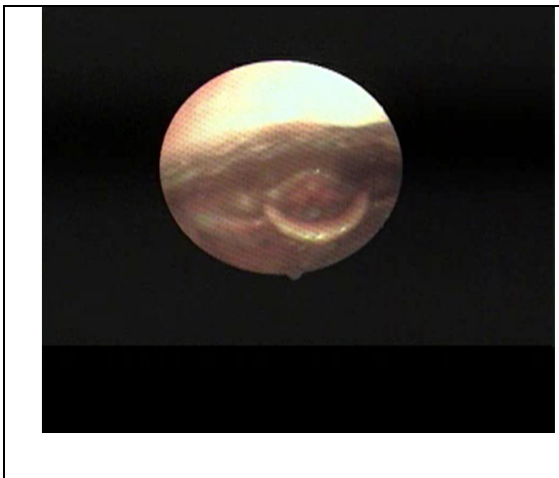


Figure 67. Image 5858. La glotte est alors fermée.

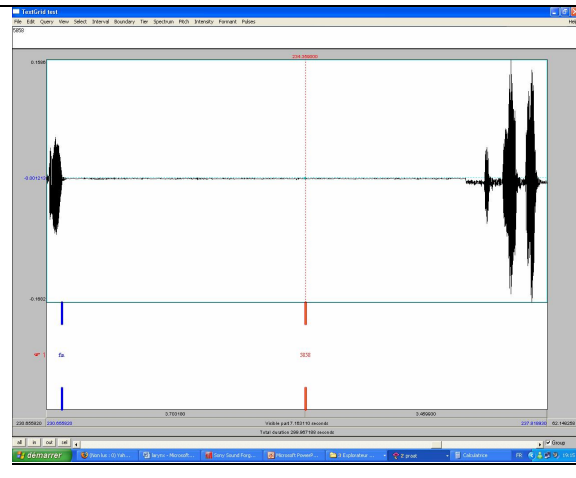


Figure 68. Localisation temporelle de l'image 5858 sur le signal acoustique. À gauche, la syllabe [gRe] produite par l'expérimentateur. L'image se situe à 3489 ms du stimulus.

Dès l'image 5859, la glotte s'ouvre à nouveau. Ce mouvement d'ouverture sera visible jusqu'à l'image 5864, date à laquelle l'espace glottique commence à diminuer.

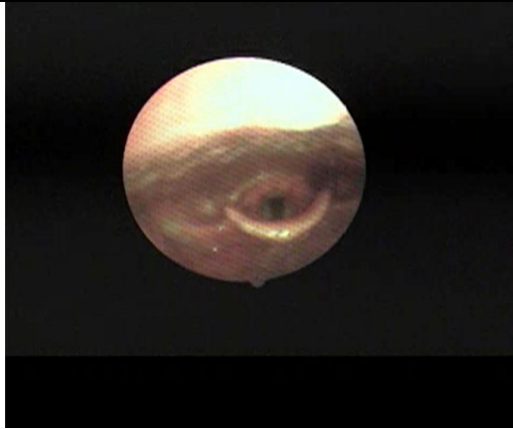


Figure 69. Image 5864. La glotte est alors fermée.

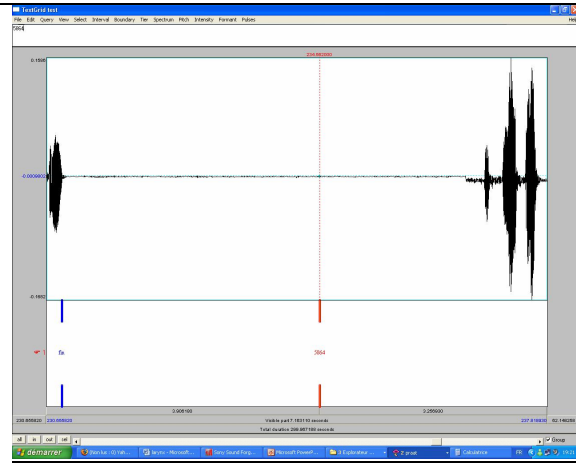
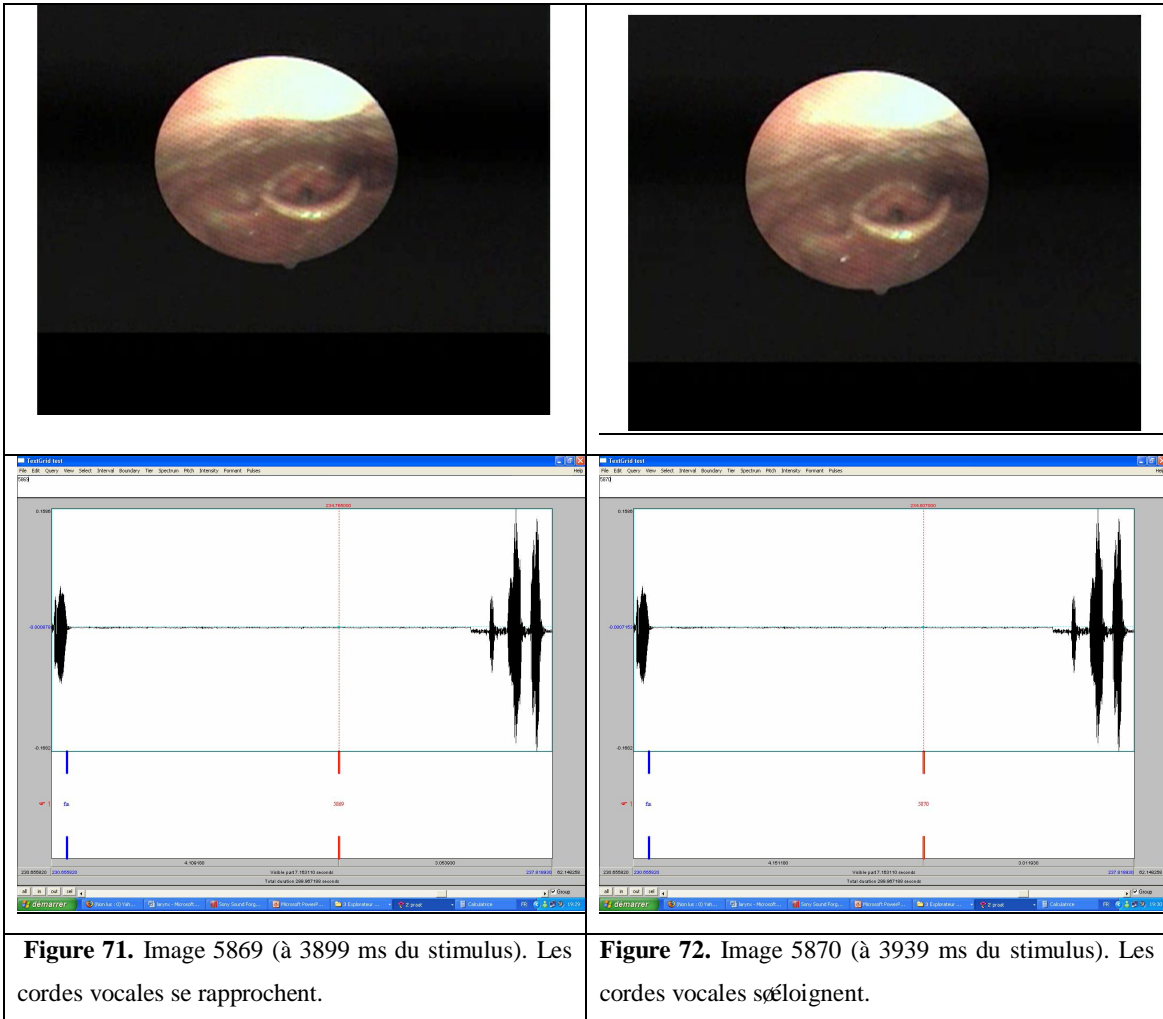


Figure 70. Localisation temporelle de l'image 5864 sur le signal acoustique. À gauche, la syllabe [gRe] produite par l'expérimentateur. L'image se situe à 3679 ms du stimulus.

À partir de l'image 5865, un rapprochement des cordes vocales a lieu jusqu'à la 5869. Toutefois, ce rapprochement ne se conclut pas par une fermeture totale de la glotte, dans la mesure où l'image 5870 montre à nouveau une abduction des cordes vocales.



Après l'image 5870, l'épiglotte recule encore et garde sa position de retrait.

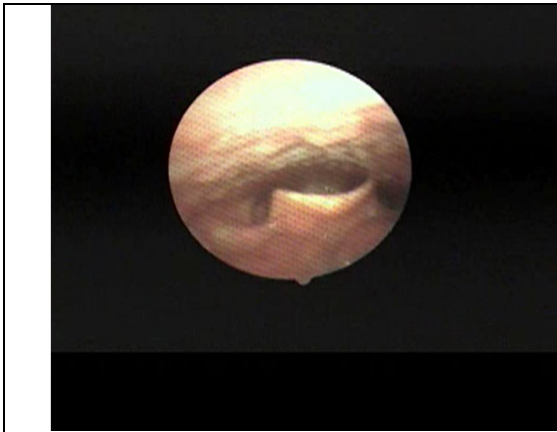


Figure 73. Image 5901. L'épiglotte est en retrait.

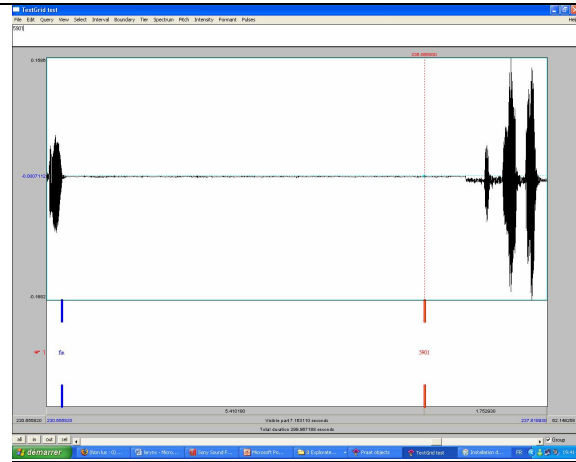


Figure 74. Localisation temporelle de l'image 5901 sur le signal acoustique. À gauche, la syllabe [gRe] produite par l'expérimentateur. L'image se situe à 5189 ms du stimulus.

Sur l'image 5922, l'épiglotte initie un geste vers l'avant. L'image suivante montre que les cordes vocales sont accolées. À cette date, l'image se situe 9 ms après le début de la structure formantique stable du [i].



Figure 75. Image 5923. Les cordes vocales sont en contact.

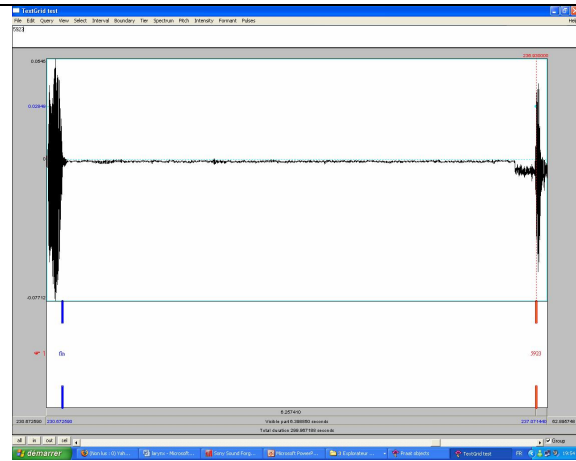


Figure 76. Localisation temporelle de l'image 5923 sur le signal acoustique. À gauche, la syllabe [gRe] produite par l'expérimentateur. L'image se situe à 6009 ms du stimulus.

11.3.1.3 Bilan partiel

Comme indiqué dans la littérature, le « temps de réaction » avant le début de la production de la parole est plus long pour le locuteur bègue, dans le cas de disfluences. Durant cet intervalle, un certain nombre de mouvements inaudibles ont lieu au niveau laryngé. Nous avons ainsi pu observer quatorze phases d'ouverture et de fermeture dans le silence précédant le démarrage du signal de parole du locuteur bègue.

11.3.2. Disflueuce dans le mot : « coupe-papier »

11.3.2.1. Locuteur de contrôle

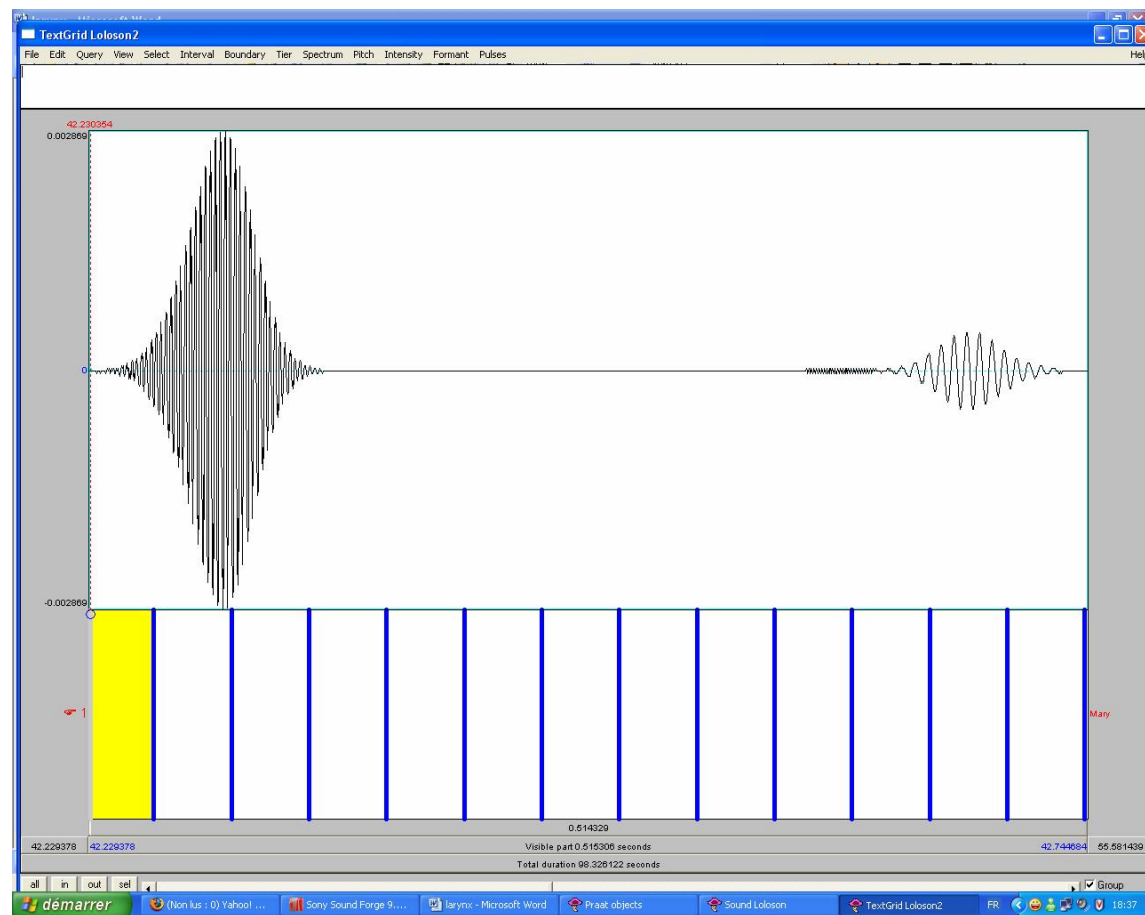
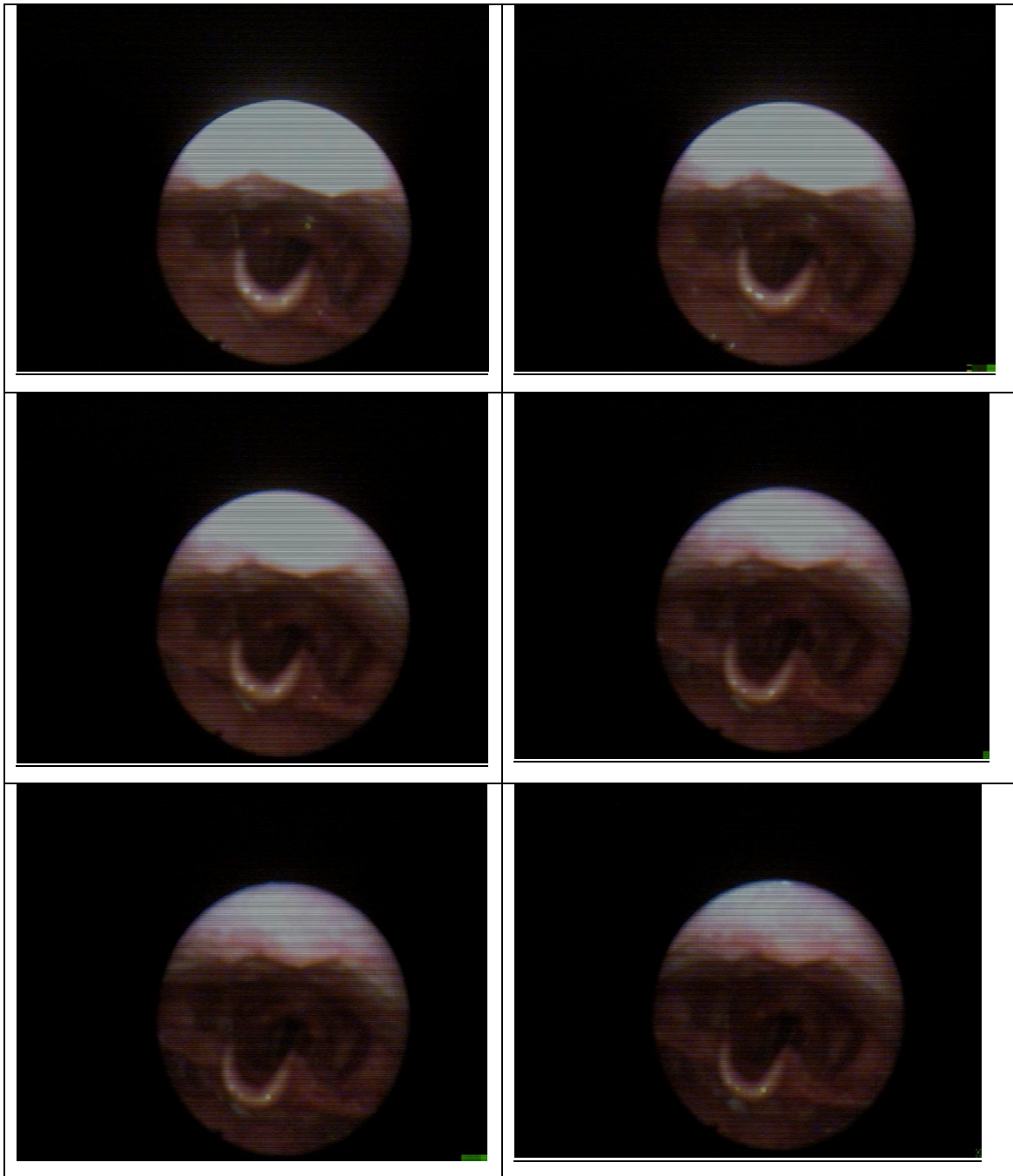


Figure 73. Images disponibles durant la séquence « coupe-papier ». À gauche, le stimulus, à droite, la syllabe [ku] du locuteur de contrôle.

L'ømage 1058, qui se situe à la fin du stimulus, montre une glotte ouverte chez le locuteur de contrôle. Celle-ci va se refermer progressivement. À l'ømage 1066, qui se trouve dans le [k], la glotte est encore légèrement ouverte. Sur l'ømage suivante, qui figure dans la partie stable du [u], une adduction des cordes vocales est visible.



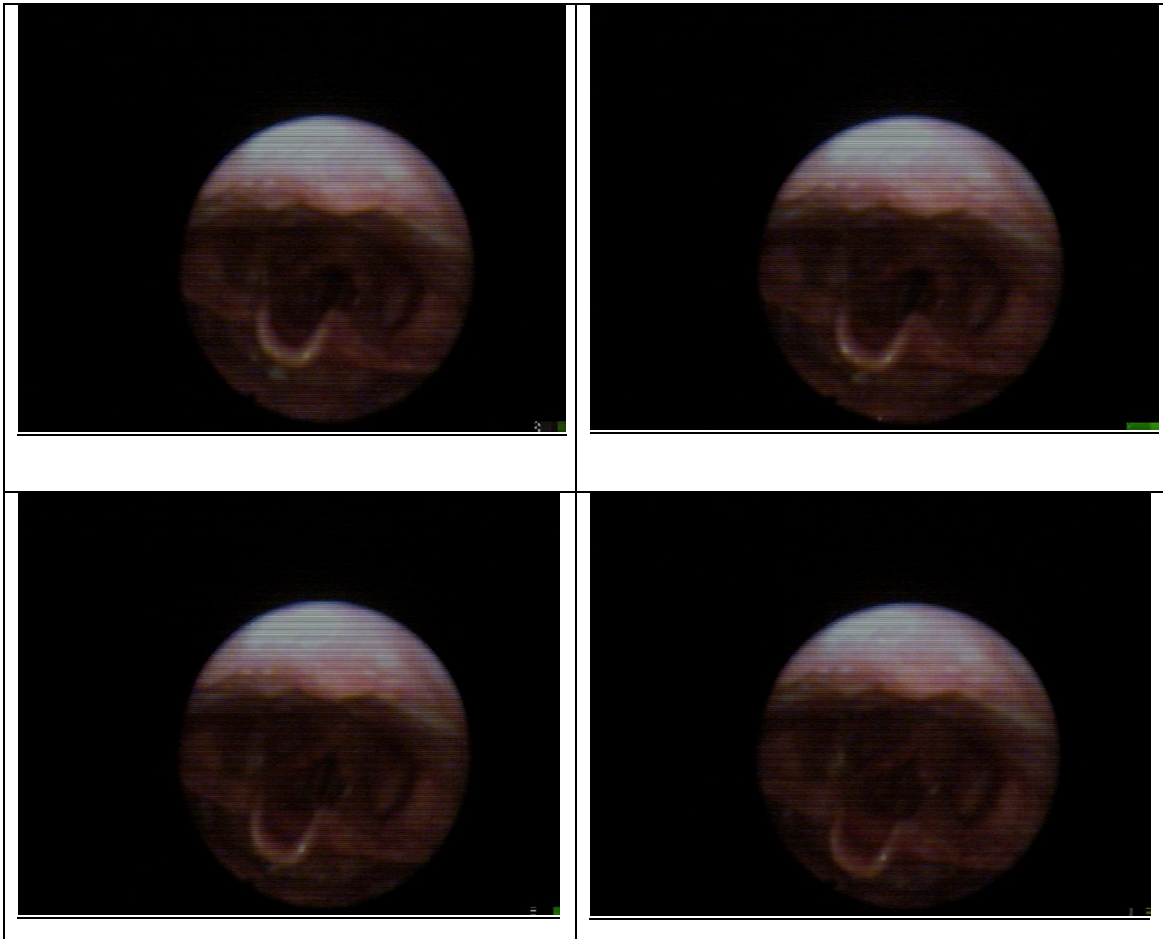


Figure 74. Images 1058 à 1067. La glotte est en train de se fermer.

On voit donc que la glotte se referme progressivement en vue de réaliser la voyelle [u].

11.3.2.2. Locuteur bègue

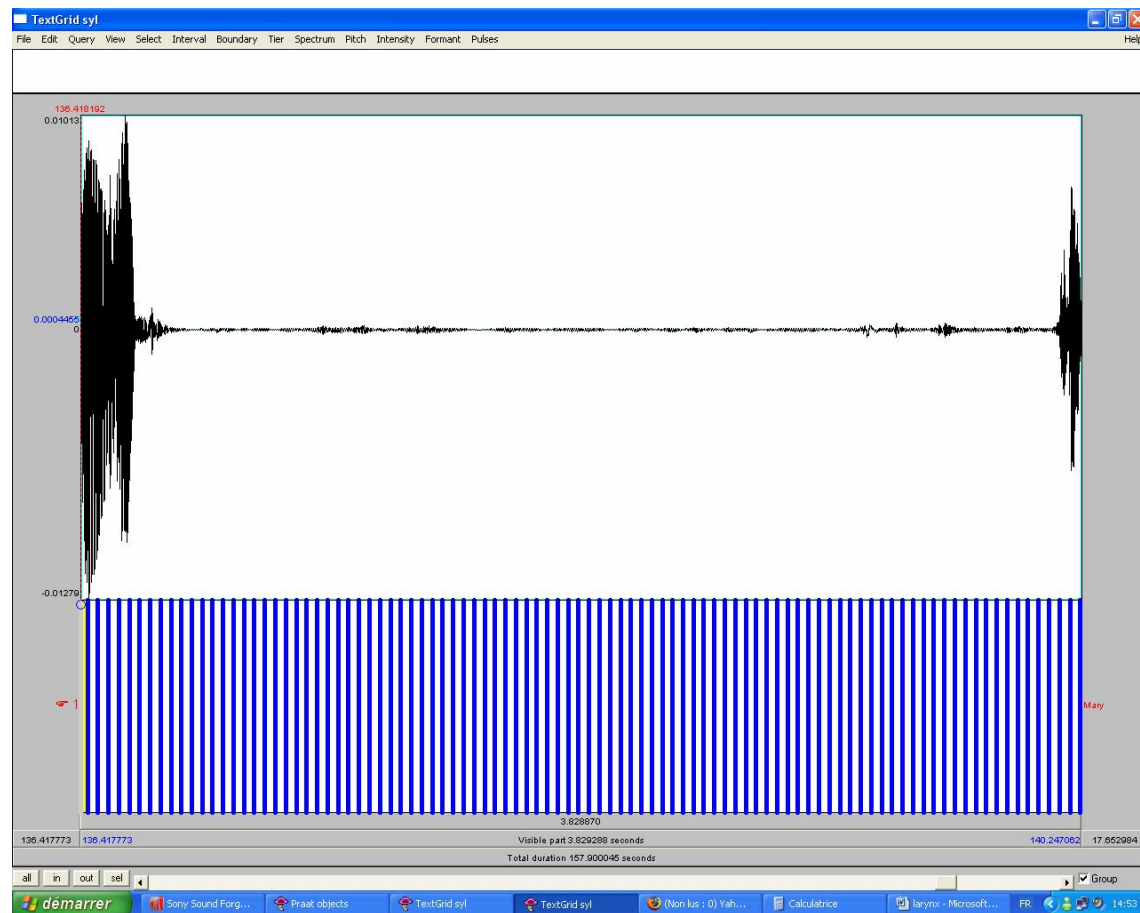
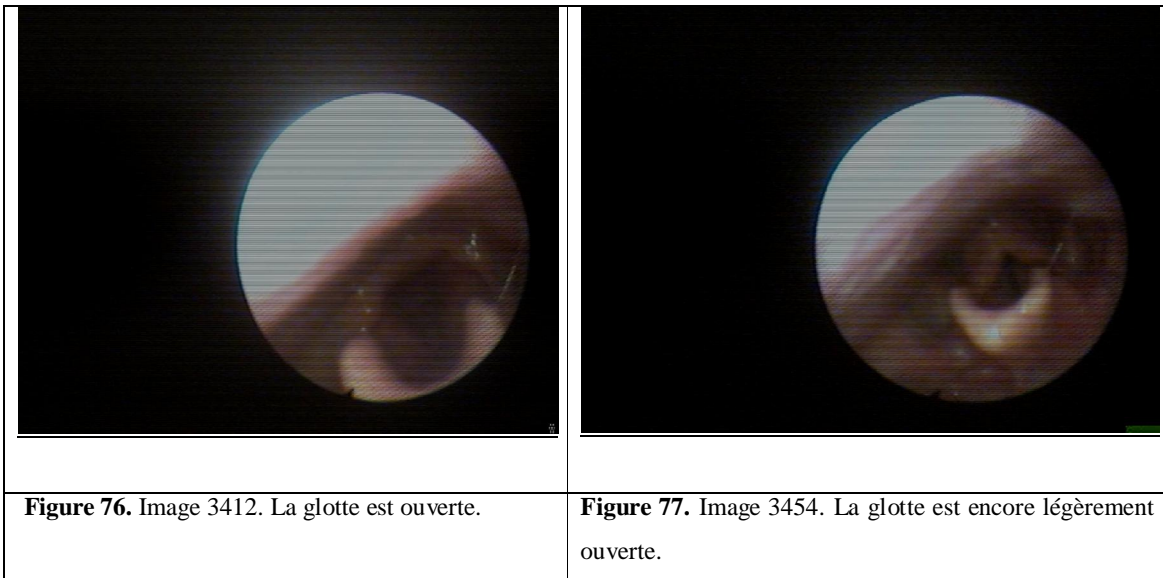


Figure 75. Images disponibles durant la séquence « coupe-papier ». À gauche, le stimulus, à droite, la syllabe [ku] du locuteur bègue.

Comme pour la séquence précédente, le « temps de réaction » entre la fin du stimulus et la réponse est plus long pour le locuteur de contrôle. Celui-ci a été quantifié à 3,532 secondes.

De même, et alors que nous n'avons observé qu'un geste de fermeture glottique pour le sujet témoin, il est possible de constater trois mouvements différents pour la personne bègue. En effet, des images 3416 à 3454, les cordes vocales se rapprochent. Il est à noter qu'à la fin de cette phase, autrement dit à l'image 3454, la glotte est encore légèrement ouverte.



Durant cette phase, 1559 ms se sont écoulées, comme il est possible de le constater sur la figure 78.

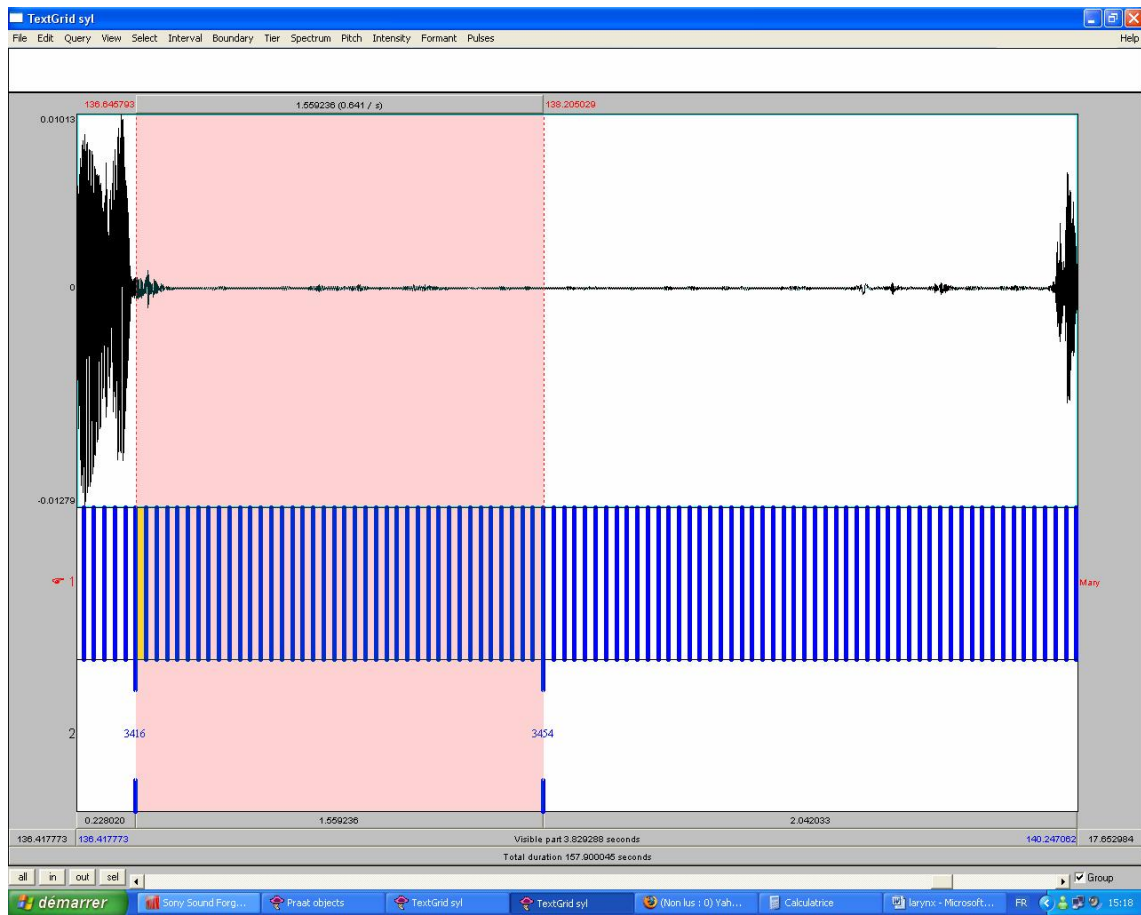


Figure 78. Localisation temporelle des images 3416 et 3454.

À partir de l'image 3455, les cordes vocales se mettent à s'écarter à nouveau, ouvrant de fait un peu plus la glotte.

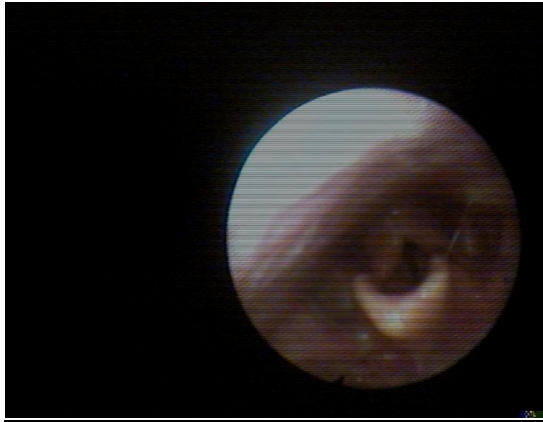


Figure 79. Image 3455. La glotte est alors légèrement ouverte.

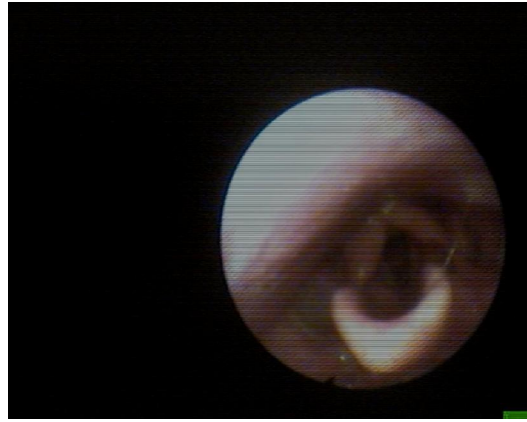


Figure 80. Image 3465. La glotte est ouverte.

Cette séquence de réouverture de la glotte dure 360 ms. La figure 81 permet de localiser cette phase.

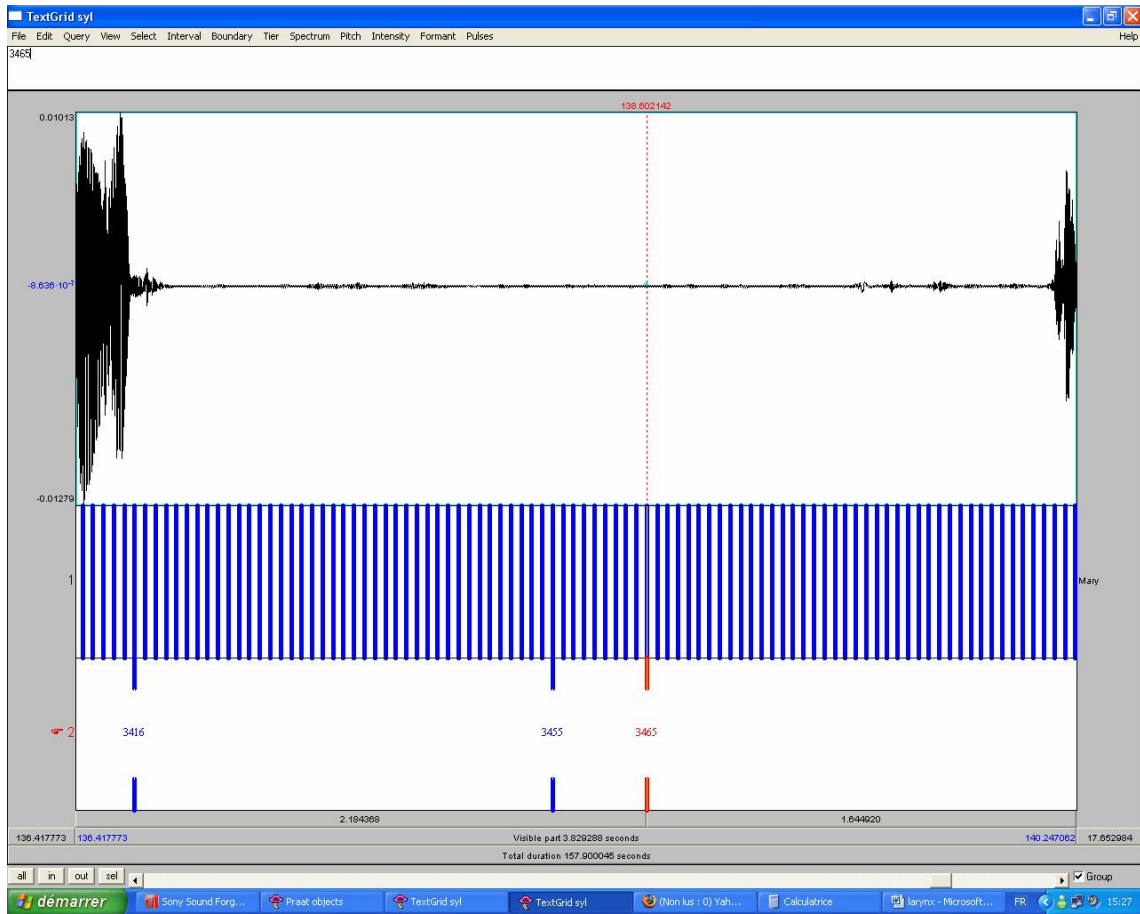
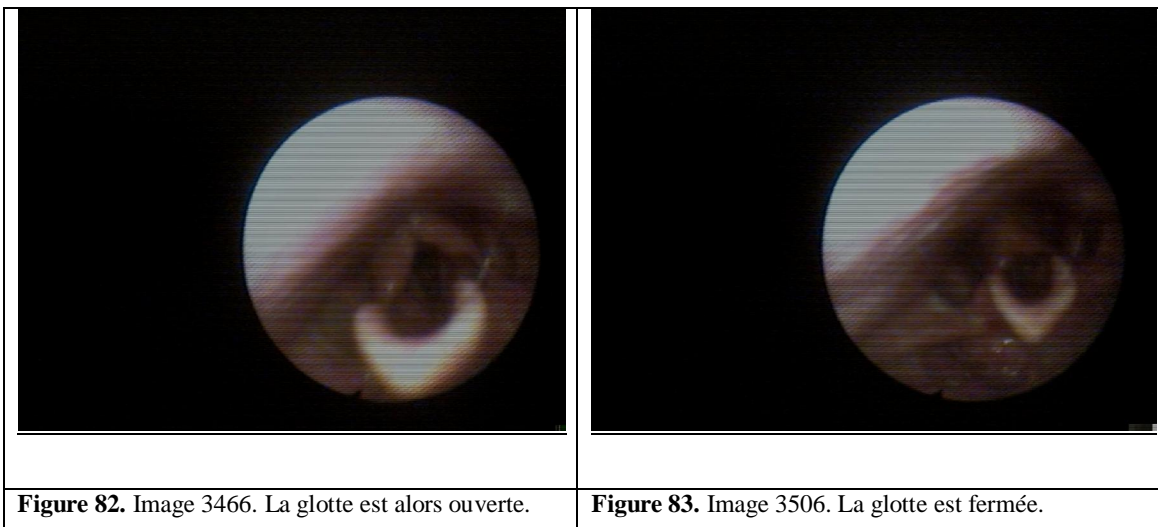


Figure 81. Localisation temporelle des images 3455 et 3465.

À partir de l'image 3466, la glotte va progressivement se refermer. Elle sera encore légèrement ouverte sur l'image 3505, qui se situe dans le [k], avant de se fermer totalement sur l'image suivante qui correspond au [i].



Cette dernière phase de fermeture est réalisée en 1607 ms.

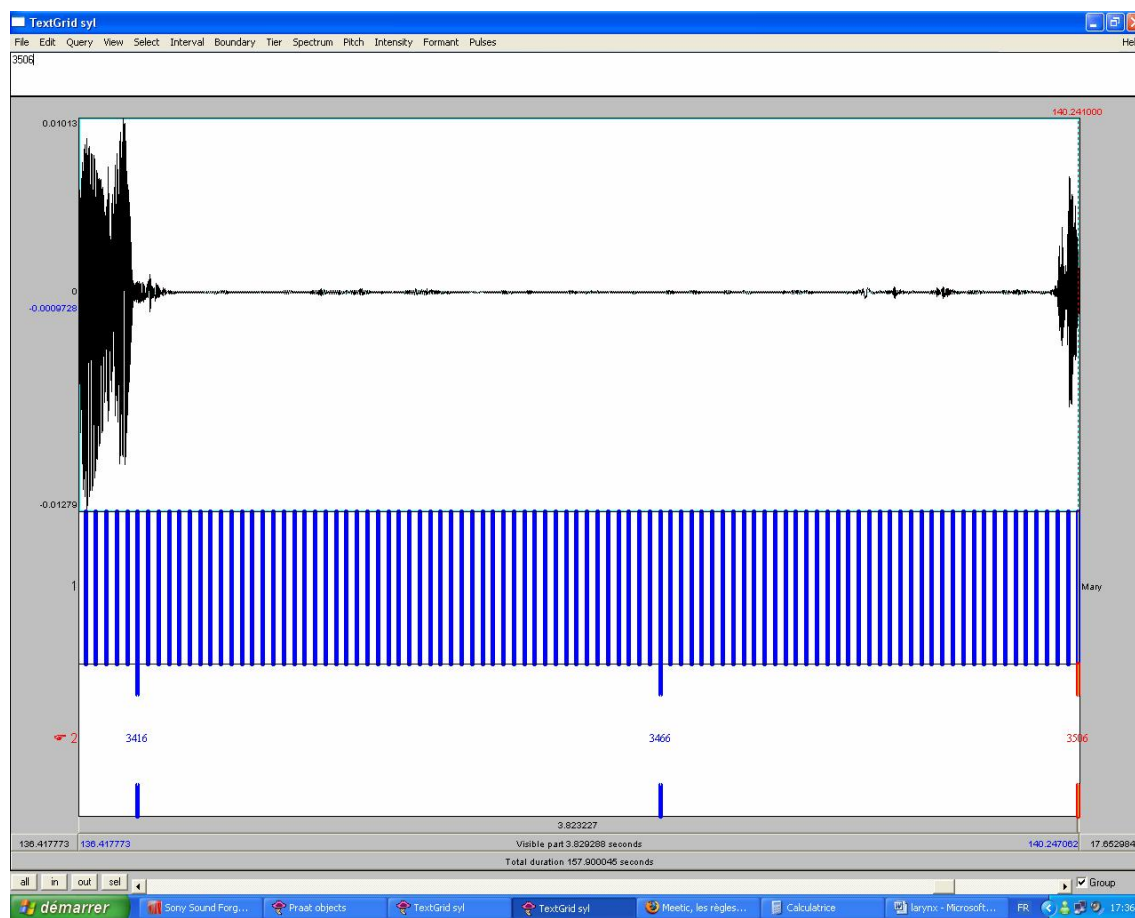


Figure 84. Localisation temporelle des images 3466 et 3505.

Lors de la réalisation de la voyelle [u], la littérature (Vaxelaire *et al.*, 2007, par ex.) a montré que la position du larynx est basse. Nos données pour le locuteur de contrôle confirment ce constat. Il en va de même chez le locuteur bègue, si ce n'est que la position du larynx, sur le plan vertical, n'est pas stable : ce dernier descend, remonte puis redescend à nouveau.

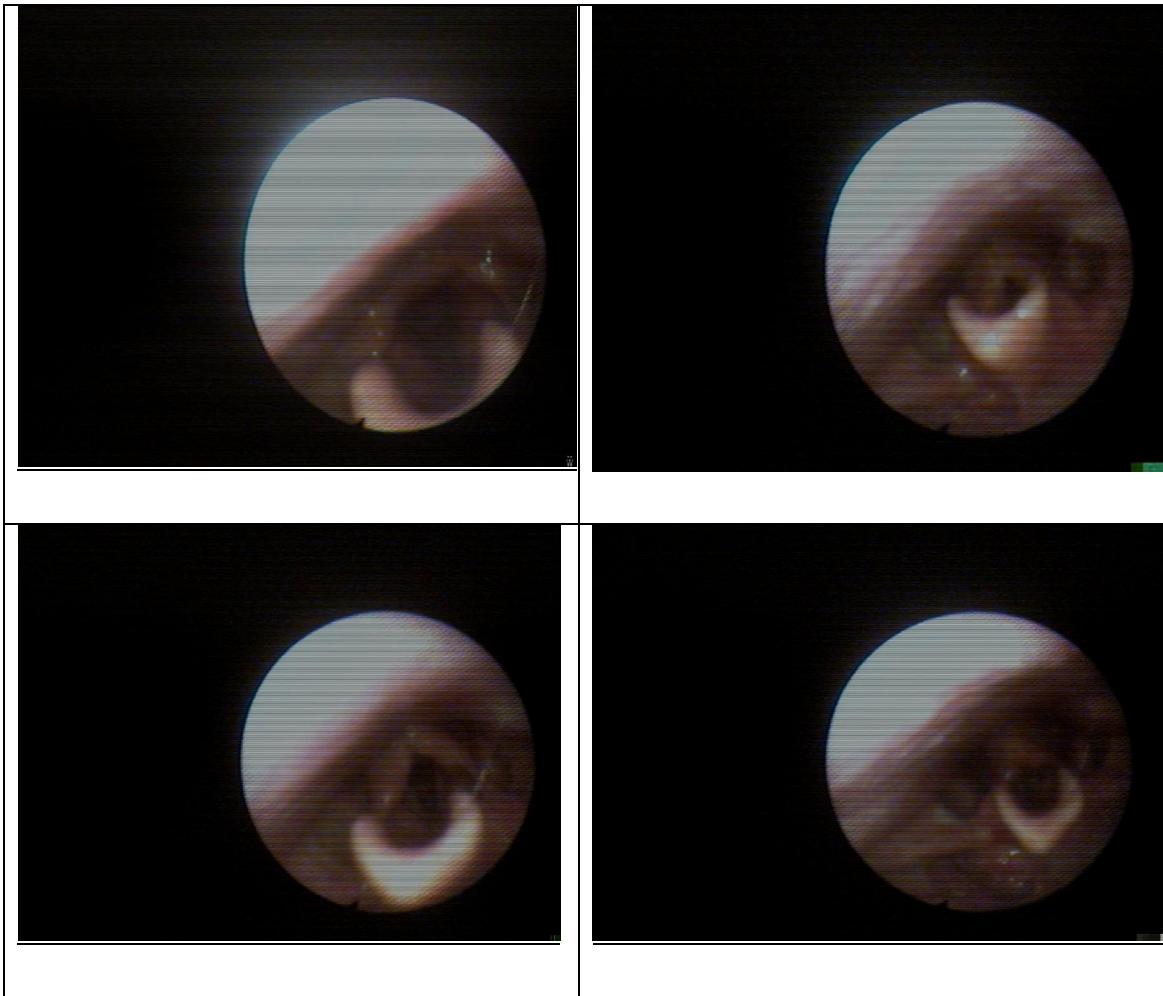


Figure 85. Images 3422, 3433, 3466 et 3506. La position du larynx est d'abord élevée (3422), avant de descendre (3433) ; puis, ce dernier remonte (3466) pour finalement descendre dans le but de réaliser le [u].

11.3.2.3. Pour résumer

Après le stimulus, la glotte se ferme progressivement pour le sujet témoin, en vue de réaliser la syllabe [ku]. En ce qui concerne le locuteur bègue, nous constatons d'abord un geste de fermeture glottique, avant que les cordes vocales ne s'écartent pour finir par entrer en contact dans le but de produire le [u].

11.3.3. Synthèse

Tout comme Monfrais (2005) l'avait déjà observé, aucune singularité ne semble se dégager lors de la comparaison des tâches non-langagières chez les sujets bégues et les non-bègues.

L'étude du TRL, chez les sujets de contrôle, montre que l'apparition du son faisant suite au stimulus arrive dans un délai très bref. Rappelons que ce temps de réaction contient à la fois une période de latence entre la fin du stimulus produit par l'investigateur et le début du geste laryngé et une période durant laquelle les cordes vocales seront en action. La comparaison avec les locuteurs bègues montrent que le TRL est plus long chez ces derniers en parole disfluente. Durant ce laps de temps, la glotte va emprunter plusieurs configurations d'ouvertures et de fermetures différentes.

Concernant l'observation du temps de réaction en parole en parler-relax, elle révèle que le TRL s'est fortement réduit. De même, les mouvements inappropriés du larynx, visibles en situation de disfluence, n'étaient plus présents, la glotte se fermant d'une manière comparable pour les bègues et le locuteur-non-bègue lors de l'utilisation de cette technique de parole.

12. Etude de l'espace vocalique

12.1. Introduction

Depuis les travaux de Lindblom (1963) sur la réduction vocalique, on sait que la structure formantique des voyelles n'est pas la même selon la vitesse d'élocution employée. Ainsi, lorsqu'un locuteur parle très rapidement, un phénomène d'« undershoot », consistant à attirer les voyelles vers le centre du triangle vocalique, a lieu. Autrement dit, le triangle vocalique se réduit en vitesse d'élocution rapide. Pour les bègues, en revanche, peu d'études ont été réalisées sur l'« undershoot » en vitesse d'élocution rapide. Pourtant, une étude de ce type pourrait présenter un certain intérêt, étant donné que la structure formantique des voyelles, pour des sujets bègues, a souvent été décrite comme centralisée par rapport à des sujets sans trouble de la parole (Blomgren *et al.*, 1998). Notons cependant que d'autres recherches, telles que celle de Prosek *et al.* (1987), par exemple, n'ont pas abouti à ces conclusions.

Notre *hypothèse* est la suivante : si le triangle vocalique est déjà fortement restreint en vitesse normale chez les sujets bègues, la question est de savoir si l'espace vocalique sera plus réduit encore en vitesse d'élocution rapide. Nous pensons que davantage de réduction d'un espace déjà relativement exigü ne se ferait pas, à cause de la nécessité de préserver une certaine distance entre les voyelles pour une meilleure perception des contrastes vocaliques. Nous renvoyons à ce propos à la Théorie de la Dispersion de Lindblom (1986) et à celle développée par Schwartz *et al.* (1997 a et b). Dans ces théories, on attribue à un système vocalique donné un coût structurel reposant sur la distance entre voyelles prises deux à deux. Afin de rendre compte de certains problèmes liés à la prédiction, on met en compétition le principe de *distance* avec un principe gestaltiste de prégnance intravoyelle, la *focalisation*.

12.2. Méthode expérimentale

12.2.1. Locuteurs

Trois groupes de 5 adultes ont permis d'étudier la structure formantique des voyelles. Il s'agissait d'un groupe de locuteurs de contrôle, d'un groupe de bègues et d'un dernier constitué de sujets bègues ayant suivi une thérapie. Il est utile de signaler qu'il s'agissait des

mêmes locuteurs et du même corpus que dans le cadre de l'étude sur les V.O.T. et V.T.T. (voir le Chapitre 10).

12.2.2. Corpus

Rappelons que le corpus était constitué de neuf séquences [CV], où la consonne était [p], [t] ou [k] et la voyelle [i], [a] ou [u]. Ces syllabes étaient insérées dans des phrases porteuses du type : « C'est une [CV]p à Bordeaux ». Ainsi, le travail a porté sur les phrases suivantes :

- C'est une pipe à Bordeaux.
- C'est une pape à Bordeaux.
- C'est une poupe à Bordeaux.
- C'est une type à Bordeaux.
- C'est une tape à Bordeaux.
- C'est une toupe à Bordeaux.
- C'est une kippa Bordeaux.
- C'est une coupe à Bordeaux.
- C'est une cape à Bordeaux.

Tous les locuteurs ont prononcé ces phrases une quinzaine de fois, en vitesses d'élocution normale et rapide.

Nous aboutissons ainsi à 4 conditions, soit 3 contextes vocaliques ([i, a, u]) x 3 contextes consonantiques ([p, t, k]) x 2 vitesses d'élocution (10 répétitions en normale et 10 répétitions en rapide) x 3 groupes (5 sujets de contrôle, 5 sujets bègues et 5 anciens sujets bègues). Au total, cela donne 2700 répétitions à analyser.

12.2.3. Acquisition des données

Les données ont été enregistrées la plupart du temps chez les locuteurs, à l'aide d'un microphone *Sennheiser e845S* relié à un ordinateur portable, dont la carte son est du modèle

RealTek AC97. Le logiciel employé pour l'acquisition était *Audacity* (fréquence d'échantillonnage : 44100 Hz ó 16 bits).

12.2.4. Mesures

Cette partie visera donc à étudier la structure formantique des voyelles en fonction de la durée de celles-ci. Pour ce faire, une étude de la durée vocalique sera d'abord entreprise, où l'on mesurera la durée vocalique comme l'intervalle allant du V.V.O. au V.V.T. (voir le Chapitre 8.4.3.). Ces données sont ensuite normalisées en calculant le pourcentage du temps pris par la durée vocalique dans l'intervalle VC.

Les deux premiers formants des voyelles ont été mesurés au centre de la structure formantique (LPC) de ces dernières pour vérifier si la qualité vocalique reste la même ou non.

L'aire du triangle vocalique sera également calculée afin d'examiner si les éventuelles modifications engendrées par le changement de vitesse d'élocution ont des répercussions sur l'espace utilisé dans la réalisation de distinctions entre les voyelles. L'évaluation de l'espace vocalique a été effectuée de la même manière que Blomgren *et al.* (1998), qui avaient eux-mêmes emprunté à Turner *et al.* (1995) leur méthode.

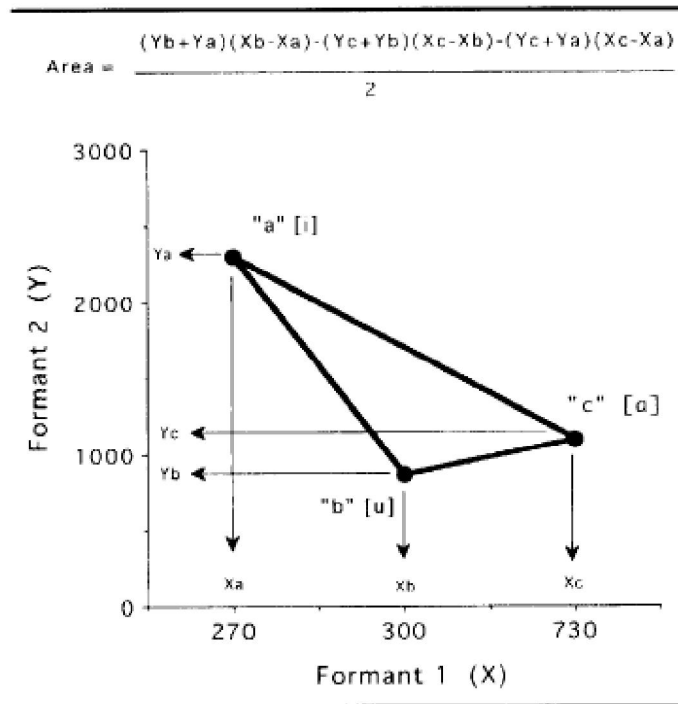


Figure 84. Représentation schématique d'un triangle vocalique. L'aire du triangle vocalique est calculée à partir de F1 et F2. La formule du calcul se trouve au-dessus de la figure (d'après Blomgren, 1998).

12.2.5. Etude de la coarticulation

L'équation du locus représente des régressions linéaires dérivées de la relation entre le milieu de la partie stable de F2 (F2milieu) et le début de la deuxième zone de résonance (F2début), qui correspond à la transition formantique après le relâchement de la consonne. Une fois que les valeurs mesurées ont été reportées sur un graphique, une droite de régression est dessinée. Si la pente de cette droite est proche de 0, il sera possible de conclure que la coarticulation est peu élevée. À l'inverse, si cette pente est proche de 1, la coarticulation sera jugée élevée.

Enfin, un regard sera porté sur les valeurs des écarts-types, ce qui permettra de confirmer ou non l'hypothèse selon laquelle la variabilité est moins élevée lorsque l'espace vocalique est réduit. Rappelons que ce point part du postulat que plus l'espace serait réduit, moins il serait propice à la variabilité des points qui le composent, cela afin de ne pas perturber la catégorisation des voyelles.

12.2.6. Résultats expérimentaux

Des analyses de variances (ANOVA) à 2 facteurs *ó aire* du triangle vocalique et groupe de locuteurs *ó* ont été effectuées. Ces analyses ont été significatives pour le groupe de contrôle *vs.* les bègues et les anciens bègues *vs.* les bègues en vitesse d'élocution normale ($p < 0,05$).

Rappelons que pour ce qui concerne les durées absolues et relatives, aucune opposition n'était statistiquement significative (Chapitre 9.). Les changements de durées absolues et relatives signalés tout au long du chapitre sont, en conséquence, à considérer comme des tendances sur le plan statistique.

12.3. Résultats expérimentaux

12.3.1. Etude de l'espace vocalique chez les Locuteurs de Contrôle (LC)

Nous présenterons pour ce groupe les résultats de manière systématique, afin que le lecteur puisse prendre complètement connaissance des démarches que nous avons suivies. Par la suite, nous nous contenterons de livrer des résultats synthétiques pour ne pas trop alourdir l'analyse des données.

12.3.1.1. Etude de l'espace vocalique en fonction de la durée vocalique (locuteurs LC)

12.3.1.1.1. Séquences [pV]

12.3.1.1.1.1. Durée vocalique

La figure 1 indique que la durée de la voyelle [a] en vitesse d'élocution normale est de 74 ms. Celle-ci diminue lorsque la vitesse d'élocution augmente, puisqu'elle a été quantifiée à 57 ms en vitesse d'élocution rapide (Figure 85). Il est à noter que cette voyelle est la plus longue du corpus.

Une baisse de la durée vocalique a également été constatée pour la voyelle [i], étant donné qu'elle mesure 57 ms en vitesse d'élocution normale et qu'elle n'est plus que de 40 ms en vitesse d'élocution rapide.

Le même phénomène a été observé pour le [u]. En effet, celui-ci est de 60 ms en vitesse d'élocution normale et de 47 ms lorsqu'il est demandé au locuteur de parler plus rapidement.

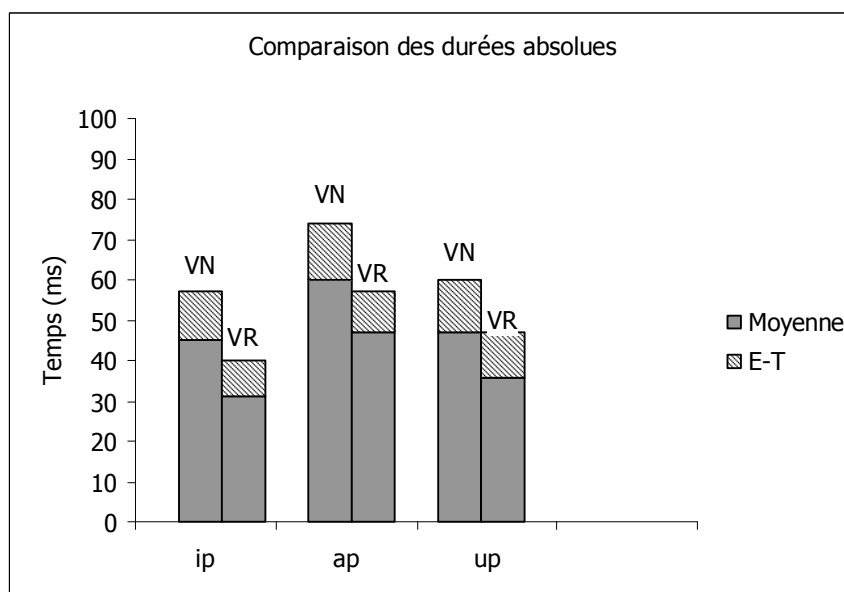


Figure 85. Comparaison de la durée vocalique pour les séquences [ip], [ap] et [up] en vitesse d'élocution normale (VN) et en vitesse d'élocution rapide (VR), en contexte [p].

Nous savons toutefois qu'il convient de normaliser ces données temporelles pour des raisons liées à l'élasticité du signal de parole évoquée précédemment (voir le Chapitre 8.). Ainsi, l'étude des valeurs relatives (figure 2) confirme la baisse de la durée vocalique en vitesse d'élocution rapide. Le [i] passe ainsi de 32 % de la durée VC en vitesse d'élocution normale à 22 % en vitesse d'élocution rapide. Pour ce qui est de la durée de la voyelle [a], elle constitue 41 % de la séquence en parole dite normale, et elle se réduit pour atteindre 27 % en vitesse accélérée. Enfin, la durée relative du [u] est également moins élevée en vitesse d'élocution rapide, puisqu'elle est de 21 % dans cette condition d'élocution, alors que la même voyelle occupe 33 % de l'ensemble VC. Notons que ce sont les voyelles qui subissent le taux le plus élevé de compression. Cela est déductible dans la Figure 86, puisque la

proportion de la consonne dans l'intervalle VC est la valeur complémentaire de celle de la voyelle.

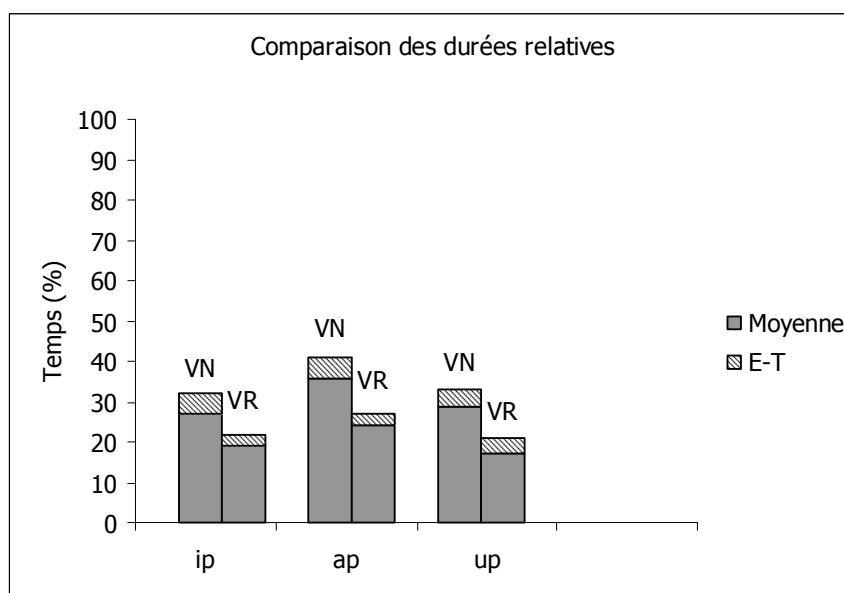


Figure 86. Durée relative des voyelles dans les séquences [ip], [ap] et [up] en vitesse d'élocution normale (VN) et en vitesse d'élocution rapide (VR), en contexte [p].

Etant donné qu'une réduction de la durée vocalique est observée en comparant les mêmes séquences en vitesses d'élocution normale et rapide, il serait intéressant, maintenant, de voir si la qualité des voyelles est également sensible à l'accélération de la vitesse d'élocution.

12.1.1.1.2. Espace vocalique

L'espace vocalique des locuteurs LC est présenté dans la Figure 87 avant d'être décrit plus précisément dans les sections qui suivent.

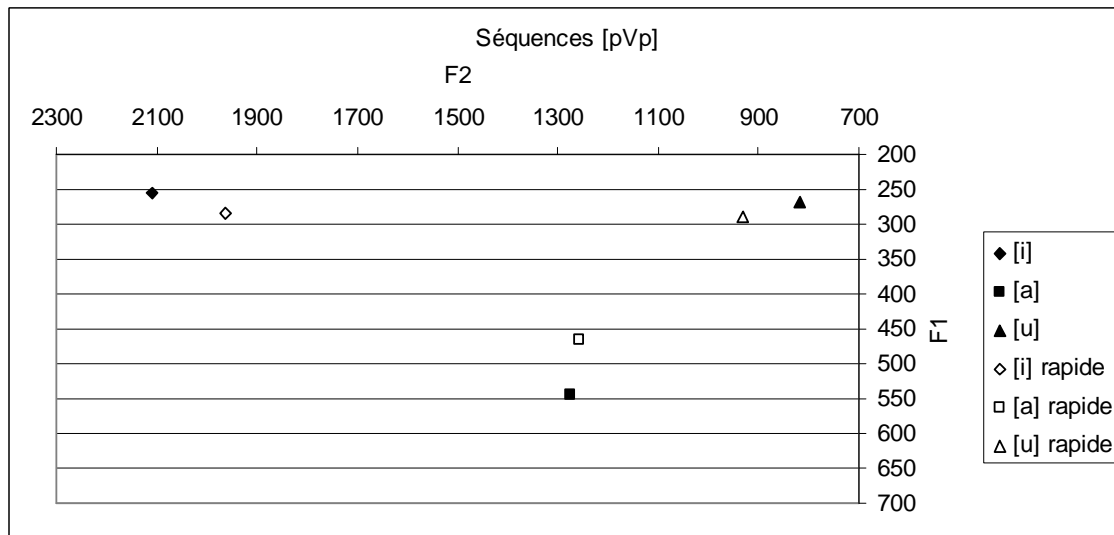


Figure 87. Comparaison vitesse d'élocution normale / vitesse d'élocution rapide des voyelles [i, a, u] chez les sujets témoins (LC). À noter que les points en noir marquent les résultats pour la vitesse d'élocution normale et que les points vides correspondent à la vitesse d'élocution rapide.

12.1.1.1.2.1. Structure formantique du [i]

La valeur moyenne de F1 a été mesurée à 256 Hz en moyenne, et celle de F2 à 2108 Hz lorsque les sujets témoins répétaient la voyelle [i] en vitesse d'élocution normale. L'augmentation de la vitesse d'élocution entraîne une hausse de la valeur de F1, qui passe de 256 Hz à 272 Hz. Parallèlement, F2 diminue puisque la mesure pour la seconde zone de résonance atteint 1954 Hz en vitesse d'élocution rapide, contre 2108 Hz lorsque les locuteurs n'avaient pas de consigne d'augmentation de leur vitesse d'élocution.

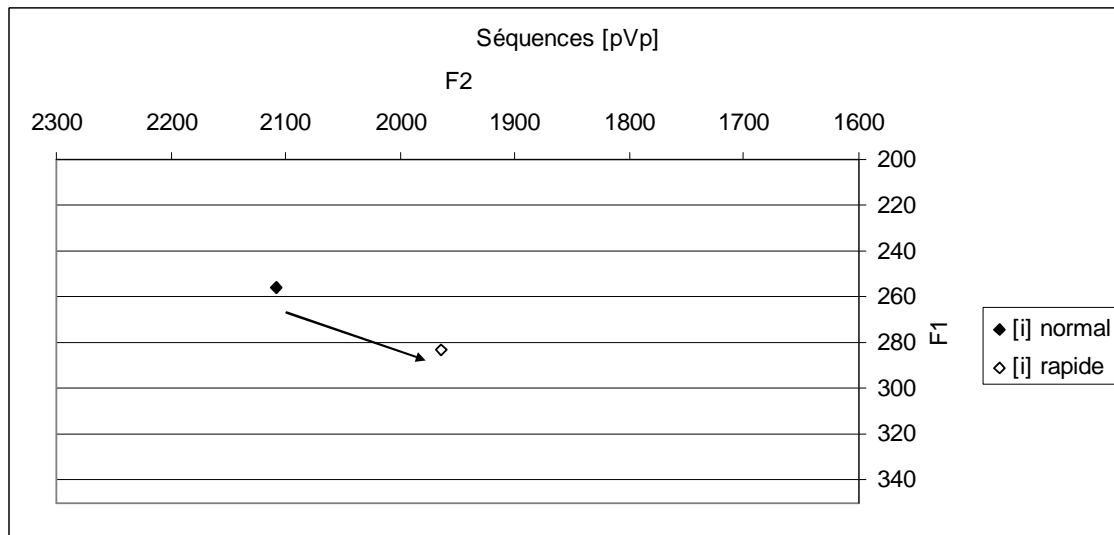


Figure 88. Modification de la structure formantique du [i] chez les sujets témoins lors du passage de la vitesse d'élocution normale à la vitesse d'élocution rapide.

12.1.1.1.2.2. Structure formantique du [a]

Pour ce qui est du [a], il est possible d'observer que le F1 est à 545 Hz et le F2 à 1276 Hz. Lorsque la vitesse d'élocution augmente, c'est principalement la valeur du premier formant qui se trouve modifiée, étant donné qu'elle passe de 545 Hz à 467 Hz. Quant à la deuxième zone de résonance, elle diminue légèrement (1276 Hz en vitesse d'élocution normale vs. 1258 Hz en vitesse d'élocution rapide).

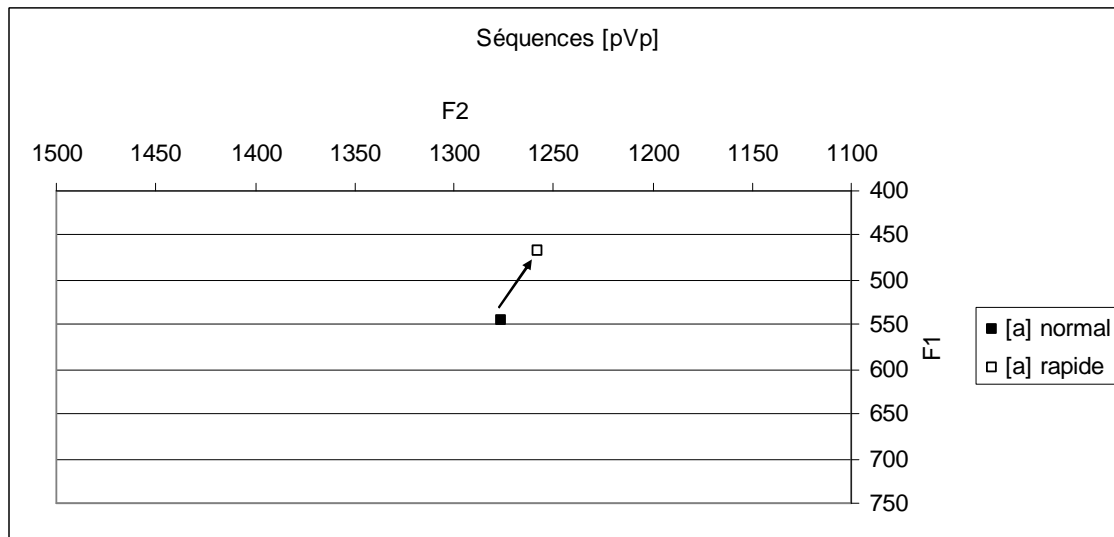


Figure 89. Modification de la structure formantique du [a] chez les sujets témoins lors du passage de la vitesse d'élocution normale à la vitesse d'élocution rapide.

12.1.1.1.2.3. Structure formantique du [u]

Tout comme pour les deux premières voyelles étudiées, l'accélération de la vitesse d'élocution entraîne une légère modification de la structure formantique pour le [u]. En effet, il est possible de constater que le F2 passe de 817 Hz à 931 Hz lorsque la vitesse d'élocution augmente. Pour ce qui est de F1, il est situé à 268 Hz en vitesse d'élocution normale et à 290 Hz en vitesse d'élocution rapide.

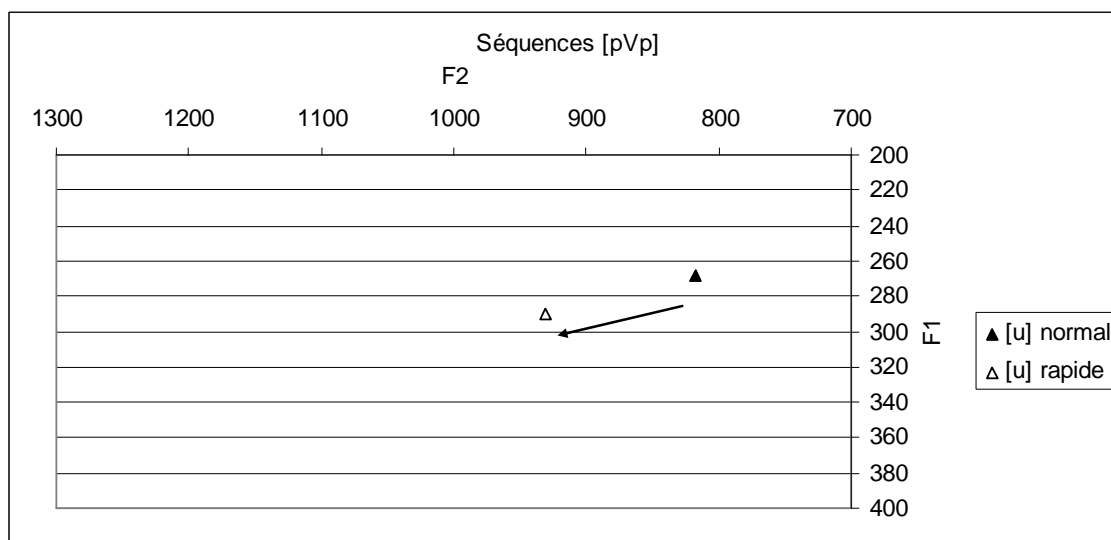


Figure 90. Modification de la structure formantique du [u] chez les locuteurs LC lors du passage de la vitesse d'élocution normale à la vitesse d'élocution rapide.

Ces modifications de la structure formantique des voyelles extrêmes du triangle vocalique ont des conséquences sur l'espace vocalique utilisé par le locuteur pour établir une différenciation entre les voyelles. En effet, nous observons une diminution de l'aire du triangle vocalique en vitesse d'élocution rapide.

12.1.1.1.3. Comparaison de l'aire des triangles vocaliques

Il est important de rappeler que le calcul de l'aire et la comparaison des triangles vocaliques n'ont pas de signification fonctionnelle à proprement parler. L'aire permet cependant d'obtenir une indication globale sur l'espace vocalique maximal utilisé pour obtenir une opposition qualitative entre les voyelles, ainsi que sur l'amplitude des mouvements réalisés à cette fin. Les valeurs obtenues sont données dans le tableau 3 et une visualisation des triangles vocaliques est possible dans la figure 91.

Tableau 3. Comparaison de l'aire des triangles vocaliques

Aire (Hz ²)	
Vitesse d'élocution normale	181.557
Vitesse d'élocution rapide	93.478
% de réduction	48

L'aire du triangle vocalique pour LC a été quantifiée à 162.776 Hz². En vitesse d'élocution rapide, il est possible de constater une réduction significative de cette surface, sa valeur passant alors de 162.776 Hz² à 89.425 Hz², soit une réduction de 45%.

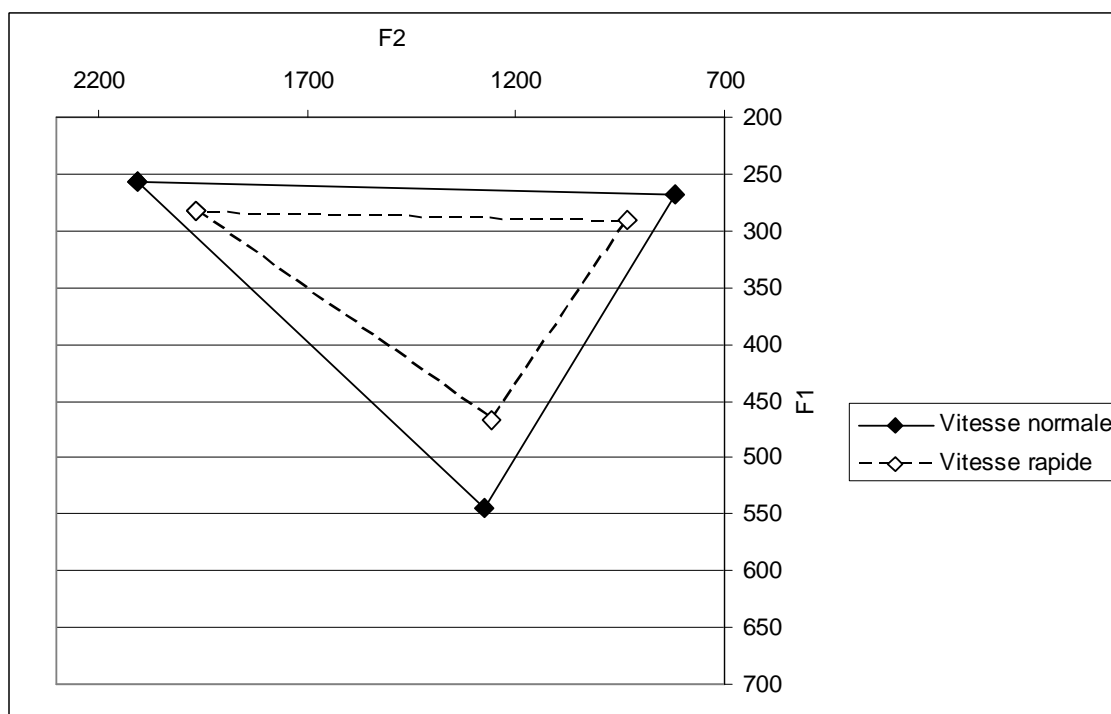


Figure 91. Comparaison de l'aire des triangles vocaliques en vitesse d'élocution normale et en rapide dans [pV].

Par conséquent, l'aire du triangle vocalique baisse de manière remarquable en vitesse d'élocution rapide. Il serait intéressant de vérifier si cette réduction entraîne également une diminution de la valeur des écarts-types.

12.1.1.1.4. Etude de la dispersion

L'augmentation de la vitesse d'élocution a pour effet d'augmenter la variabilité de la structure formantique du [i] et du [u]. Pour la première voyelle, nous observons que l'écart-type pour F1 passe de 32 Hz à 41 Hz et celui pour F2 de 62 Hz à 81 Hz. Quant à la variabilité pour la voyelle labialisée, son F1 varie de 30 Hz en vitesse d'élocution normale et de 41 Hz en vitesse d'élocution rapide. Une stagnation de la dispersion a également été notée pour F2

en vitesse accélérée (74 Hz vs. 80 Hz). Enfin, une légère diminution de la variabilité est observée pour le F1 du [a] (65 Hz vs. 52 Hz), tandis que le F2 de la même voyelle stagne (92 Hz vs. 88 Hz). Il est important de signaler que ces résultats doivent être pris avec précaution, dans la mesure où les études individuelles des locuteurs n'ont pas toujours révélé ces tendances.

12.1.1.1.5. Etude de la coarticulation

Les Figures 92 à 94 montrent les équations du locus pour [pi], [pa], [pu]. L'analyse de la figure 92 montre, pour la séquence [pi], que la coarticulation est plus importante en vitesse d'élocution rapide ($R^2 = 0,86$) qu'en vitesse d'élocution normale ($R^2 = 0,67$).

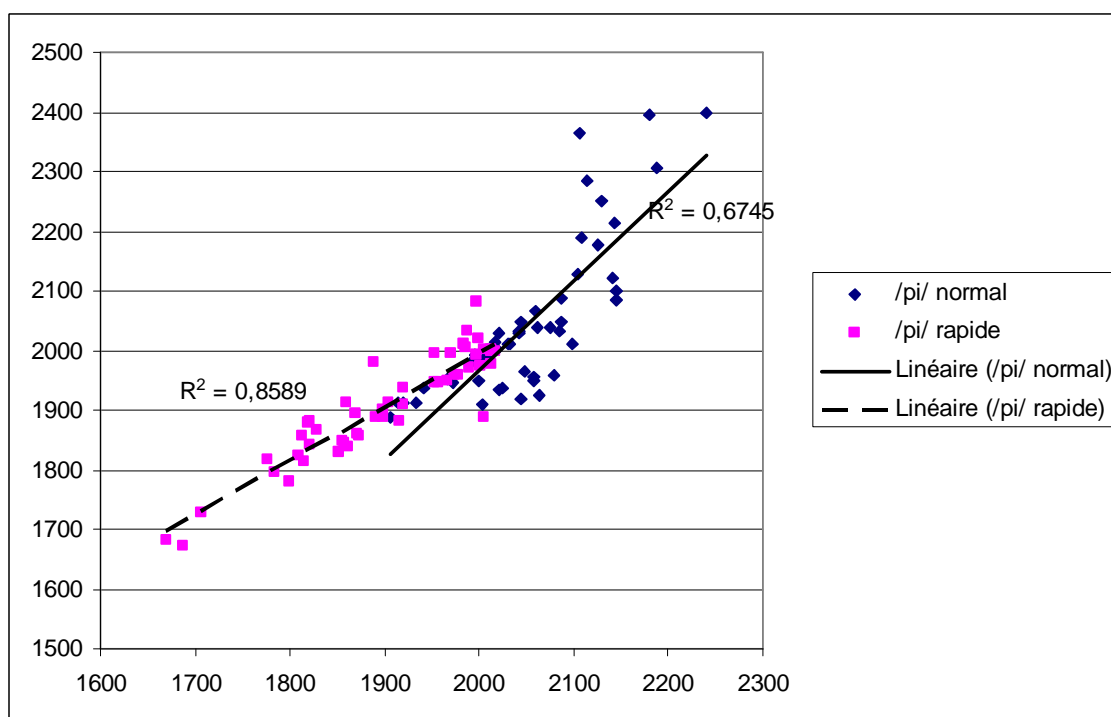


Figure 92. Equation du locus pour la séquence [pi] prononcée en vitesses d'élocution normale et rapide.

En ce qui concerne la séquence [pa], on peut voir que les coefficients de l'équation du locus sont moindres par rapport à la syllabe [pi]. En effet, R^2 a été quantifié à 0,47 en vitesse d'élocution normale et à 0,52 en vitesse d'élocution rapide. Cela révélerait une coarticulation moins prononcée entre [p] et [a] comparé à [p] et [i].

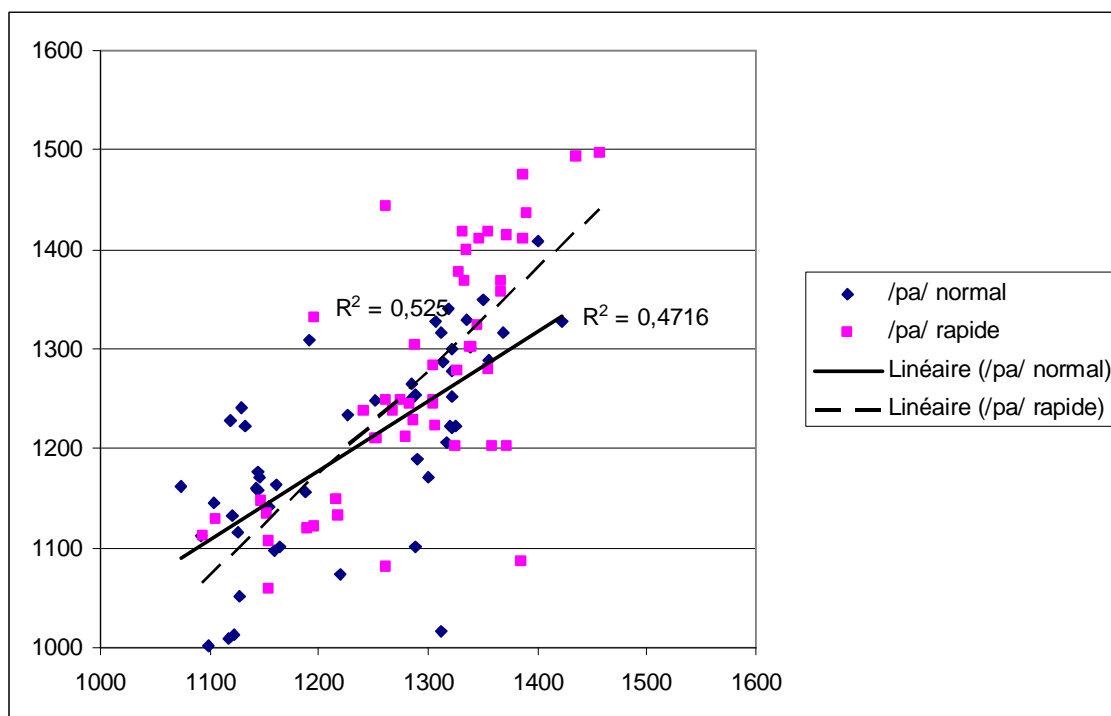


Figure 93. Equation du locus pour la séquence [pa] prononcée en vitesses de locution normale et rapide.

Pour ce qui est de la séquence [pu], nous observons que la coarticulation est à nouveau (légèrement) plus élevée en vitesse rapide : le coefficient a été calculé à 0,56 dans cette condition, alors qu'il est de 0,52 lorsque le locuteur parle « normalement ».

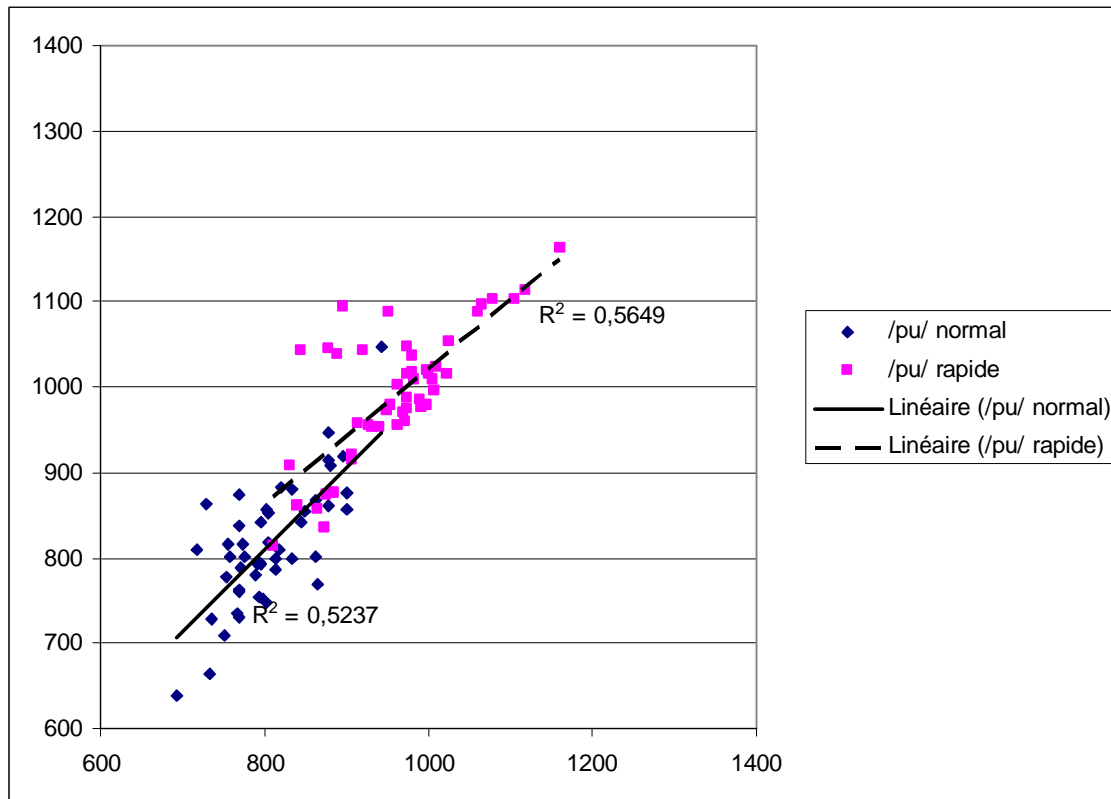


Figure 94. Equation du locus pour la séquence [pu] prononcée en vitesses d'élocution normale et rapide.

En résumé, la coarticulation semble plus élevée en vitesse d'élocution rapide pour les trois séquences étudiées.

12.3.2. Séquences [tV] et [kV]

12.3.2.1. Durées vocaliques

Comme dans le contexte précédent [pV], une compression de la durée vocalique est observée lorsque la vitesse d'élocution est augmentée pour ces séquences [tV] et [kV] (voir Figures 95 et 96). De ce fait, il semblerait ici aussi pertinent de vérifier si cette modification quantitative a des répercussions sur le plan qualitatif de la voyelle.

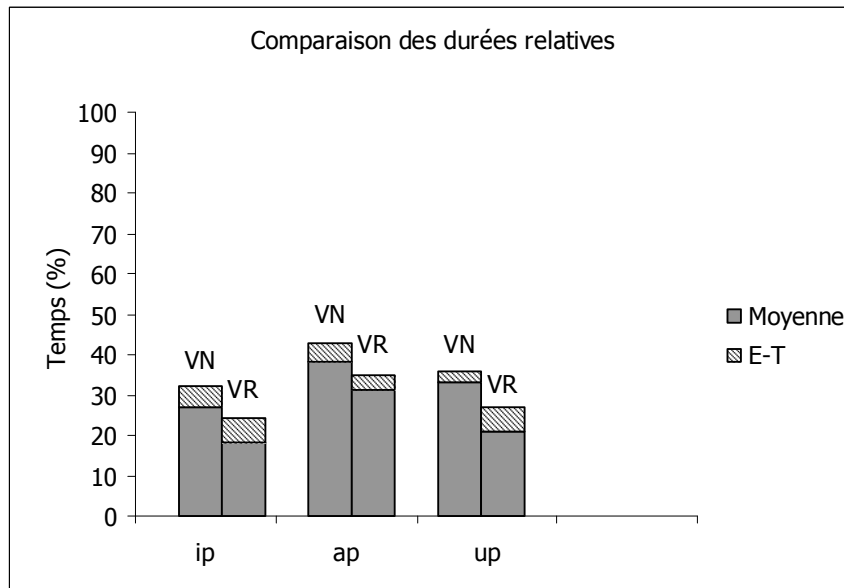


Figure 95. Durée relative des voyelles dans les séquences [ip], [ap] et [up] en vitesse d'élocution normale (VN) et en vitesse d'élocution rapide (VR), en contexte [t].

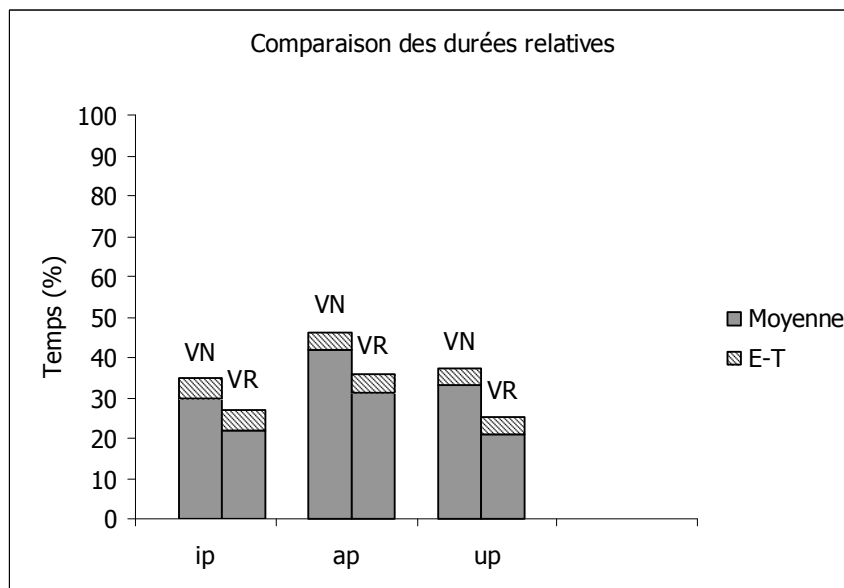


Figure 96. Durée relative des voyelles dans les séquences [ip], [ap] et [up] en vitesse d'élocution normale (VN) et en vitesse d'élocution rapide (VR), en contexte [k].

12.3.2.2. Espace vocalique

L'espace vocalique des locuteurs LC est présenté dans la figure 3 avant d'être décrit plus précisément dans les sous-parties qui suivent.

Les changements observés pour les voyelles [i], [a] et [u] sur le plan quantitatif ont des conséquences sur l'espace vocalique qui a été employé par le locuteur pour établir une différenciation entre les voyelles, comme cela a été le cas en contexte [pV]. En effet, nous observons une diminution de laire du triangle vocalique en vitesse d'élocution rapide, aussi bien dans le contexte [tV] que [kV] (voir Figures 97 et 98).

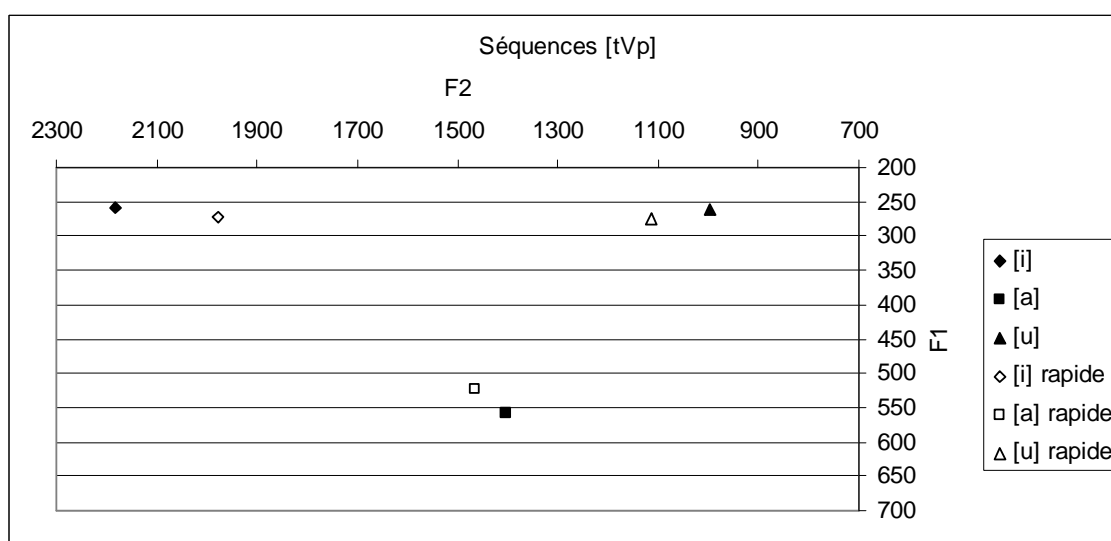


Figure 97. Comparaison vitesse d'élocution normale / vitesse d'élocution rapide des voyelles [i, a, u] chez les sujets témoins. À noter que les points en noir marquent les résultats pour la vitesse d'élocution normale et que les points vides correspondent à la vitesse d'élocution rapide.

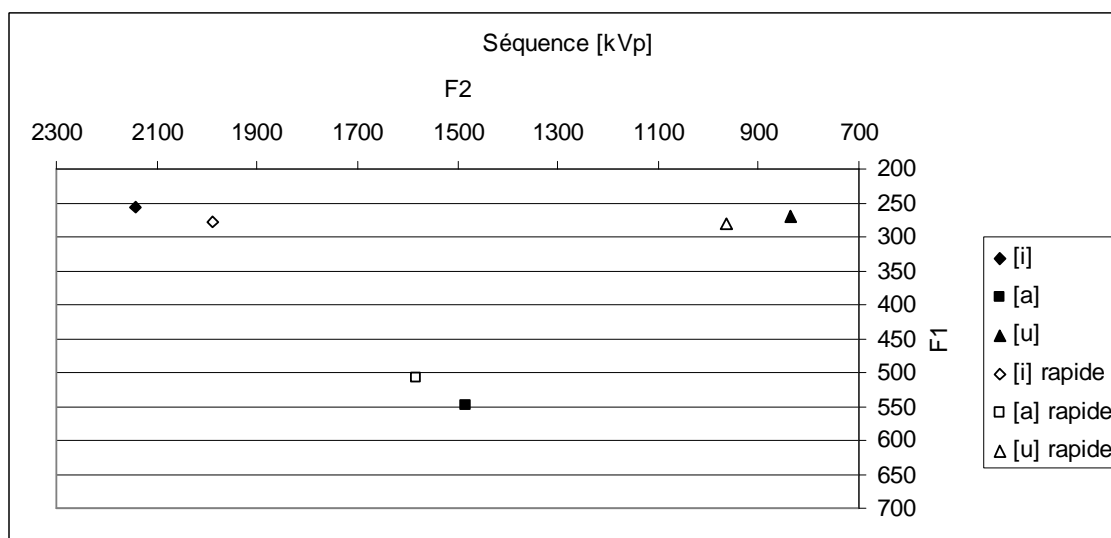


Figure 98. Comparaison vitesse d'élocution normale / vitesse d'élocution rapide des voyelles [i, a, u] chez les locuteurs LC. À noter que les points en noir marquent les résultats pour la vitesse d'élocution normale et que les points vides correspondent à la vitesse d'élocution rapide.

12.3.2.3. Comparaison de l'aire des triangles vocaliques

Les valeurs obtenues sont données dans le Tableau 4. On constate que l'aire du triangle vocalique diminue en vitesse d'élocution rapide dans les deux contextes.

Tableau 4. Comparaison de l'aire des triangles vocaliques

Aire (Hz ²)	[tV]	[kV]
Vitesse d'élocution normale	176.473	173.970
Vitesse d'élocution rapide	101.745	112.556
% de réduction	42	35

12.3.2.4. Etude de la coarticulation

La Figure 99 montre les équations du locus pour [ti], [ta], [tu] (à gauche) et [ki] [ka] [ku] (à droite).

On voit que le degré de coarticulation entre la consonne [t] et la voyelle [i] semble important, dans la mesure où le coefficient de régression du locus est de 0,55 en vitesse normale et de 0,71 en vitesse rapide.

Il en va de même pour la séquence [ta], R^2 étant de 0,78 en vitesse d'élocution normale et de 0,82 en vitesse d'élocution rapide.

En ce qui concerne la syllabe [tu], nous observons des coefficients relativement faibles, tant en vitesse d'élocution normale ($R^2 = 0,28$) qu'en vitesse rapide ($R^2 = 0,16$). Pour la séquence [ki], il en ressort que la coarticulation est moins importante en vitesse normale ($R^2 = 0,69$) qu'en vitesse rapide ($R^2 = 0,84$).

En ce qui concerne la coarticulation au sein de la syllabe [ka], l'équation du locus montre un résultat également plus élevé en vitesse rapide ($R^2 = 0,69$) qu'en vitesse normale ($R^2 = 0,52$).

Quant à la syllabe [ku], les résultats vont dans le même sens : la coarticulation est plus importante lorsque le locuteur parle rapidement ($R^2 = 0,81$) par rapport aux répétitions en vitesse normale ($R^2 = 0,52$).

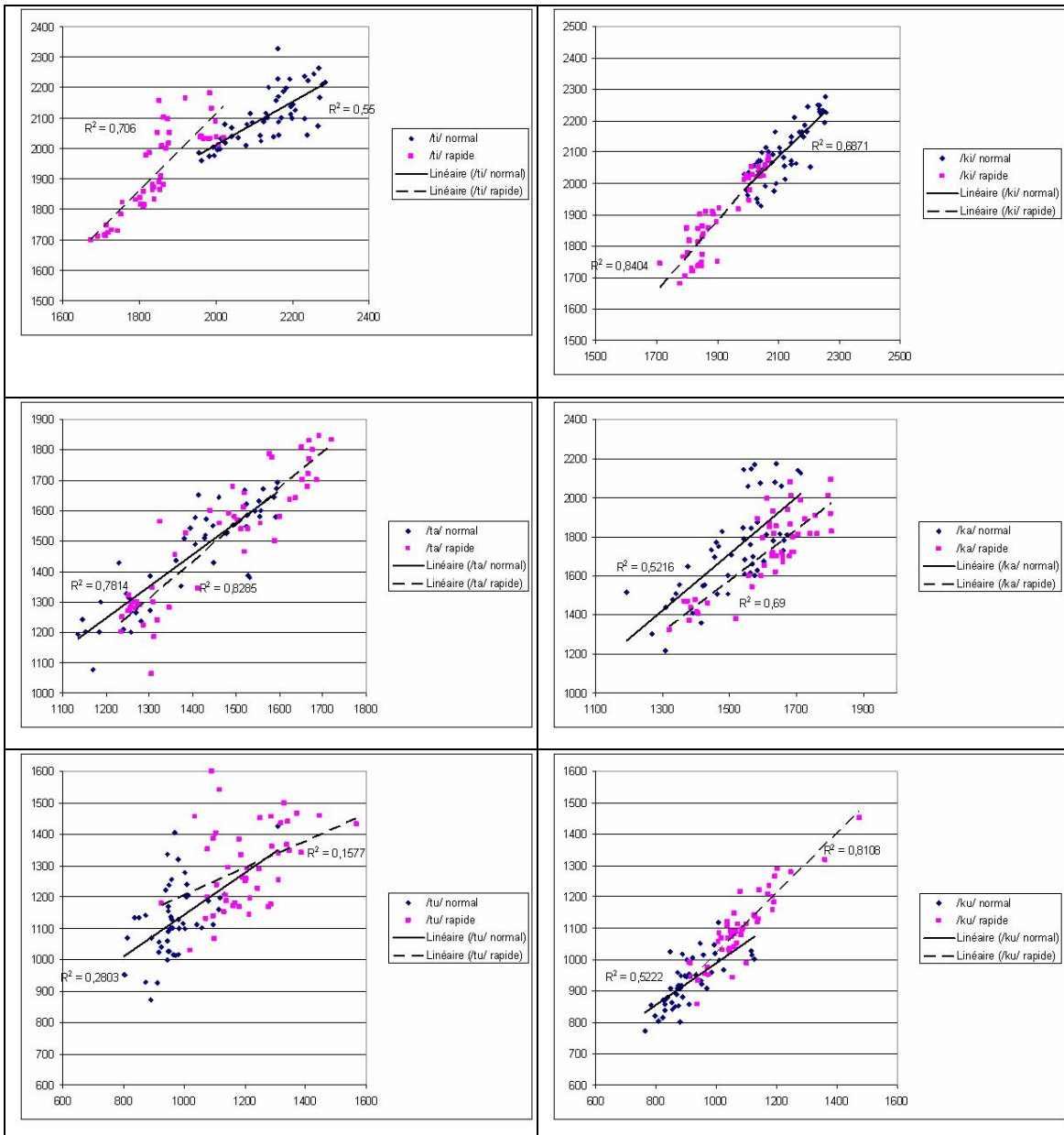


Figure 99. Equation du locus pour les séquences [ti], [ta], [tu] (à gauche) et [ki], [ka], [ku] (à droite) prononcées en vitesses d'élocution normale et rapide.

De fait, les résultats semblent montrer que la coarticulation est plus élevée lorsque les locuteurs de contrôle parlent dans une vitesse d'élocution rapide. Ce constat est moins prononcé pour la séquence [tu].

12.3.3. Pour résumer

On observe une modification des valeurs F1 et F2 en vitesse d'élocution rapide pour chacune des voyelles mesurées, modification qui a pour conséquence une réduction de l'aire du triangle vocalique en vitesse d'élocution rapide. En ce qui concerne la dispersion, nous observons que la variabilité de la structure formantique des voyelles ne diminue pas systématiquement lorsque le triangle vocalique se restreint.

L'étude des Figures 100 et 101 permet de voir que la voyelle [i] semble qualitativement similaire dans les trois contextes étudiés. C'est principalement la voyelle [u] qui paraît la plus sensible au contexte consonantique : dans le cas où la consonne précédant la voyelle labialisée est une alvéolaire, la voyelle s'antécipise davantage par rapport aux cas où la consonne ne requiert pas un geste lingual (le [p]). Pour la production de la séquence [ku], avec une « cible » consonantique relativement variable sur une surface allant du palais jusqu'au voile (voir Vaxelaire, 1993 pour des données en cinéroradiographie), la position linguale (supposée) de la voyelle reste dans la zone vélaire. Quant à la voyelle [a], elle a tendance à occuper une position plus postérieure quand la consonne est [p], position de prédilection en absence d'une contrainte consonantique linguale. Notons que ces scénarii sont maintenus en vitesse d'élocution rapide, attestant ainsi de la robustesse du résultat.

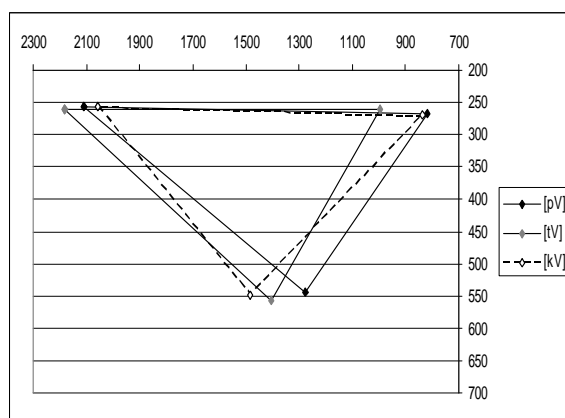


Figure 100. Comparaison des séquences [pV], [tV] et [kV] produites par les locuteurs de contrôle en vitesse d'élocution normale.

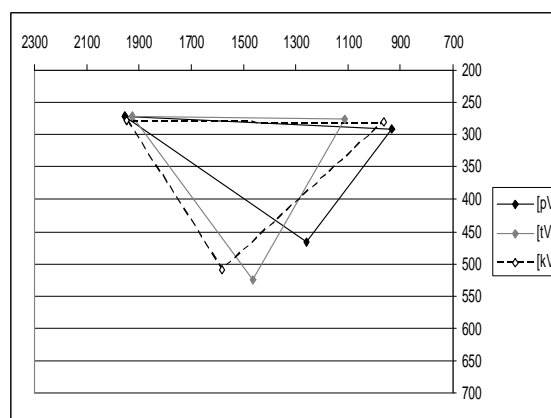


Figure 101. Comparaison des séquences [pV], [tV] et [kV] produites par les locuteurs de contrôle en vitesse d'élocution rapide.

En ce qui concerne l'aire du triangle vocalique, on peut voir qu'elle est légèrement plus importante pour la séquence [kV], en vitesses normale et rapide. De plus, la superficie du triangle vocalique pour les séquences [pV] et [tV] semble être d'une dimension similaire en vitesse d'élocution normale ; en vitesse d'élocution rapide, l'espace vocalique est plus restreint pour la séquence [pV].

Tableau 5. Comparaison de l'aire des triangles vocaliques dans trois contextes, et selon la vitesse d'élocution.

Aire (Hz ²)	[pV]	[tV]	[kV]
Vitesse d'élocution normale	181.557	176.473	173.970
Vitesse d'élocution rapide	93.478	101.745	112.556
% de réduction	48	42	35

Pour résumer, la réduction de la durée vocalique observée en vitesse d'élocution rapide entraîne une modification de la structure formantique des voyelles, modification qui se traduit par un phénomène d'« *undershoot* ». Il serait intéressant de vérifier si ce même phénomène a également lieu dans les séquences produites par les bègues.

12.3.4. Etude de la durée vocalique et de l'espace vocalique chez les locuteurs bègues

Comme pour la description de la durée et de l'espace vocalique de LC, nous proposons d'abord une description systématique des résultats pour la séquence [pV], puis une présentation synthétique pour les deux autres contextes, à savoir [tV] et [kV].

12.3.4.1. Etude de l'espace vocalique en fonction de la durée vocalique

12.3.4.1.1. Séquences [pV]

12.3.4.1.1.1. Durée vocalique

Des trois voyelles étudiées en contexte [pVp], le [a] est la plus longue en vitesse d'élocution normale, puisqu'elle a été mesurée en moyenne à 77 ms. Celle-ci diminue lorsque le débit augmente, puisqu'elle a été quantifiée à 49 ms lorsque le locuteur parlait rapidement

(Figure 102). Il est à noter que la voyelle de grande ouverture est également la plus longue en vitesse d'élocution rapide.

Pour ce qui est du [i], il a été quantifié à 67 ms en vitesse d'élocution normale et il n'est plus que de 39 ms en vitesse d'élocution rapide.

Quant au [u], il est de 61 ms en vitesse d'élocution normale et de 36 ms lorsque le sujet parlant a une contrainte de rapidité.

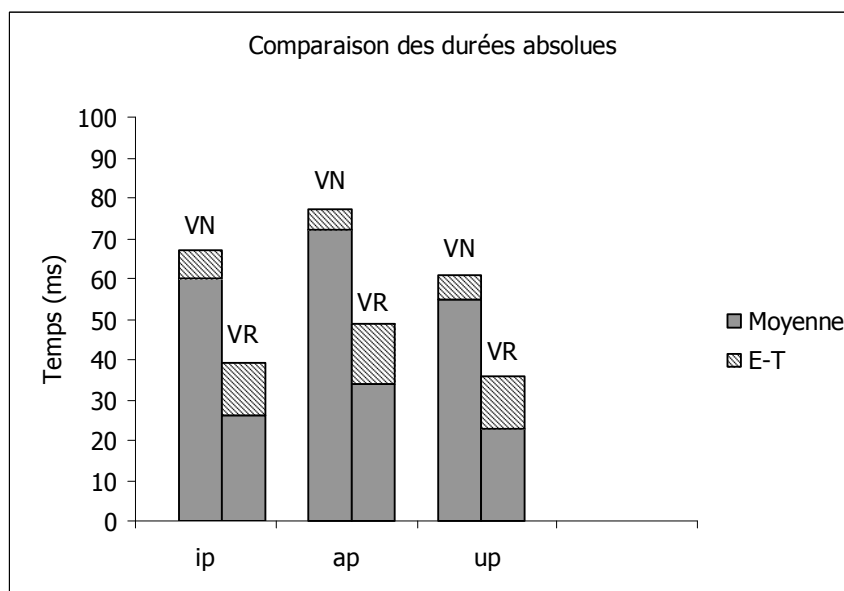


Figure 102. Comparaison de la durée vocalique absolue pour les séquences [ip], [ap] et [up] en vitesse d'élocution normale (VN) et en vitesse d'élocution rapide (VR), en contexte [p].

L'étude des valeurs relatives (Figure 103) confirme une baisse de la durée vocalique en vitesse d'élocution rapide. Le [i] passe ainsi de 40 % de la durée VC en vitesse d'élocution normale à 34 % en vitesse d'élocution rapide. Pour ce qui est de la durée de la voyelle [a], elle constitue 42 % de la séquence en parole dite normale et se réduit pour atteindre 37 % en vitesse accélérée. Enfin, la durée relative du [u] est également moins élevée en vitesse d'élocution rapide, puisqu'elle est de 38 % dans cette condition d'élocution, alors que la voyelle labialisée s'étend sur 32 % de l'ensemble VC en vitesse d'élocution normale. Toutes les voyelles sont comprimées avec l'augmentation de la vitesse d'élocution, les consonnes résistant davantage aux effets de la vitesse rapide.

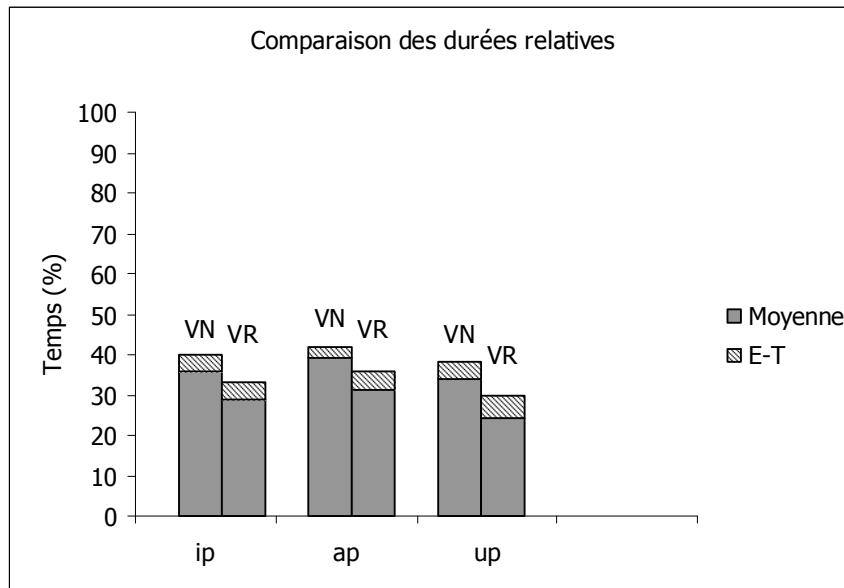


Figure 103. Durée relative des voyelles dans les séquences [ip], [ap] et [up] en vitesse d'élocution normale (VN) et en vitesse d'élocution rapide (VR), en contexte [p].

Etant donné qu'une réduction de la durée vocalique est observée en comparant les mêmes séquences en vitesses d'élocution normale et rapide, il serait intéressant, maintenant, de voir si la qualité des voyelles est également sensible à l'accélération de la vitesse d'élocution.

12.3.4.1.1.2. Espace vocalique

Contrairement aux locuteurs de contrôle de la section XXX, les changements de qualité vocalique sont nettement moins visibles en vitesse d'élocution rapide pour ce locuteur. Pour ainsi dire, il semblerait que la structure formantique des voyelles soit équivalente dans les deux conditions.

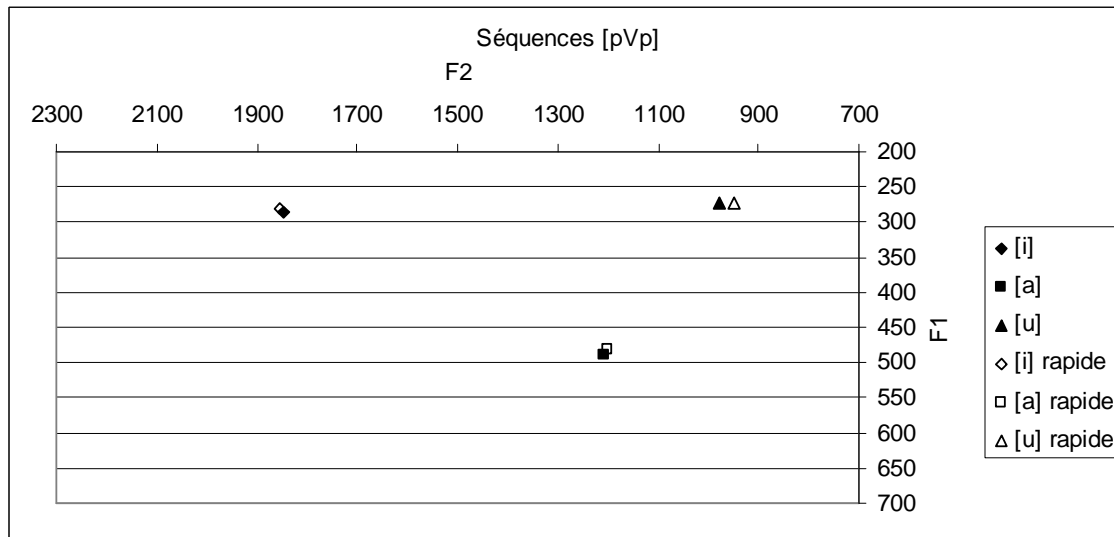


Figure 103. Comparaison vitesse d'élocution normale / vitesse d'élocution rapide des voyelles [i, a, u] chez les personnes bègues. À noter que les points en noir marquent les résultats pour la vitesse d'élocution normale et que les points vides correspondent au débit accéléré.

12.2.3.4.1.1.2.1. Structure formantique du [i]

La première zone de résonance de la voyelle [i] a été quantifiée à 286 Hz et la deuxième était de l'ordre de 1847 Hz pour les locuteurs bègues. L'augmentation de la vitesse d'élocution n'entraîne pas de modification profonde de la structure formantique de la voyelle. En effet, il est possible d'observer une stabilité des valeurs pour F1 (286 Hz en vitesse d'élocution normale vs. 282 Hz en vitesse d'élocution rapide) et pour F2 (1847 Hz vs. 1855 Hz). Par conséquent, il n'y a pas de différence significative entre les productions de la voyelle [i] en vitesses d'élocution normale et rapide, pour les locuteurs souffrant de blocages dans la parole.

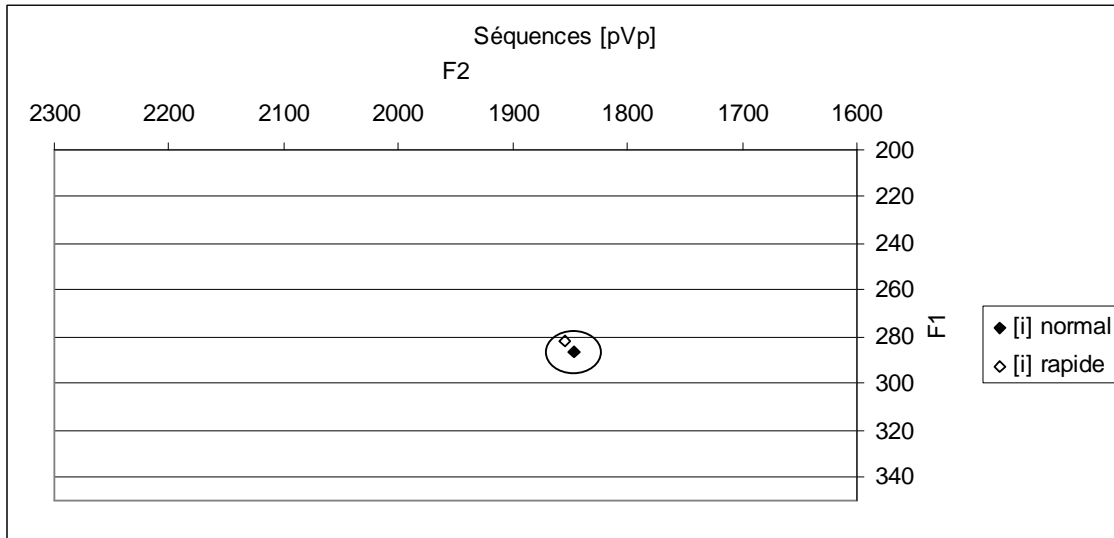


Figure 104. Structure formantique du [i] chez les sujets bègues lors du passage de la vitesse d'élocution normale à la vitesse d'élocution rapide.

12.2.3.4.1.2.2. Structure formantique du [a]

L'étude de la structure formantique du [a] en vitesse d'élocution normale chez les bègues indique que F1 se situe à 489 Hz en moyenne et F2 à 1203 Hz. Aucune différence significative n'a été notée lorsque la vitesse d'élocution du locuteur bègue augmente : F1 atteint alors 482 Hz et F2 1200 Hz.

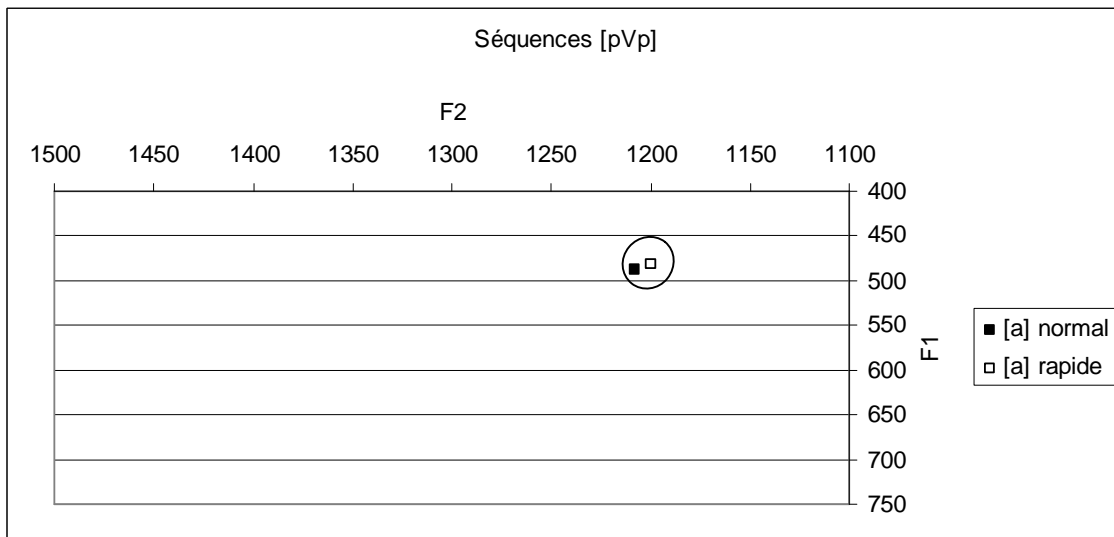


Figure 105. Structure formantique du [a] chez les sujets bègues lors du passage de la vitesse d'élocution normale à la vitesse d'élocution rapide.

12.2.3.4.1.1.2.3. Structure formantique du [u]

Le premier formant de la voyelle [u] pour les locuteurs LB est à 274 Hz et le deuxième se situe à 978 Hz. Il est intéressant de noter que les valeurs F1 et F2 du [u] sont quasiment identiques pour le locuteur bègue dans les deux vitesses d'élocution, puisque les deux premiers formants sont respectivement à 272 Hz et à 948 Hz lorsque les locuteurs parlent rapidement.

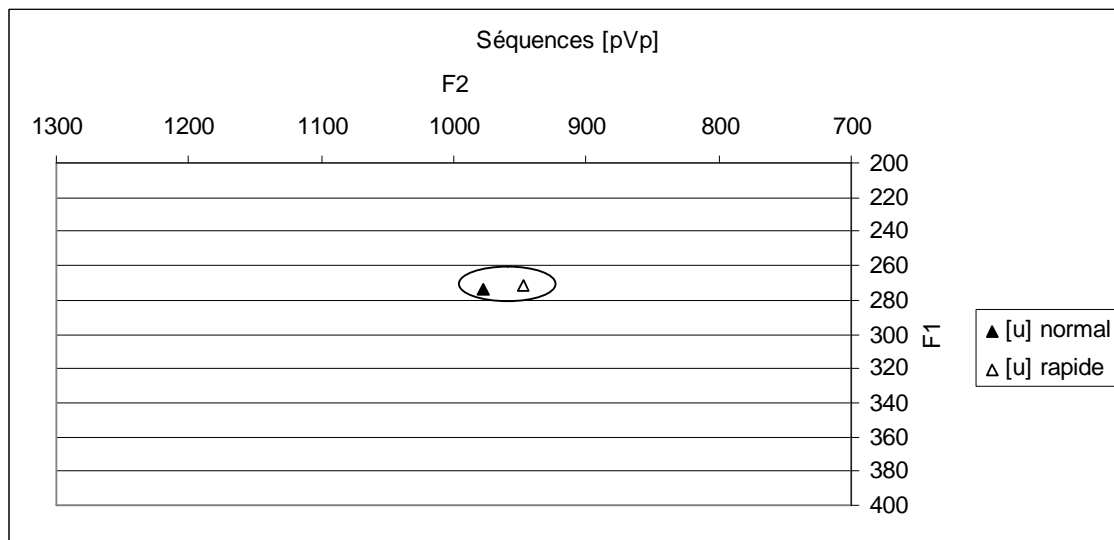


Figure 106. Structure formantique du [u] chez les sujets bègues lors du passage de la vitesse d'élocution normale à la vitesse d'élocution rapide.

12.3.4.1.1.3. Calcul de l'espace vocalique

Il est tout d'abord intéressant de noter que l'aire du triangle vocalique, en vitesse d'élocution normale, est à 91.712 Hz² pour ce locuteur (Tableau 6). Autrement dit, la distinction des voyelles s'effectue sur une surface à peu près deux fois moins élevée par rapport à l'espace moyen obtenu pour les locuteurs de contrôle.

De plus, contrairement aux résultats obtenus pour les locuteurs de contrôle, aucune réduction de l'aire du triangle vocalique n'est constatée en vitesse d'élocution rapide. Au contraire, celle-ci reste stable, en passant de 91.712 Hz² à 96.119 Hz².

Tableau 6. Comparaison de l'aire des triangles vocaliques.

Aire (Hz ²)	
Vitesse d'élocution normale	92.037
Vitesse d'élocution rapide	93.975
% de réduction	-2

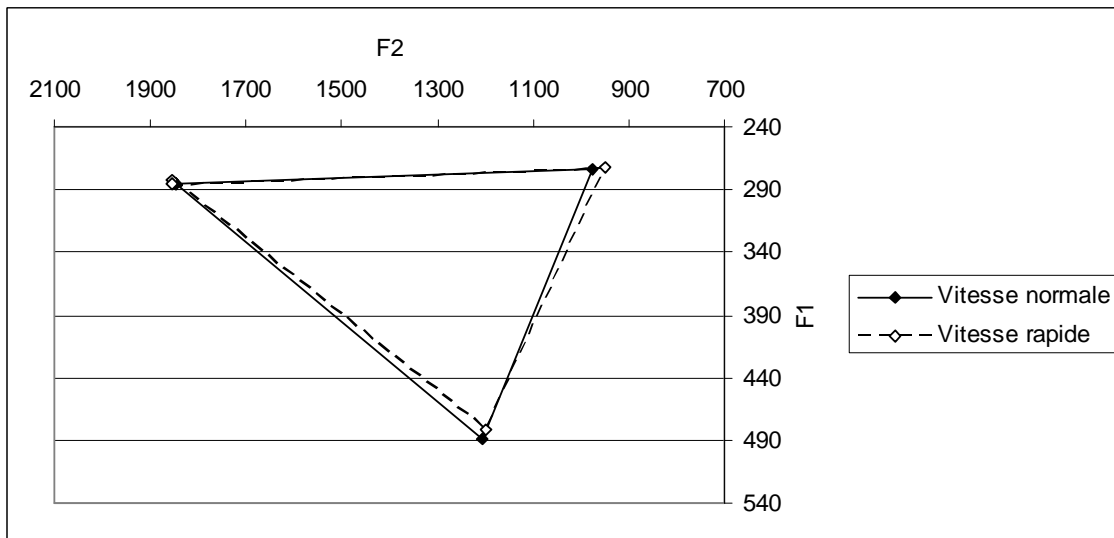


Figure 107. Comparaison de l'aire des triangles vocaliques en vitesses d'élocution normale et en rapide pour les séquences [pV].

12.3.4.1.1.4. Etude de la dispersion

La variabilité est sensiblement la même lorsque la vitesse d'élocution augmente. En effet, il a été possible de constater que :

- la variabilité du F1 du [i] passe de 22 Hz en vitesse d'élocution normale à 29 Hz en vitesse d'élocution rapide ;
- la variabilité du F2 du [i] se situe à 138 Hz en vitesse d'élocution normale et à 169 Hz en vitesse d'élocution rapide ;

- l'écart-type pour le F1 du [a] est à 38 Hz lorsque le locuteur parle sans consigne d'élocution ; il est à 45 Hz lorsqu'il a une contrainte de rapidité ;
- l'écart-type pour le F2 du [a] est de 52 Hz en vitesse d'élocution normale, tandis qu'il est de 65 Hz en vitesse d'élocution rapide ;
- l'écart-type du deuxième formant du [u] reste relativement stable en vitesse d'élocution rapide, passant de 132 Hz en vitesse d'élocution normale à 122 Hz en rapide ;
- la dispersion pour le F1 du [u] est de 70 Hz en vitesse d'élocution normale et de 72 Hz en vitesse d'élocution rapide.

12.3.4.1.1.5. Etude de la coarticulation

Pour les sujets bègues, en vitesse d'élocution normale, le coefficient de l'équation du locus pour [pi] a été évalué à 0,17, alors qu'il est de 0,38 en vitesse rapide.

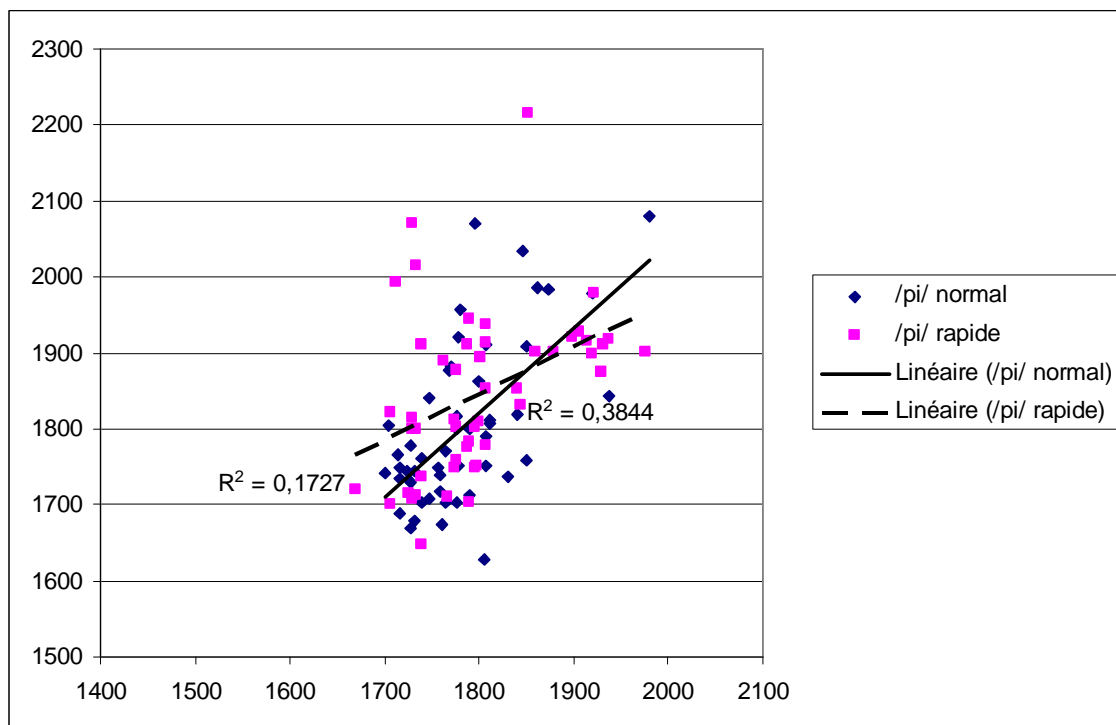


Figure 108. Equation du locus pour la séquence [pi] prononcée en vitesses d'élocution normale et rapide.

La coarticulation semble également légèrement plus importante en vitesse rapide pour la séquence [pa], étant donné que le coefficient est de 0,50 en vitesse normale et de 0,52 en rapide.

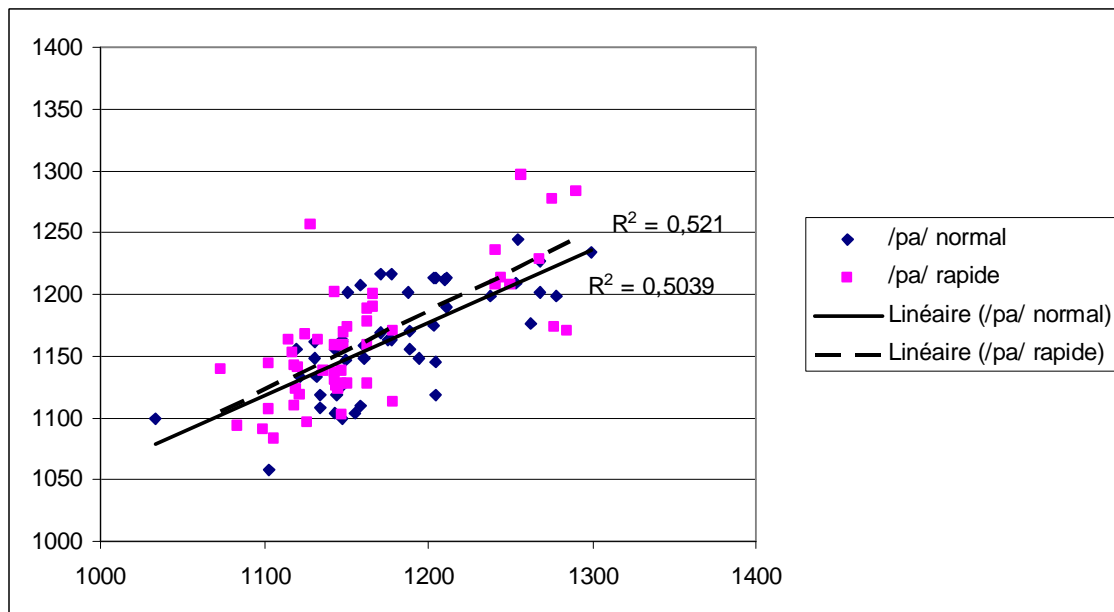


Figure 109. Equation du locus pour la séquence [pa] prononcée en vitesses d'élocution normale et rapide.

En ce qui concerne la séquence [pu], elle est réalisée avec une coarticulation plus élevée en vitesse d'élocution rapide ($R^2 = 0,9$) qu'en vitesse d'élocution normale ($R^2 = 0,8$).

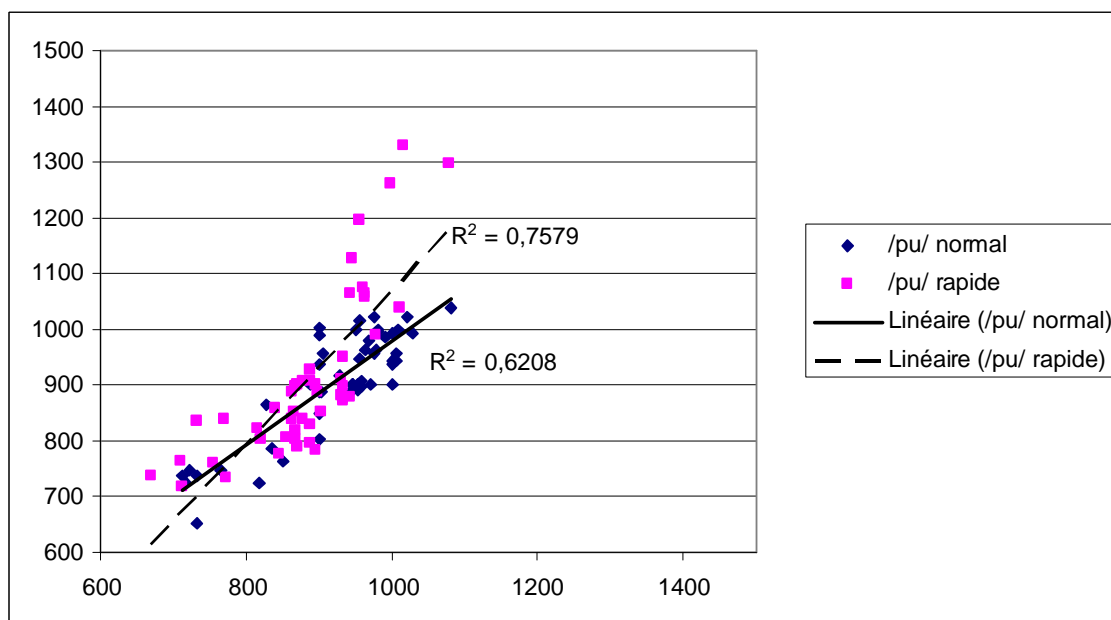


Figure 110. Equation du locus pour la séquence [pu] prononcée en vitesses d'élocution normale et rapide.

Au total, la coarticulation semble plus importante en vitesse d'élocution rapide pour les trois séquences.

12.3.4.1.2. Séquences [tV] et [kV]

12.3.4.1.2.1. Durée vocalique

L'étude des valeurs relatives révèle également une réduction des durées vocaliques, dont certaines de ces réductions sont significatives. En effet, il est possible d'observer que le [a] constitue 41 % de la séquence [ta] en vitesse d'élocution normale et 33 % en vitesse d'élocution rapide. Quant au [i], il a été évalué à 30 % de l'élément étudié en vitesse d'élocution normale, et à 26 % en vitesse d'élocution rapide. De même, le [u] a été quantifié à 32 % lorsque le locuteur parle normalement et à 25 % lorsqu'il parle rapidement.

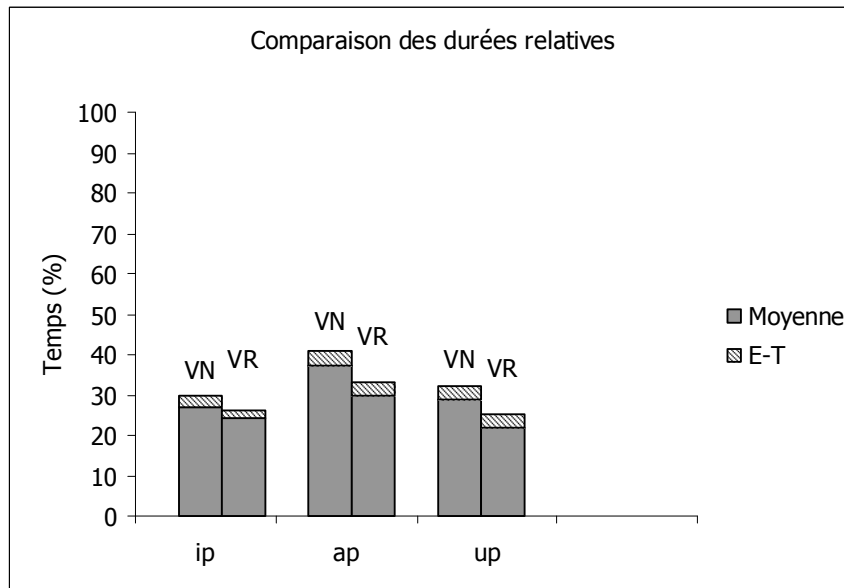


Figure 111. Durée relative des voyelles dans les séquences [ip], [ap] et [up] en vitesse d'élocution normale (VN) et en vitesse d'élocution rapide (VR), en contexte [t].

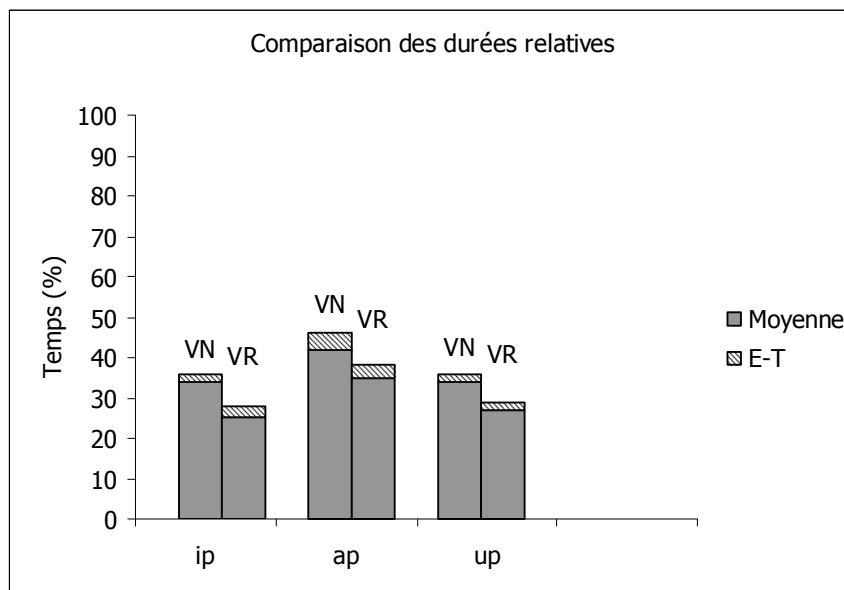


Figure 112. Durée relative des voyelles dans les séquences [ki], [ka] et [ku] en vitesse d'élocution normale (VN) et en vitesse d'élocution rapide (VR), en contexte [k].

Tout comme pour les locuteurs de contrôle, la durée des voyelles baisse en vitesse rapide. Cela dit, ces changements n'entraînent pas de modification de l'espace vocalique, comme il est possible de le constater dans la partie suivante.

12.3.4.1.2.2. Espace vocalique

L'étude qualitative de [i, a, u] en vitesses d'élocution normale et rapide montre une stabilité de la structure formantique pour les voyelles. Cela peut s'expliquer par le fait que cette structure est déjà relativement réduite en vitesse d'élocution normale.

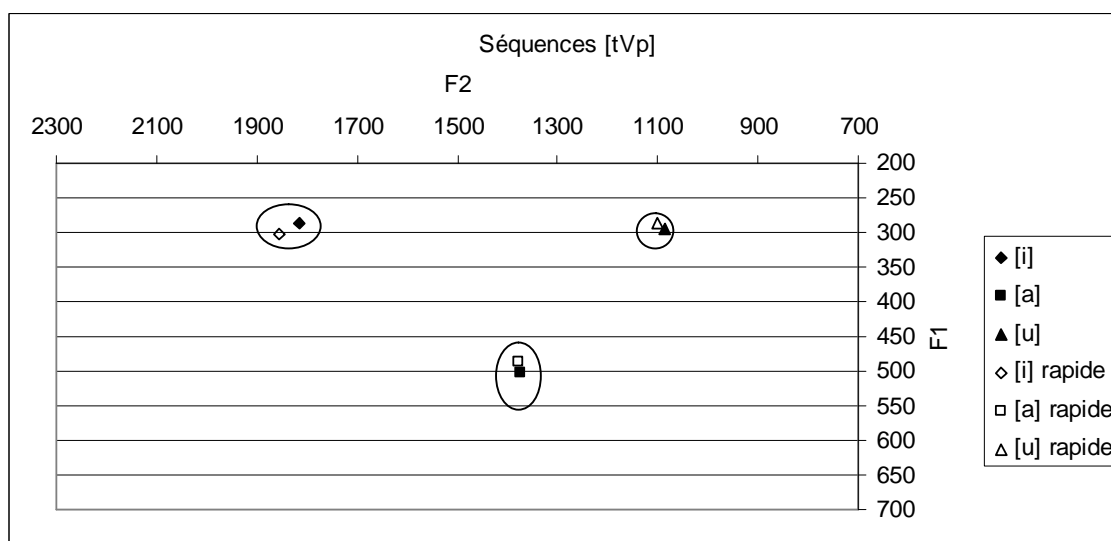


Figure 113. Comparaison vitesse d'élocution normale / vitesse d'élocution rapide des voyelles [i, a, u] chez les locuteurs LB. À noter que les points en noir marquent les résultats pour la vitesse d'élocution normale et que les points vides correspondent au débit accéléré.

La modification de la durée vocalique n'engendre pas de changement significatif au niveau de la qualité des voyelles. Celle-ci reste stable, en effet, et ce malgré la compression de la durée vocalique. Ce résultat suggère que la compression subie par les voyelles n'a pas franchi un seuil de « tolérance » ou critique en ce qui concerne la préservation de l'identité des voyelles. En effet, aucune compression n'a été faite en deçà des 20% du domaine VC pour les voyelles de petite aperture et des 30% du même domaine pour la voyelle de grande aperture (voir Sock, 1983 pour des valeurs similaires).

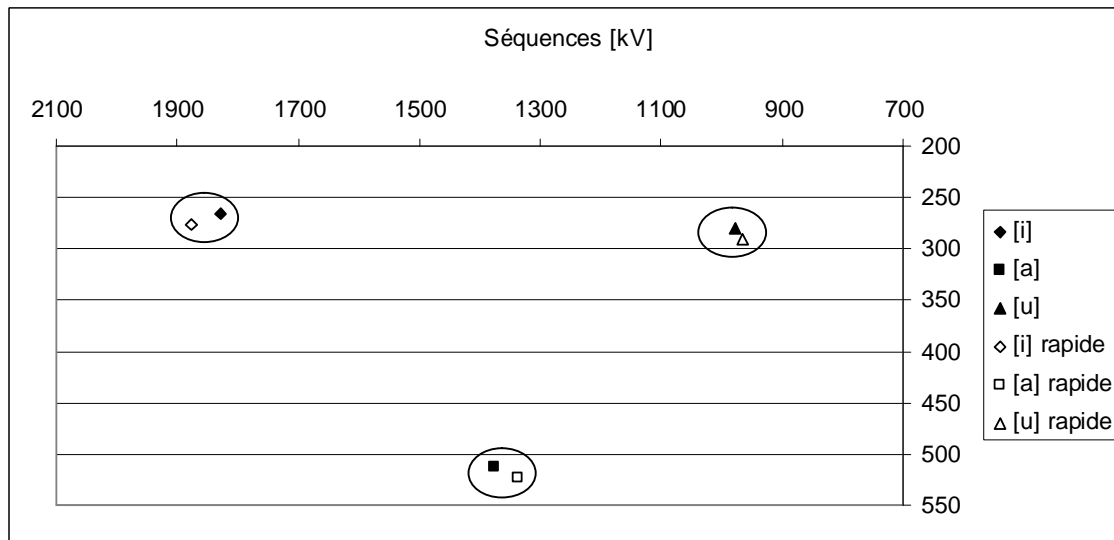


Figure 114. Comparaison vitesse d'élocution normale / vitesse d'élocution rapide des voyelles [i, a, u] chez les locuteurs bègues. À noter que les points en noir marquent les résultats pour la vitesse d'élocution normale et que les points vides correspondent au débit accéléré.

12.3.4.1.2.3. Calcul de l'espace vocalique

Tout comme pour la séquence [pV], les voyelles se différencient sur une surface moins élevée par rapport aux locuteurs de contrôle en vitesse d'élocution normale, en contextes [tV] et [kV].

De même, alors que la surface du triangle diminue en vitesse d'élocution rapide chez les locuteurs de contrôle, l'aire de l'espace vocalique en vitesse d'élocution rapide est comparable aux résultats obtenus en vitesse d'élocution normale.

Tableau 7. Comparaison de l'aire des triangles vocaliques.

Aire (Hz ²)	[tV]	[kV]
Vitesse d'élocution normale	93.488	119.330
Vitesse d'élocution rapide	85.308	126.644
% de réduction	9	-6

12.3.4.1.2.4. Etude de la coarticulation

L'étude de la coarticulation dans la syllabe [ti] produite par les bègues révèle que le coefficient de régression du locus est légèrement plus élevé (ou plutôt stable, $p=ns$) en vitesse d'élocution rapide ($R^2 = 0,62$) qu'en vitesse normale ($R^2 = 0,6$).

En ce qui concerne la coarticulation dans la séquence [ta], nous observons qu'elle est de 0,42 lorsque les locuteurs parlent à vitesse normale et de 0,43 lorsqu'ils parlent rapidement.

Quant au coefficient pour la syllabe [tu], il est de 0,69 en vitesse d'élocution normale et de 0,76 en vitesse rapide.

L'analyse de la coarticulation dans la séquence [ki] montre que le coefficient de régression du locus est de 0,54 en vitesse d'élocution normale et de 0,61 en vitesse rapide. Autrement dit, la coarticulation est plus élevée lorsque la vitesse augmente.

En ce qui concerne les équations du locus pour la séquence [ka], les résultats ne sont pas concluants : en effet, le coefficient est de 0,32 en vitesse d'élocution rapide et de 0,05 en vitesse normale.

Pour ce qui est du résultat de régression du locus appliquée pour la séquence [ku], nous constatons qu'il est de 0,84 en vitesse normale et de 0,88 en vitesse d'élocution rapide.

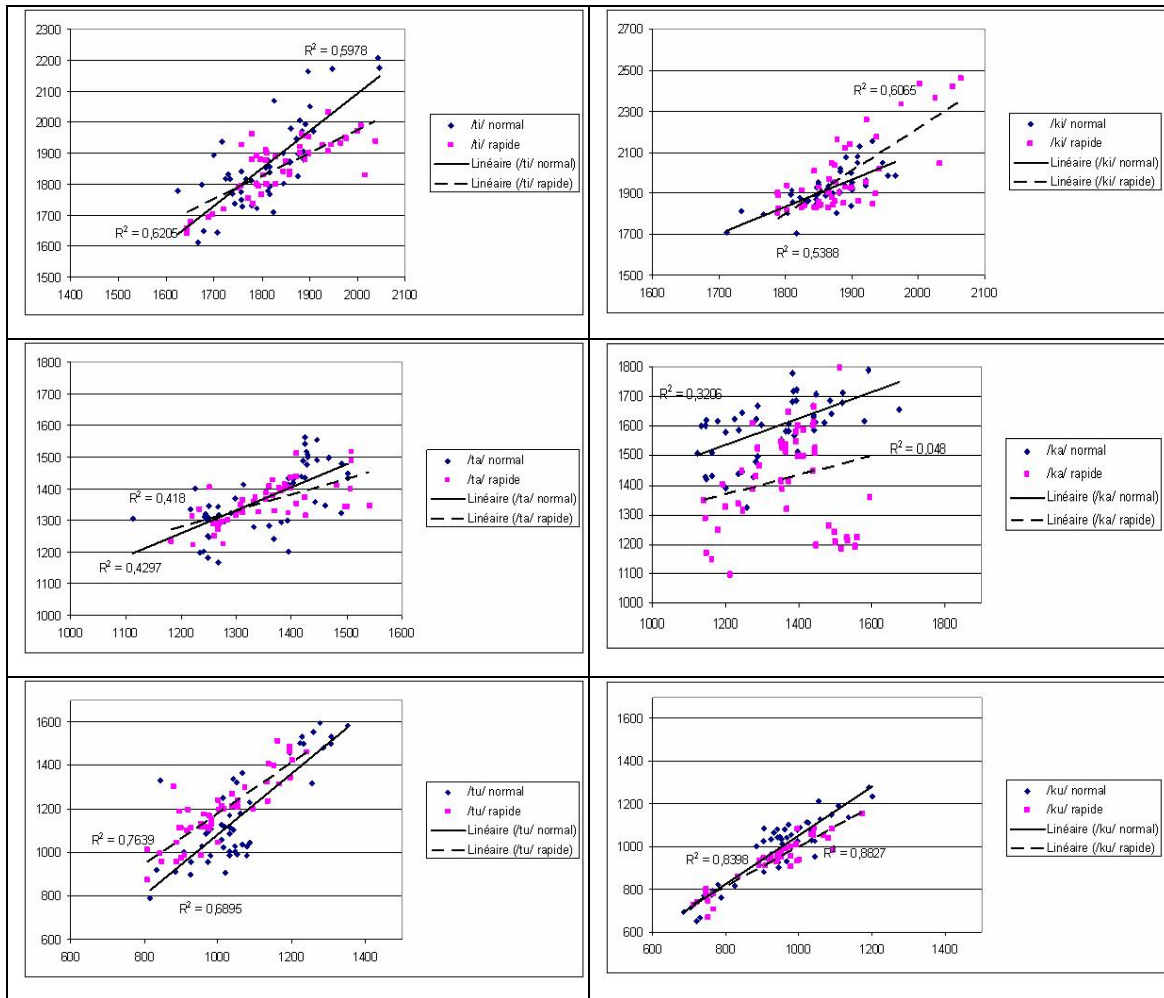


Figure 115. Equation du locus pour les séquences [ti], [ta], [tu] (à gauche) et [ki], [ka], [ku] (à droite) prononcées en vitesses d'élocution normale et rapide.

12.3.5. Synthèse

Une comparaison des données obtenues pour les bégues et les non-bégues permet d'observer des différences au niveau des zones de résonance entre sujets non-bégues et sujets bégues, en vitesse d'élocution normale : le triangle vocalique est déjà plus centralisé chez ces derniers, et cela alors qu'ils parlent à une vitesse normale.

Il en va de même de la structure formantique chez les sujets bégues, qui reste stable dans les deux conditions d'élocution, contrairement à ce qui a été constaté pour les sujets témoins. En ce qui concerne la séquence [tV], il s'agit du seul contexte dans lequel l'aire vocalique diminue (à un degré très léger).

En ce qui concerne l'aire de l'espace vocalique, elle est légèrement plus importante pour la séquence [kV], en vitesses normale et rapide. Rappelons que ce résultat est similaire pour les locuteurs de contrôle. En vitesse normale, le triangle vocalique est moins important pour le contexte [pV] ; en vitesse d'élocution rapide, en revanche, c'est lorsque la consonne est un [t] que l'espace vocalique est le plus restreint.

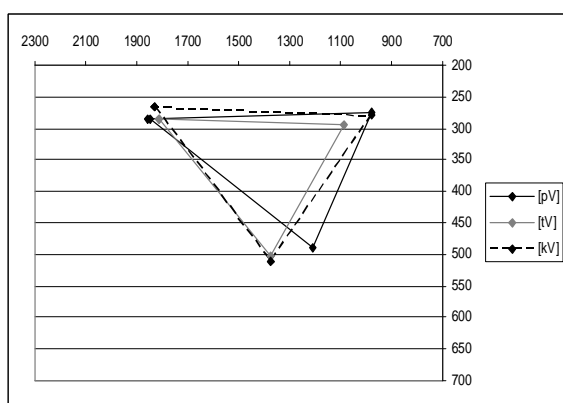


Figure 116. Comparaison des séquences [pV], [tV] et [kV] produites par les locuteurs bègues en vitesse d'élocution normale.

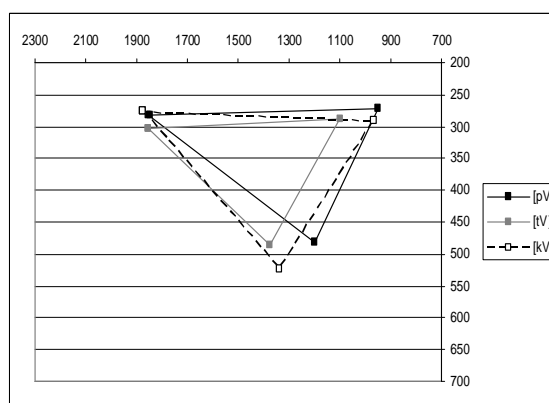


Figure 117. comparaison des séquences [pV], [tV] et [kV] produites par les locuteurs bègues en vitesse d'élocution rapide.

Tableau 8. Comparaison de l'aire des triangles vocaliques dans trois contextes, et selon la vitesse d'élocution.

Aire (Hz ²)	[pV]	[tV]	[kV]
Vitesse d'élocution normale	92.037	93.488	119.330
Vitesse d'élocution rapide	93.975	85.308	126.644
% de réduction	-2	9	-6

12.3.6. Etude de l'espace vocalique chez les bègues ayant suivi une thérapie (locuteurs AB)

12.3.6.1. Séquences [pV]

12.3.6.1.1. Durée vocalique

Pour ce qui concerne les durées absolues, la voyelle [a] est la plus longue des trois voyelles, étant donné qu'elle a été quantifiée à 68 ms, alors que le [i] a été mesuré à 47 ms et le [u] à 51 ms.

En vitesse d'élocution rapide, l'ordre des voyelles, en termes de durée, demeure le même, puisque le [a] dure 43 ms, tandis que le [i] a été évalué à 28 ms, le [u] ayant été mesuré à 24 ms.

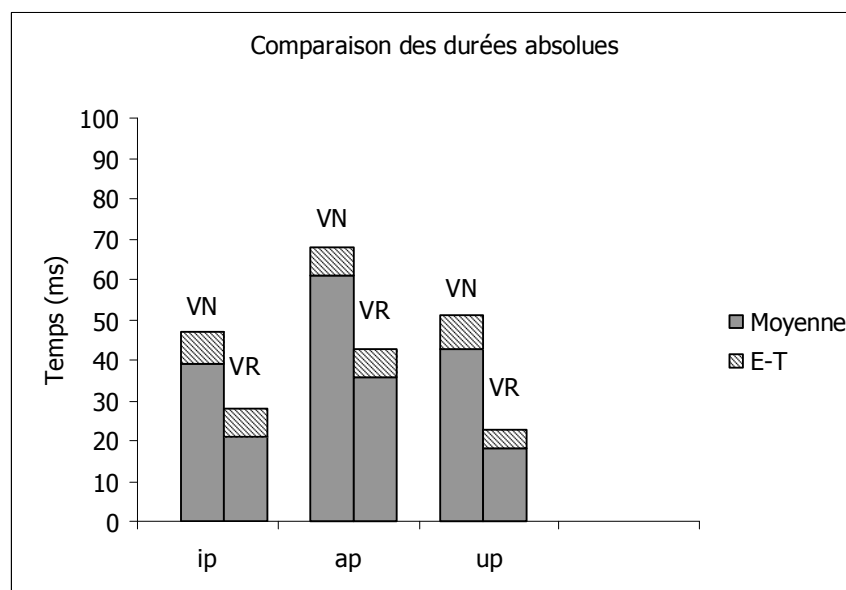


Figure 117. Comparaison de la durée vocalique absolue pour les séquences [ip], [ap] et [up] en vitesse d'élocution normale (VN) et en vitesse d'élocution rapide (VR), en contexte [p].

L'étude des valeurs relatives nous conduit aux mêmes observations, même si les écarts entre les voyelles sont moins conséquents. Ainsi, le [a], qui a été quantifié à 38 % de la séquence [pa] en vitesse d'élocution normale et à 34 % en vitesse d'élocution rapide, est la voyelle la plus longue. Quant au [i], il constitue 34 % de la séquence en vitesse d'élocution

normale et 30 % en vitesse d'élocution rapide. Pour ce qui est du [u], il est de 34 % en vitesse d'élocution normale, et de 27 % lorsque le locuteur parle rapidement. Notons également que ce sont les voyelles qui subissent le taux le plus élevé de compression.

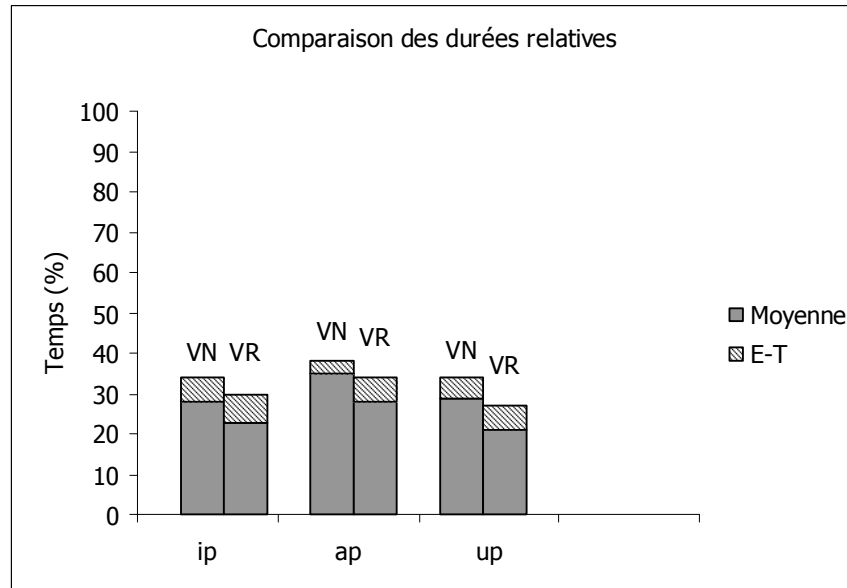


Figure 118. Durée relative des voyelles dans les séquences [ip], [ap] et [up] en vitesse d'élocution normale (VN) et en vitesse d'élocution rapide (VR), en contexte [p].

12.3.6.1.2. Espace vocalique

Une modification de la structure formantique de la plupart des voyelles est constatée pour ces locuteurs.

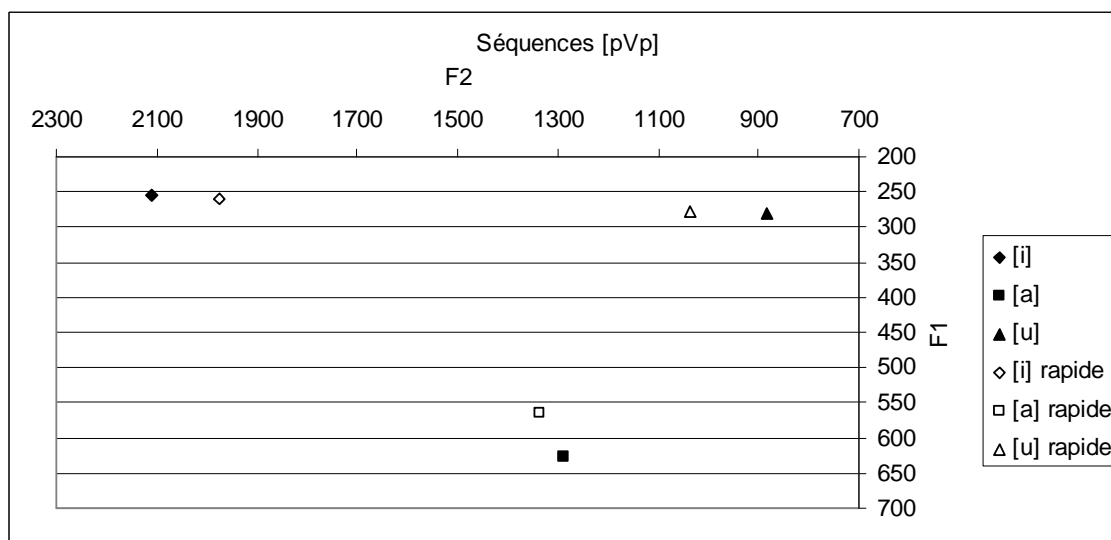


Figure 118. Comparaison vitesse d'élocution normale / vitesse d'élocution rapide des voyelles [i, a, u]. À noter que les points en noir marquent les résultats pour la vitesse d'élocution normale et que les points vides correspondent au débit accéléré.

12.3.6.1.2.1. Structure formantique du [i]

Le [i] réalisé en vitesse d'élocution normale et celui produit en vitesse d'élocution rapide sont tous deux distincts. C'est F2 qui est à l'origine de cette différence, dans la mesure où le deuxième formant a été évalué à 2110 Hz en vitesse d'élocution normale et à 1976 Hz en vitesse d'élocution rapide. Il faut encore noter la stabilité dont fait preuve F1, qui est de 255 Hz en vitesse d'élocution normale et de 260 Hz lorsque la vitesse est plus rapide.

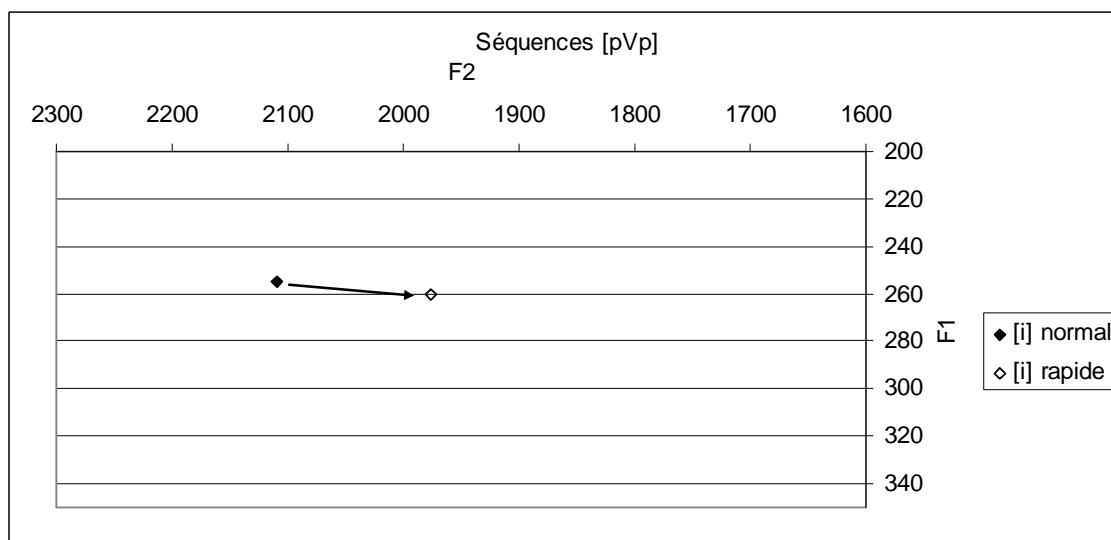


Figure 119. Modification de la structure formantique du [i] chez les bègues ayant suivi une thérapie lors du passage de la vitesse d'élocution normale à la vitesse d'élocution rapide.

12.3.6.1.2.2. Structure formantique du [a]

L'étude de la voyelle [a] révèle une différence qualitative entre le [a] réalisé en vitesse d'élocution normale et celui produit en vitesse d'élocution rapide. C'est principalement F1 qui est à l'origine de cette différence dans la mesure où une baisse de sa valeur a été constatée en vitesse d'élocution rapide : F1 est ainsi évalué à 626 Hz en vitesse d'élocution normale et à 565 Hz en vitesse d'élocution rapide.

Notons également que le F2 de la voyelle de grande ouverture présente aussi une légère différence entre la vitesse d'élocution normale et la vitesse d'élocution rapide : la deuxième zone de résonance a été quantifiée à 1288 Hz en vitesse d'élocution normale et à 1334 Hz en vitesse d'élocution rapide.

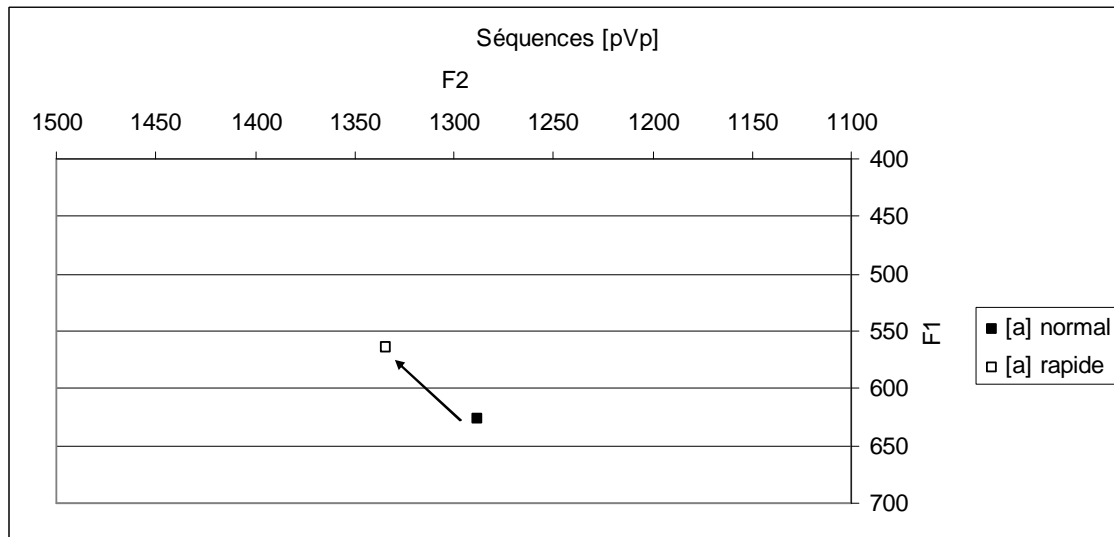


Figure 120. Modification de la structure formantique du [a] chez les bègues ayant suivi une thérapie lors du passage de la vitesse d'élocution normale à la vitesse d'élocution rapide.

12.3.6.1.2.3. Structure formantique du [u]

La voyelle [u] subit un changement qualitatif lorsque la vitesse d'élocution est rapide. En effet, on observe que le F2 de cette voyelle passe de 882 Hz en vitesse d'élocution normale à 1037 Hz lorsque la vitesse d'élocution est qualifiée de rapide. Notons que le premier formant reste stable : il est de 280 Hz lorsque le locuteur parle normalement et de 278 Hz lorsque son rythme de parole est rapide.

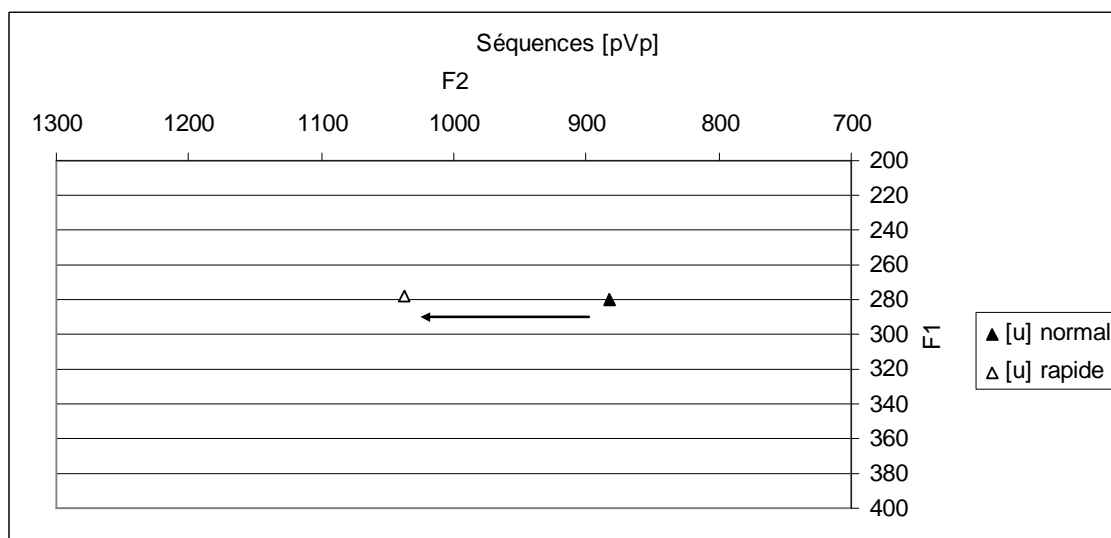


Figure 121. Modification de la structure formantique du [u] chez les bègues ayant suivi une thérapie lors du passage de la vitesse d'élocution normale à la vitesse d'élocution rapide.

12.3.6.1.3. Calcul de l'aire de l'espace vocalique

Le calcul de l'aire de l'espace vocalique a permis de relever une diminution de la surface du triangle vocalique en vitesse d'élocution rapide, comme pour les locuteurs de contrôle. Ainsi, l'espace vocalique, qui était de 218.342 Hz² en vitesse d'élocution normale, n'est plus que de 133.903 Hz² lorsque la vitesse augmente, ce qui signifie que sa surface a diminué de 39 %. Par conséquent, un phénomène d'« *undershoot* » a lieu dans ce contexte.

Tableau 9. Comparaison de l'aire des triangles vocaliques.

Aire (Hz ²)	
Vitesse d'élocution normale	217.519
Vitesse d'élocution rapide	137.419
% de réduction	37

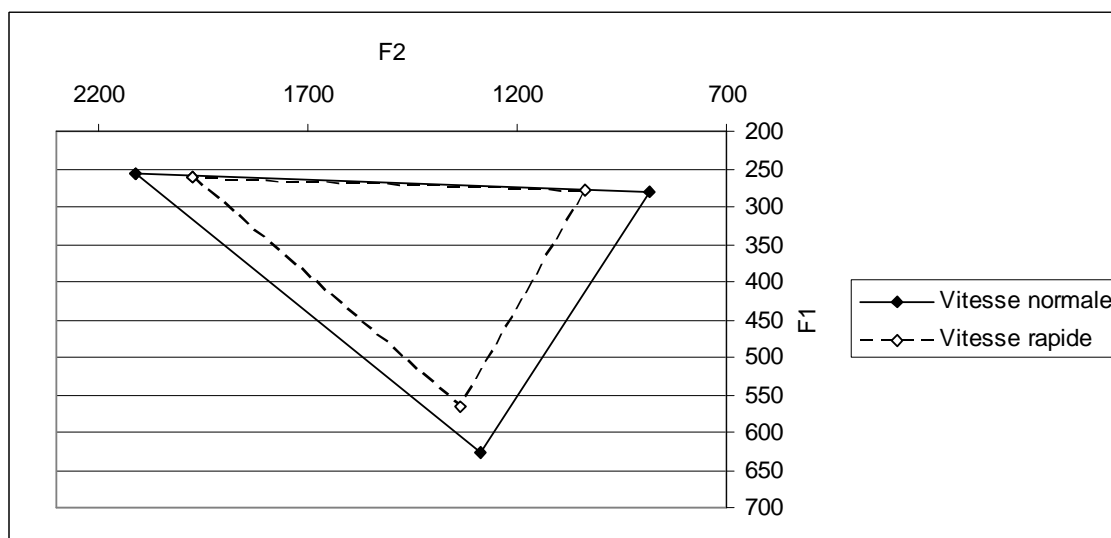


Figure 122. Comparaison de l'aire des triangles vocaliques en vitesses d'élocution normale et en rapide.

12.3.6.1.4. Etude de la dispersion

Aucune tendance claire ne se dégage réellement de l'étude de la dispersion. Pour ce qui est du premier formant, il est possible de constater que, mis à part pour le [a] dont la variabilité reste à peu de choses près la même (94 Hz en vitesse d'élocution normale vs. 90 Hz en vitesse d'élocution rapide), il est généralement en hausse :

- la variabilité pour le F1 du [i] passe de 18 Hz en vitesse d'élocution normale à 31 Hz en vitesse d'élocution rapide ;
- les écarts-types pour le premier formant du [u] augmentent en vitesse d'élocution rapide : ils passent de 39 Hz à 59 Hz.

Concernant le deuxième formant, nous observons une baisse de la variabilité pour le [i] (121 Hz en vitesse normale vs. 65 Hz en vitesse rapide). En revanche, la dispersion pour cette zone de résonance reste stable pour le [a] (39 Hz vs. 41 Hz) ainsi que pour le [u] (129 Hz vs. 130 Hz).

12.3.6.1.5. Etude de la coarticulation

Les résultats de l'équation du locus pour la syllabe [pi] montrent que la coarticulation est plus élevée en vitesse d'élocution rapide ($R^2 = 0,89$) qu'en vitesse normale ($R^2 = 0,61$).

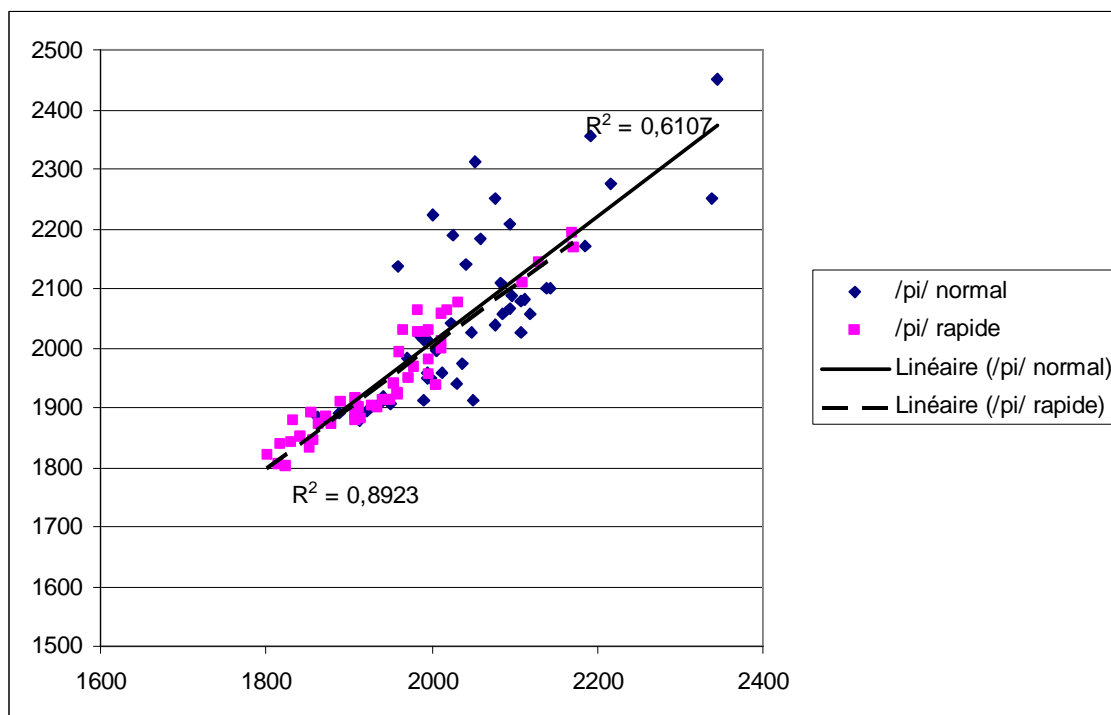


Figure 123. Equation du locus pour la séquence [pi] prononcée en vitesses d'élocution normale et rapide.

En ce qui concerne la séquence [pa], le coefficient de l'équation du locus est plus important en vitesse d'élocution rapide ($R^2 = 0,53$) qu'en vitesse d'élocution normale ($R^2 = 0,13$).

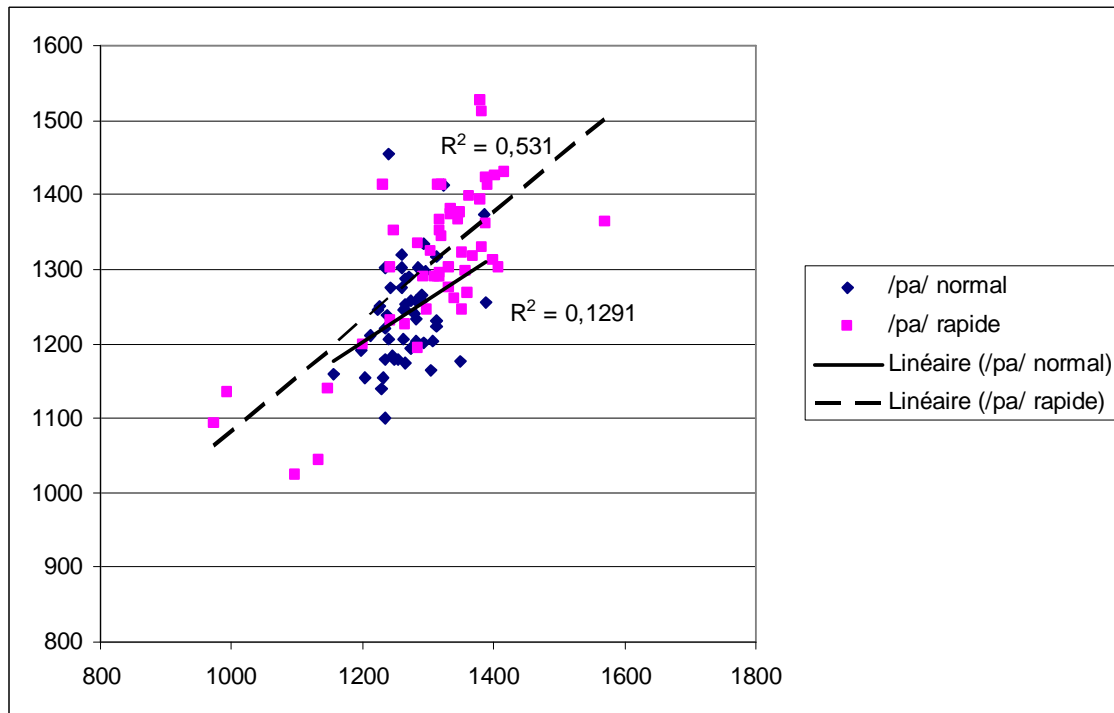


Figure 124. Equation du locus pour la séquence [pa] prononcée en vitesses d'élocution normale et rapide.

La coarticulation dans la séquence [pu] semble également meilleure en vitesse d'élocution rapide, puisqu'elle est de 0,8 dans cette condition d'élocution, alors qu'elle a été quantifiée à 0,36 en vitesse normale.

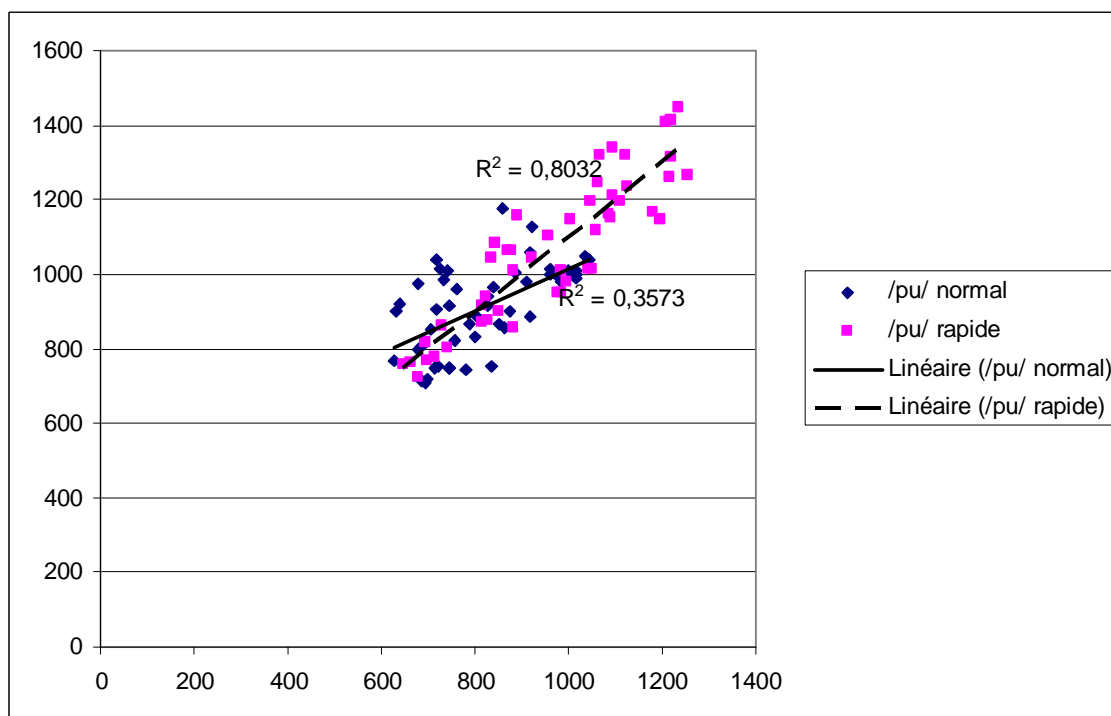


Figure 125. Equation du locus pour la séquence [pu] prononcée en vitesses d'élocution normale et rapide.

12.3.6.2. Séquences [tV] et [kV]

12.3.6.2.1. Durée vocalique

Comme pour la séquence [pV], dans ces contextes consonantiques, toutes les durées vocaliques sont comprimées avec l'augmentation de la vitesse d'élocution, ce qui se reflète dans la réduction des pourcentages en vitesse d'élocution rapide. Ici aussi, ce sont les voyelles qui accusent davantage la compression.

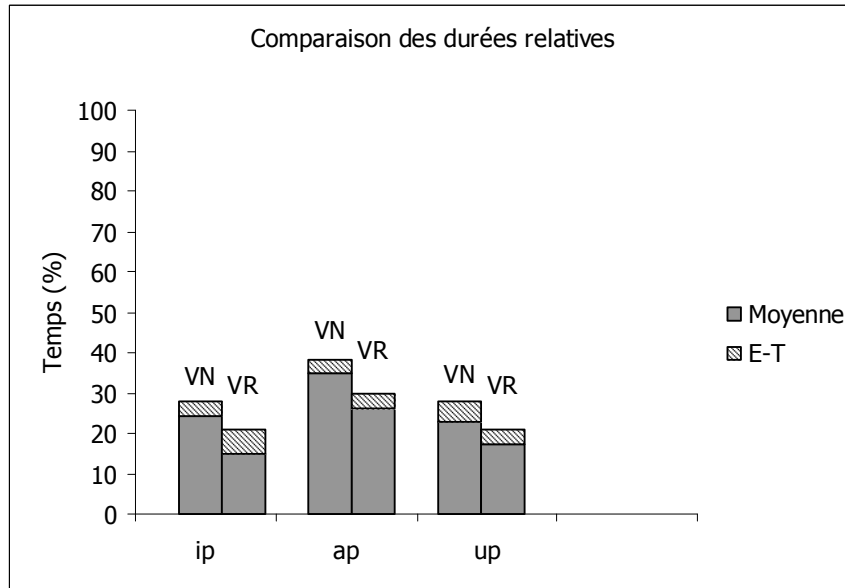


Figure 126. Durée relative des voyelles dans les séquences [ip], [ap] et [up] en vitesse d'élocution normale (VN) et en vitesse d'élocution rapide (VR) en contexte [t].

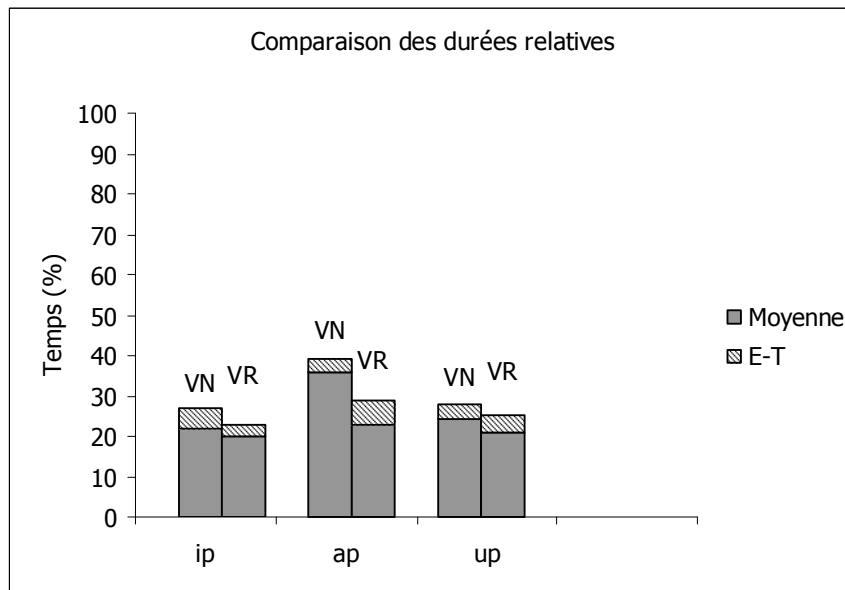


Figure 127. Durée relative des voyelles dans les séquences [ip], [ap] et [up] en vitesse d'élocution normale (VN) et en vitesse d'élocution rapide (VR), en contexte [k].

12.3.6.2.2. Espace vocalique

Comme pour la séquence [pV], une modification de la structure formantique de la plupart des voyelles est constatée pour ces locuteurs en contextes [tV] et [kV].

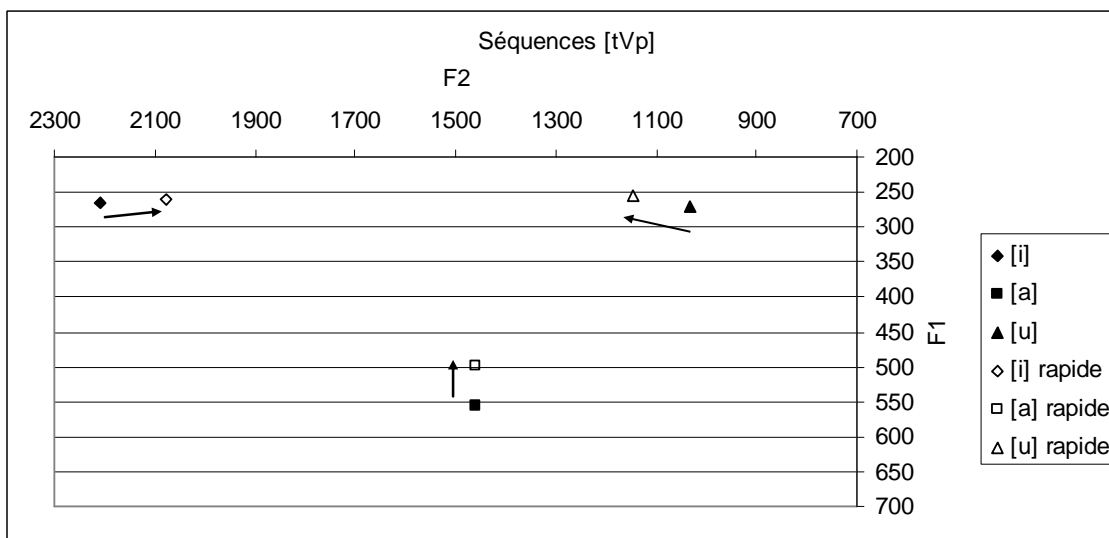


Figure 128. Comparaison vitesse d'élocution normale / vitesse d'élocution rapide des voyelles [i, a, u]. À noter que les points en noir marquent les résultats pour la vitesse d'élocution normale et que les points vides correspondent au débit accéléré.

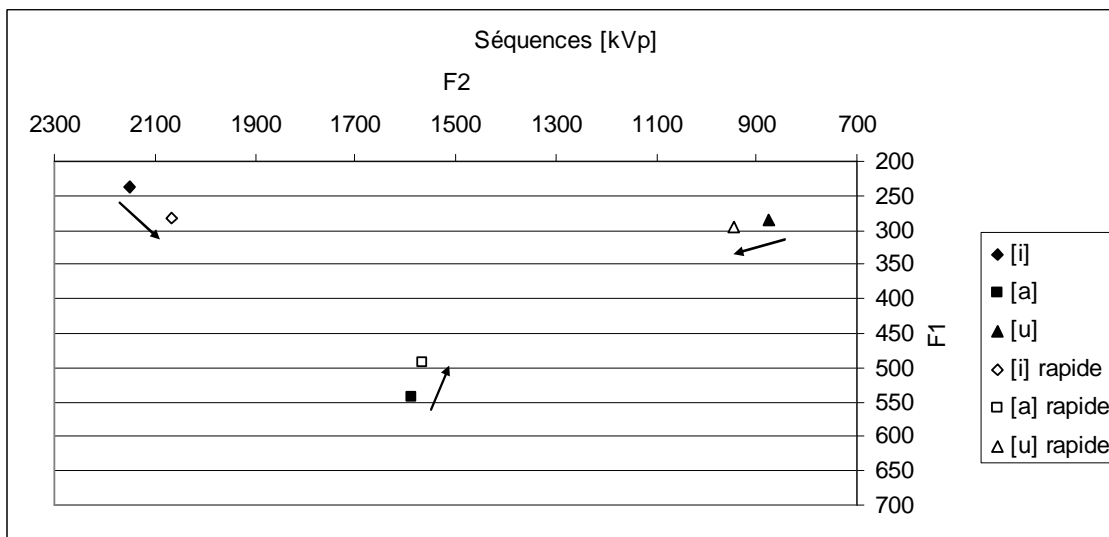


Figure 129. Comparaison vitesse d'élocution normale / vitesse d'élocution rapide des voyelles [i, a, u]. À noter que les points en noir marquent les résultats pour la vitesse d'élocution normale et que les points vides correspondent au débit accéléré.

12.3.6.2.3. Calcul de l'aire de l'espace vocalique

Le calcul de l'aire de l'espace vocalique a permis de révéler une diminution de la surface du triangle vocalique en vitesse d'élocution rapide. Ainsi, l'aire du triangle, qui était de 190.612 Hz² en vitesse d'élocution normale, n'est plus que de 136.657 Hz² lorsque la vitesse augmente, ce qui signifie qu'elle a diminué de 28 %. Ici, on constate aussi que le phénomène d'« *undershoot* » se produit également pour AB.

Tableau 10. Comparaison de l'aire des triangles vocaliques.

Aire (Hz ²)	[tV]	[kV]
Vitesse d'élocution normale	169.169	180.822
Vitesse d'élocution rapide	112.027	114.765
% de réduction	34	36

12.3.6.2.4. Etude de la coarticulation

Les résultats de l'équation du locus pour la syllabe [ti] montrent que la coarticulation est plus élevée en vitesse d'élocution rapide ($R^2 = 0,76$) qu'en vitesse normale ($R^2 = 0,83$).

En ce qui concerne la séquence [ta], le coefficient de l'équation du locus est plus important en vitesse d'élocution rapide ($R^2 = 0,62$) qu'en vitesse d'élocution normale ($R^2 = 0,45$).

La coarticulation dans la séquence [tu] semble également meilleure en vitesse d'élocution rapide, puisqu'elle est de 0,59 dans cette condition d'élocution, alors qu'elle a été quantifiée à 0,45 en vitesse normale.

En vitesse d'élocution normale, le coefficient de l'équation du locus est de 0,73 pour la séquence [ki], alors qu'il est de 0,84 en vitesse rapide.

Dans la séquence [ka], nous avons pu confirmer, encore une fois, que la coarticulation est plus importante lorsque la vitesse augmente ($R^2 = 0,61$ dans cette condition d'élocution vs. $0,74$ en vitesse d'élocution normale).

En ce qui concerne la syllabe [ku], le coefficient est de $0,62$ en vitesse d'élocution normale et de $0,79$ en vitesse rapide.

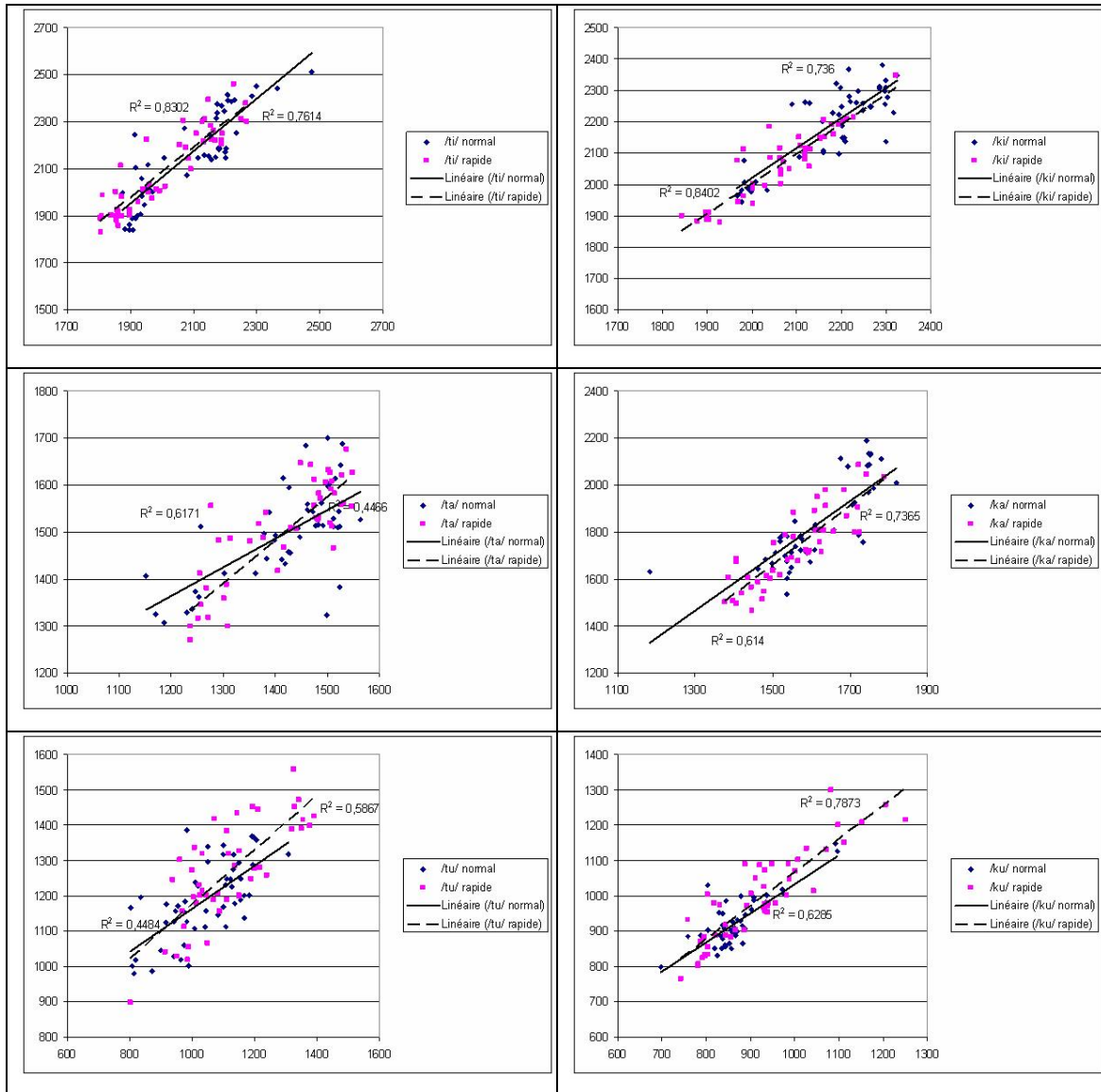


Figure 130. Equation du locus pour les séquences [ti], [ta], [tu] (à gauche) et [ki], [ka], [ku] (à droite) prononcées en vitesses d'élocution normale et rapide par le groupe de sujets bègues ayant suivi une thérapie (AB).

Par conséquent, la coarticulation semble plus importante en vitesse d'élocution rapide pour les séquences [tV] et [kV].

12.3.7. Pour résumer

Comme pour les locuteurs de contrôle, l'aire du triangle des voyelles diminue en vitesse d'élocution rapide. La voyelle [i] ne semble pas varier de façon significative par rapport au contexte.

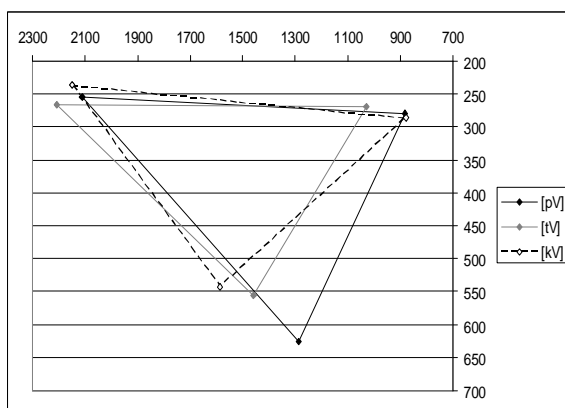


Figure 131. Comparaison des séquences [pV], [tV] et [kV] produites par les locuteurs bègues ayant suivi une thérapie en vitesse d'élocution normale.

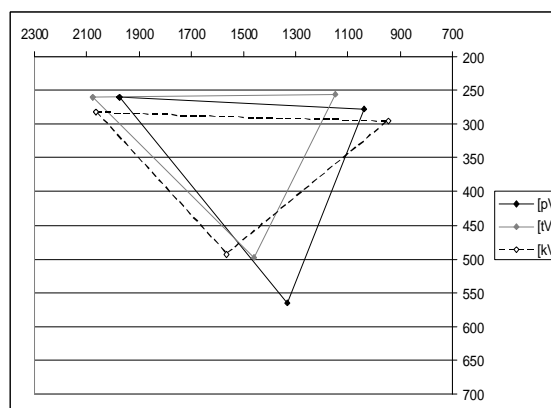


Figure 132. Comparaison des séquences [pV], [tV] et [kV] produites par les locuteurs bègues ayant suivi une thérapie en vitesse d'élocution rapide.

La comparaison de l'aire du triangle vocalique confirme le « *undershoot* » en vitesse rapide, tout comme pour les sujets témoins.

Tableau 11. Comparaison de l'aire des triangles vocaliques dans trois contextes et selon la vitesse d'élocution.

Aire (Hz ²)	[pV]	[tV]	[kV]
Vitesse d'élocution normale	217.519	169.169	180.822
Vitesse d'élocution rapide	137.419	112.027	114.765
% de réduction	37	34	36

12.4. Bilan partiel

L'étude de l'intervalle vocalique a montré que la durée des voyelles diminue bien en vitesse d'élocution rapide, et cela pour les trois groupes de locuteurs.

Au niveau qualitatif, en revanche, des différences apparaissent entre les groupes. En vitesse d'élocution normale, l'aire du triangle vocalique est généralement moins importante pour les locuteurs bègues n'ayant pas suivi de thérapie. Cette réduction de l'espace vocalique s'explique, en grande partie, par le fait que la valeur obtenue pour le deuxième formant de [i] et de [u] est moins élevée et que le premier formant du [a] produit par les bègues était généralement d'une valeur moindre par rapport aux locuteurs de contrôle. Autrement dit, le triangle vocalique est davantage réduit pour cette catégorie de locuteurs et tend à être légèrement plus postérieur. En ce qui concerne la comparaison entre les locuteurs de contrôle et les bègues ayant suivi une thérapie, elle ne montre pas de différences significatives, si ce n'est une légère tendance, de temps à autre, à de l'« overshoot », l'aire de leur triangle vocalique étant souvent légèrement supérieure pour AB par rapport aux locuteurs de contrôle ($p=ns$).

En vitesse d'élocution rapide, l'aire du triangle vocalique diminue pour les locuteurs de contrôle. Cette baisse s'explique principalement par une diminution de la valeur de la deuxième zone de résonance du [i] et par l'augmentation de ce même formant pour le [u], le premier formant du [a] ayant tendance à diminuer. Cette même réduction du triangle vocalique est observée chez les locuteurs bègues ayant suivi une thérapie, mais pas pour le groupe de bègues n'ayant pas fait d'exercice pour traiter leur bégaiement. Pour ces derniers, une stabilité de la structure formantique des trois voyelles a été constatée en vitesses normale et rapide. Ainsi, les valeurs des deux premiers formants des trois voyelles sont similaires dans les deux conditions d'élocution.

On constate que les locuteurs bègues ont un espace réduit en vue de réaliser une distinction des voyelles. En outre, on n'observe pas non plus de l'« undershoot » lorsqu'ils ont pour tâche de parler plus rapidement.

L'utilisation d'un espace vocalique réduit par les sujets bègues pourrait s'expliquer de deux manières. La première possibilité consisterait à penser que le bégaiement peut être

accompagné d'une habileté motrice réduite, comme l'avait suggéré Van Lieshout (2003). Autrement dit, le locuteur n'aurait pas les capacités motrices pour réaliser des voyelles comparables à celles des sujets non bègues. Il est à noter que c'est également un manque d'habileté motrice qui pourrait expliquer le fait que la structure formantique des voyelles ne se trouve pas modifiée par l'augmentation de la vitesse d'élocution. En effet, Van Lieshout (2005) expliquait que le manque d'habileté motrice se caractériserait par des carences en termes de flexibilité. Ainsi, et alors que les locuteurs de contrôle adaptent leurs cibles articulatoires aux besoins requis par la vitesse d'élocution, les sujets bègues conservent les mêmes structures formantiques, du fait d'une incapacité à modifier ces structures par rapport aux exigences d'élocution.

Cela dit, on peut expliquer cette stabilité de la structure formantique malgré l'augmentation de la vitesse d'élocution par le fait que les locuteurs, pour mieux contrôler leurs gestes et, ainsi, anticiper les bégaiements, cherchent à réaliser des mouvements moins amples de la langue. On pourrait ainsi penser qu'il est plus aisé pour un locuteur bègue de contrôler un geste qui est moins ample et, par conséquent, d'anticiper l'arrivée d'une disflunce, aussi bien en vitesse d'élocution normale qu'en vitesse d'élocution rapide. Pour justifier cette hypothèse, rappelons que Orliaguet (1985) avait mis en avant le fait que des gestes plus courts, dans le cadre d'une étude sur le geste manuel, étaient plus facilement contrôlables et plus précis. Il pourrait en aller de même en production de la parole, sachant que le contrôle du mouvement en parole a tendance à être soumis à davantage de contraintes, puisqu'il obéit à des lois linguistiques spécifiques. Ainsi, et pour en revenir à l'explication, le locuteur pourrait avoir intégré le fait que des gestes plus restreints permettaient de mieux contrôler sa production. À force de réaliser ce contrôle, ces gestes moins amples ont fini par entrer dans ses habitudes articulatoires. Cette hypothèse peut se justifier, dans la mesure où les sujets bègues ont tendance à utiliser un certain nombre de stratégies pour ne plus bégayer, stratégies qui deviendront, avec le temps, des habitudes articulatoires et motrices.

Pour expliquer l'absence de centralisation en vitesse d'élocution rapide chez les bègues, il semblerait plausible de mettre également en avant le fait qu'une réduction plus importante du triangle vocalique risquerait de rendre l'identification de la voyelle plus difficile. En effet, la structure formantique des voyelles risquerait de se rapprocher de celle d'une autre voyelle et de rendre la catégorisation de ladite voyelle plus problématique.

IV.

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Avant de synthétiser nos résultats, il est important de rappeler que les analyses dans le *domaine temporel* de variances (ANOVA) n'ont pu révéler de significativité statistique. Néanmoins, nous avons observé des tendances plus ou moins fortes, et nous pensons que de telles tendances sont révélatrices de différences dans l'organisation temporelle chez nos sujets. Rappelons que la plupart des résultats expérimentaux attestés dans la littérature sur le bégaiement et relatifs aux données temporelles repose sur des données absolues. Il nous semble nécessaire de revisiter de telles données en les normalisant, sans pour autant vouloir préjuger de leurs caractéristiques concluantes.

L'étude du délai d'établissement du voisement a permis d'observer, tout d'abord, que la tendance était à un V.O.T. généralement plus court pour la consonne [p] par rapport à [t] et [k], quel que soit le contexte vocalique chez les locuteurs de contrôle (Lisker & Abramson, 1964 ; Klatt, 1975).

Le scénario est quelque peu différent pour les locuteurs bègues et les anciens locuteurs bègues puisque cette remarque n'est systématique qu'en contexte [i] pour ces deux catégories de locuteurs. Cette perturbation du timing intrasegmental, en ce qui concerne l'ordre croissant de la durée du V.O.T. de [p] à [t] à [k], chez les locuteurs bègues, à cause d'une difficulté de gestion de la coordination oro-laryngée, semble confirmer notre hypothèse de départ.

Il est important de signaler ici que les résultats obtenus auprès de locuteurs bègues attestant d'un V.O.T. plus long pour [k] et [t] par rapport à [p] reposent sur des données absolues. Ils méritent donc, comme nous venons de le dire *supra*, d'être réexaminés en termes relatifs pour être plus concluants.

La voyelle suivant la consonne a un effet important sur le V.O.T. : ce paramètre est plus élevé pour les voyelles de petite ouverture et moins important pour les voyelles de grande ouverture. Une valeur de V.O.T. plus grande se vérifie pour tous les groupes de locuteurs. Ainsi, le délai d'établissement du voisement est plus bref en contexte [a] par rapport aux contextes [i] et [u]. Une explication possible de ce phénomène est l'assourdissement partiel des voyelles hautes en contexte d'occlusives sourdes. L'effet combiné de la taille de la constriction réduite des voyelles hautes et de la présence de plosions-frictions provoquées par

le relâchement de l'occlusive tend à défavoriser l'apparition d'une structure formantique clairement définie pour ces voyelles (McCawley, 1968 ; Abry *et al.*, 1985).

L'augmentation de la vitesse d'élocution entraîne une baisse de la durée absolue du V.O.T. dans chaque contexte. Cependant, en termes relatifs, la durée de ce paramètre reste stable pour tous les groupes de locuteurs. On ne constate donc pas de différences de valeurs de V.O.T. entre les deux vitesses d'élocutions, ce qui signifie que le ratio V.O.T. / voyelle ne varie pas de façon significative suivant la variation de la vitesse d'élocution (Gay, 1978). Contrairement à notre hypothèse de départ, la perturbation du timing intrasegmental ne touche pas les sujets bègues plus que les deux autres groupes. On suppose que la perturbation que pourrait induire une augmentation de la vitesse d'élocution porterait sur la durée vocalique ; c'est ce que nous vérifierons dans le Chapitre 12.

En ce qui concerne la comparaison du V.O.T. entre les différents groupes de locuteurs, elle révèle la tendance suivante : le délai d'établissement du voisement est généralement plus long pour les bègues n'ayant pas suivi une thérapie, et cela plus particulièrement pour les séquences [Ca], si l'on compare leurs données à celles observées pour les sujets témoins et les sujets bègues ayant suivi une thérapie. Il est à noter que les résultats sont similaires pour les deux derniers groupes cités. Cette tendance corrobore notre hypothèse de départ, à savoir que le timing oro-laryngé est plus ou moins différent chez les sujets bègues par rapport aux sujets de contrôle et aux anciens sujets bègues.

Quant aux résultats portant sur le V.T.T., ils révèlent que l'arrêt du voisement se fait en moins de temps pour la voyelle [a], le V.T.T. étant plus long pour les voyelles de petite aperture. Ce fait a été observé pour les trois groupes de locuteurs. Nous n'avons pas d'explication à ce phénomène. L'obtention de données supplémentaires pourrait, peut-être, apporter des précisions sur ce sujet. En ce qui concerne l'effet de l'augmentation de la vitesse d'élocution sur le V.T.T., il a été possible d'observer que le V.T.T. diminuait en valeurs absolues avec l'augmentation de la vitesse d'élocution (Sock & Benoît, 1986). Cependant, la durée relative du V.T.T. reste stable pour tous les locuteurs. En effet, la proportion de temps prise par ce paramètre dans la tenue consonantique sourde ne doit pas dépasser un certain seuil (50% de la tenue), au risque de voiser la consonne (Lisker, 1974 ; Sock, 1998). La

stabilité relative du V.T.T. est ainsi un contrôle oro-laryngé au service de la préservation de l'opposition de sonorité, pertinente en français.

Pour ce qui est des sujets bègues, nous avons pu remarquer que l'arrêt du voisement s'effectuait, en général, en plus de temps par rapport aux locuteurs de contrôle, tant en vitesse d'élocution normale que rapide. De même, l'étude des valeurs relatives permet également de mettre en avant la part plus importante du V.T.T. dans le silence acoustique par rapport aux locuteurs de contrôle, et cela dans les contextes [i] et [a]. Le timing de ce paramètre est, conformément à nos attentes, ici perturbé. Néanmoins, le seuil de sonorité cité *supra* n'est pas atteint puisque les valeurs relatives ne parviennent jamais aux 50% de l'intervalle obstruent.

En ce qui concerne les résultats des anciens bègues, ils sont relativement proches du groupe de contrôle si l'on observe les valeurs absolues. En revanche, l'étude des valeurs relatives pour ce groupe montre un V.T.T. aussi élevé que pour les bègues n'ayant pas suivi de thérapie. Cela va à l'encontre de notre hypothèse de départ puisque nous supposions que les anciens sujets bègues se rapprocheraient du comportement laryngé des sujets non bègues, par correction du dysfonctionnement oro-laryngé. Or il n'en est rien, ce qui révélerait peut-être la pertinence de ce paramètre dans les fonctions de récupération du dysfonctionnement.

Le fait que les délais d'établissement et de fin du voisement avaient présenté des particularités chez les personnes bègues avait laissé supposer un comportement laryngé différent pour ces derniers. Il nous a semblé judicieux d'étudier les événements se déroulant au niveau glottal chez les locuteurs souffrant de ce trouble de la communication, et cela sur un plan qualitatif.

Nous avons constaté d'abord, tout comme Monfrais (2005), qu'aucune singularité ne semble se dégager lors de la comparaison des tâches non-langagières chez les sujets bègues et les non bègues.

L'étude du Temps de Réaction Laryngée (TRL), chez les sujets de contrôle, montre que l'apparition du son faisant suite au stimulus arrive dans un délai très bref. Rappelons que ce temps de réaction contient à la fois une période de latence entre la fin du stimulus produit par l'investigateur et le début du geste laryngé, et une période durant laquelle les cordes vocales seront en action. La comparaison avec les locuteurs bègues montre que le TRL est

plus long chez ces derniers en parole disfluente. Durant ce laps de temps, la glotte va emprunter plusieurs configurations d'ouvertures et de fermetures différentes.

Concernant l'observation du temps de réaction en parler-relax, elle révèle que le TRL s'est fortement réduit. De même, les mouvements inappropriés du larynx, visibles en situation de disfluence, n'étaient plus présents, la glotte se fermant d'une manière comparable pour les bègues et le locuteur non bègue lors de l'utilisation de cette technique de parole.

Puisque l'étude de l'intervalle vocalique a montré que la durée des voyelles diminuait en vitesse d'élocution rapide, et cela pour les trois groupes de locuteurs, nous avons voulu analyser les possibles répercussions de cette compression sur la qualité des voyelles.

En effet, au niveau qualitatif, des différences significatives apparaissent entre les groupes. En vitesse d'élocution normale, l'aire du triangle vocalique est généralement moins importante pour les locuteurs bègues n'ayant pas suivi de thérapie. Cette réduction de l'espace vocalique s'explique, en grande partie, par le fait que la valeur obtenue pour le deuxième formant de [i] et de [u] est moins élevée et que le premier formant du [a] produit par les bègues était généralement d'une valeur moindre par rapport aux locuteurs de contrôle. Autrement dit, le triangle vocalique est plus réduit pour cette catégorie de locuteurs et tend à être légèrement plus postérieur. En ce qui concerne la comparaison entre les locuteurs de contrôle et les bègues ayant suivi une thérapie, elle ne montre pas de différences significatives, si ce n'est une légère tendance, parfois, à de l'« overshoot », l'aire de leur triangle vocalique étant souvent légèrement supérieure pour AB par rapport aux locuteurs de contrôle.

En vitesse d'élocution rapide, l'aire du triangle vocalique diminue pour les locuteurs de contrôle. Cette baisse s'explique principalement par une diminution de la valeur de la deuxième zone de résonance du [i] et par l'augmentation de ce même formant pour le [u], le premier formant du [a] ayant tendance à diminuer. Cette même réduction du triangle vocalique est observée chez les locuteurs bègues ayant suivi une thérapie, mais pas pour le groupe de bègues n'ayant pas fait d'exercice pour traiter leur bégaiement. Pour ces derniers, une stabilité de la structure formantique des trois voyelles a été constatée en vitesses normale et rapide. Ainsi, les valeurs des deux premiers formants des trois voyelles sont similaires dans les deux conditions d'élocution.

On constate que les locuteurs bègues ont un espace réduit en vue de réaliser une distinction des voyelles. En outre, on n'observe pas non plus de « *undershoot* » lorsqu'ils ont pour tâche de parler plus rapidement. Nous avons tenté de rationaliser l'utilisation d'un espace vocalique par les sujets bègues de deux manières. La première possibilité consistait à penser que le bégaiement pouvait être accompagné d'une habileté motrice réduite, comme l'avait suggéré Van Lieshout (2003). Autrement dit, le locuteur n'aurait pas les capacités motrices pour réaliser des voyelles comparables à celles des sujets non bègues. Il est à noter que c'est également un manque d'habileté motrice qui pouvait expliquer le fait que la structure formantique des voyelles ne se trouve pas modifiée par l'augmentation de la vitesse d'élocution. En effet, Van Lieshout (2005) expliquait que le manque d'habileté motrice se caractériserait par des carences en termes de flexibilité. Ainsi, et alors que les locuteurs de contrôle adaptent leurs cibles articulatoires aux besoins requis par la vitesse d'élocution, les sujets bègues conservent les mêmes structures formantiques, du fait d'une incapacité à modifier ces structures par rapport aux exigences d'élocution.

Cela dit, on peut expliquer cette stabilité de la structure formantique malgré l'augmentation de la vitesse d'élocution par le fait que les locuteurs, pour mieux contrôler leurs gestes, et ainsi prévenir les bégaiements, cherchent à réaliser des mouvements moins amples de la langue. On pourrait ainsi penser qu'il est plus aisé pour un locuteur bègue de contrôler un geste qui est moins ample et, par conséquent, d'anticiper l'arrivée d'une disflunce, aussi bien en vitesse d'élocution normale qu'en vitesse d'élocution rapide. Pour justifier cette hypothèse, nous avons rappelé un résultat dans le domaine du contrôle du mouvement (Orliaguet, 1985). Des résultats de recherche indiquent que des gestes manuels plus courts sont plus précis et plus faciles à contrôler. Il pourrait en aller de même en production de la parole, sachant que le contrôle du mouvement dans ce cas est plus contraignant, étant soumis à des exigences linguistiques spécifiques. Ainsi, la stratégie déployée par le locuteur bègue consisterait en l'exploitation de gestes plus restreints pour mieux contrôler sa production. À force de réaliser ce contrôle, ces gestes moins amples ont fini par entrer dans ses habitudes articulatoires. Cette hypothèse peut se justifier, dans la mesure où les sujets bègues ont tendance à utiliser un certain nombre de stratégies pour ne plus bégayer, stratégies qui deviendront, avec le temps, des habitudes articulatoires et motrices.

Pour expliquer l'absence de centralisation en vitesse d'élocution rapide chez les bègues, il semblerait plausible de mettre également en avant le fait qu'une réduction plus importante du triangle vocalique risquerait de rendre l'identification de la voyelle plus difficile. En effet, la structure formantique des voyelles risquerait de se rapprocher de celle d'une autre voyelle et de rendre la catégorisation de ladite voyelle plus problématique.

Nous proposons, après avoir synthétisé nos résultats expérimentaux, de clore maintenant ce travail en répondant aux interrogations initiales que cette étude avait suscitées. C'est ce que nous ferons dans les conclusions qui suivent.

V.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Conclusions

En guise de conclusion, nous proposons de répondre aux cinq questions générales que nous nous sommes posées au début de nos recherches sur le bégaiement (cf. Introduction) :

1. La *perturbation* de la *coordination motrice* est-elle visible dans le signal de parole lors de productions fluentes ?

Réponse : Cette perturbation est visible dans le signal de parole même s'il s'agit de productions fluentes chez des sujets bègues. Cela confirme le fait que les effets de ce trouble sont latents quoique non perceptibles auditivement.

2. Le manque de coordination motrice a-t-il des conséquences sur l'établissement et sur l'arrêt du voisement en parole fluente ?

Réponse : Le manque de coordination motrice a bien été décelé dans le signal de parole au niveau du timing des coordinations intrasegmentales, V.O.T. et V.T.T., en parole fluente. Ce n'est pas parce que les différences entre locuteurs bègues et sujets de contrôle n'étaient pas statistiquement significatives que nous n'avons pas analysé les détails des oppositions terme-à-terme et tâché de tirer des enseignements en termes de tendances plus ou moins fortes.

3. Si oui, comment ce manque de coordination motrice se traduit-il lors des disfluences ?

Réponse : Le Temps de Réaction Laryngée (TRL) était plus long pour les personnes bègues. Cet intervalle plus important pour ces locuteurs s'explique par la présence de myoclonies d'attention au niveau laryngé, sortes de spasmes provoquant, entre autres, des ouvertures et des fermetures non contrôlées du larynx.

4. Le manque de coordination évoqué aura-t-il des conséquences sur la qualité des voyelles produites ? Autrement dit, la structure formantique des voyelles sera-t-elle comparable chez les locuteurs de contrôle et les sujets bègues en vitesse d'élocution normale ?

Réponse : En effet, la structure formantique des voyelles semble différente en vitesse d'élocution normale pour le groupe de personnes bègues, par rapport au groupe de contrôle et aux anciens sujets bègues, qui présentent des résultats similaires entre

eux. L'aire du triangle vocalique est plus restreinte pour les personnes souffrant de ce trouble de la communication.

5. L'accélération de la *vitesse d'élocution*, en tant que *perturbateur naturel* du système de production-perception de la parole, engendra-t-elle les mêmes conséquences pour les trois groupes de sujets ?

Réponse : En vitesse d'élocution rapide, les valeurs temporelles absolues accusent une certaine compression pour les trois groupes de sujets. Cependant, exprimée en termes relatifs, cette compression des durées vocaliques, consonantiques, du V.O.T. et du V.T.T. s'estompe voire s'annule dans certains cas.

En ce qui concerne le domaine fréquentiel, un phénomène d'« *undershoot* » se déroule dans les productions vocaliques des sujets-témoins, ainsi que dans celles des locuteurs ayant suivi une thérapie. En revanche, aucune modification formantique n'a eu lieu pour les voyelles produites par le groupe de locuteurs bègues. Il semblerait ainsi que les mouvements réalisés par ces derniers soient moins flexibles par rapport aux autres groupes. Autrement dit, le groupe de personnes bègues rencontrerait des difficultés à adapter ses réalisations articulatoires aux contraintes imposées par le contexte.

Perspectives

Nous projetons d'étudier la discoordination des mouvements glottiques à l'aide de techniques stroboscopiques et électroglottographiques qui permettraient, sans doute, de caractériser quantitativement le timing relatif des gestes d'abduction et d'adduction des cordes vocales. Il deviendrait alors possible d'analyser le signal glottique (et ses attributs cinématiques) en relation et en synchrone avec le signal temporel acoustique, afin de mettre au jour les particularités articulatoire-acoustiques des gestes oro-laryngés chez les sujets bègues.

Il serait utile d'étendre nos recherches à l'analyse de toutes les voyelles du français, cela pour pouvoir calculer l'aire du triangle, selon les groupes, comprenant cette fois-ci toutes ces voyelles.

Malgré la difficulté à trouver des locuteurs bègues désireux de participer aux expériences en production de la parole, le fait d'enregistrer davantage de sujets produisant un plus grand nombre d'échantillons de parole devrait permettre de :

1. Vérifier la robustesse de nos résultats ;
2. Contrôler de manière plus robuste la notion d'homogénéité du groupe de sujets bègues, malgré l'aspect relatif de cette notion.

Bibliographie

- ABRY C. AUTESSERRE D. BARRERA C. BENOIT C. BOE L.J. CAELEN J. CAELEN-HAUMONT G. ROSSI M. SOCK R. VIGOUROUX N. (1985) Propositions pour la segmentation et l'étiquetage des sons du français. 14^e JEP du GCP du GALF, 156-163
- ABRY C. LALLOUACHE T. (1995) Le M.E.M. : un modèle d'anticipation paramétrable par locuteur. Données sur l'arrondissement en français, *Bulletin de la Communication Parlée*, 3, 85-99
- ADAMS M.R. (1974) A physiologic and aerodynamic interpretation of fluent and stuttered speech. *Journal of Fluency Disorders*, 1, 35-47
- ADAMS M.R. (1984) Differential assessment and direct treatment of stuttering. *In* J. Costello (Ed.), *Speech disorders in children*, 261-290
- ADAMS M.R. (1990) The demands and capacities model I: theoretical elaborations. *Journal of Fluency Disorders*, 15, 135-141
- ADAMS M.R. HAYDEN P. (1972) The ability of stutterers and non stutterers to initiate and terminate phonation during production of isolated vowel. *Journal of Speech and Hearing Research*, 15, 572-578
- ADAMS M.R. REISS R. (1971) The influence of the onset of phonation and the frequency of stuttering. *Journal of Speech and Hearing Research*, 14, 639-44
- AGNELLO J. (1975) Voice Onset and Voice Termination features of stutterers. *In* L.M. Webster & L.C. Furst (Eds.), *Vocal Tract dynamics and dysfluency*. New York: Speech and Hearing Institute
- ALFONSO P.J. (1991) Implications of the concepts underlying task-dynamic modeling on kinematic studies of stuttering, *in* H.F.M. Peters W. Hulstijn C.W. Starkweather, 79-100
- AMAZEEN P.G. SCHMIDT R.C. TURVEY M.T. (1995) Frequency detuning of the phase entrainment dynamics of visually coupled rhythmic movements. *Biological Cybernetics*, 72, 511-518
- AMERMAN J.D. PARNELL M.M. (1981) Influence of context and rate of speech on stop-consonant recognition, 9(3), 323-332
- ANDREWS G. HARRIS M. (1964) *The syndrome of stuttering*. London, Spastics Society

- ANDREWS G. MORRIS-YATES A. HOWIE P. MARTIN N.G. (1991) Genetic factors in stuttering confirmed, *Archives of general psychiatry*, 48 (11), 1034-1035
- BARLOW S.M. FARLEY G.R. ANDREATTA R.D. (1999) Neural systems in speech physiology. *In* S.M. Barlow (Ed.), *Handbook of clinical speech physiology*, 101-163. San Diego, CA: Singular Publishing Group, Inc.
- BEATTIE G.W. BRADBURY R.J. (1979) An experimental investigation of the modifiability of the temporal structure of spontaneous speech. *Journal of Psycholinguistic Research*, 8, 225-248
- BEILOCK S.L. CARR T.H. MACMAHON C. STARKES J.L. (2002) When paying attention becomes counterproductive: impact of divided versus skill-focused attention on novice and experienced performance of sensorimotor skills. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 8, 6-16
- BELL-BERTI F. HARRIS K. (1981) *A Temporal Model of Speech Production*. *Phonetica* 38, 9-20.
- BENQUEREL A.P. ADELMAN S. (1976) *Perception of coarticulated lip rounding*. *Phonetica* 33, p.113-126.
- BENQUEREL A.P. COWAN H.A. (1974) *Coarticulation of upper lip protrusion in French*. *Phonetica* 30, p. 41-55.
- BENQUEREL A.P. HIROSE H. SAWASHIMA M. USHIJIMA T. (1978) Laryngeal control in French stop production: a fiberoptic, acoustic and electromyographic study. *Folia phoniatrica* 30: 175-198
- BLOMGREN M. ROBB M. CHEN Y. (1998) A note on Vowel Centralization in Stuttering and Nonstuttering Individuals. *In* *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 41, 1042-1051
- BORDEN G.J. ARMSON J. (1987) Coordination of laryngeal and supralaryngeal behavior in stutterers. *In* H.F.M. Peters W. Hulstijn (Eds.), *Speech motor dynamics in stuttering*. Wien, Austria: Springer-Verlag, 209-214
- BOSSHARDT H.G. (1997) Speech fluency under dual-task conditions. *Journal of Fluency Disorders*, 22, 113
- BOSSHARDT H.G. (2002) Effects of concurrent cognitive processing on the fluency of word repetition: comparison between persons who do and do not stutter. *Journal of Fluency Disorders*, 27, 93-114

- BOUCHER V. LAMONTAGNE M. (2001) Effects of speaking rate on the control of vocal fold vibration: clinical implications of active and passive aspects of devoicing. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 44, 1005-1014
- BOUTSEN F.R. BRUTTEN G.J. WATTS C.R. (2000) Timing and intensity variability in the metronomic speech of stuttering and nonstuttering speakers. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 43, 513-520
- BRAUN A.R. VARGA M. STAGER S. SCHULZ G. SELBIE S. MAISOG J.M. CARSON R.E. LUDLOW C.L. (1997) Altered patterns of cerebral activity during speech and language production in developmental stuttering. *Brain*, 120, 761-784
- BROWMAN C.P. GOLDSTEIN L. (1991) Gestural structures: distinctiveness, phonological processes, and historical change. *In* I.G. Mattingly M. Studdert-Kennedy (Eds), *Modularity and the motor theory of speech perception*, 313-338. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates
- BUCHANAN J.J. KELSO J.A. (1999) To switch or not to switch: recruitment of degrees of freedom stabilizes biological coordination. *Journal of Motor Behavior*, 31, 126-144
- CARUSO A.J. ABBS J.H. GRACCO V.L. (1988) Kinematic analysis of multiple movement coordination during speech in stutterers. *Brain*, 111 (Pt 2), 439-456
- CARUSO A.J. CHODZKO-ZAJKO W.J. BIDINGER D.A. SOMMERS R.K. (1994) Adults who stutter: responses to cognitive stress. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 37, 746-754
- CARUSO A.J. GRACCO V.L. ABBS J.H. (1987) A speech motor control perspective on stuttering: preliminary observations. *In* H.F.M. Peters W. Hulstijn (Eds), *Speech motor dynamics in stuttering*, 245-258. Vienna: Springer-Verlag
- CATHIARD M.A. (1994) *La perception visuelle de l'anticipation des gestes vocaliques : Cohérence des événements audibles et visibles dans le flux de la parole*. Thèse doctorale de Psychologie cognitive. Université Pierre Mendès-France. Grenoble II.
- CHANG S.-E. OHDE R.N. CONTURE E.G. (2002) Coarticulation and formant transition rate in young children who stutter. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 45, 676-688
- CHEVRIE-MULLER C. (1963) Application de l'électroglottographie à l'étude de la phonation au cours du bégaiement. *Mémoire d'orthophonie*
- CHO T. LADEFOGED P. (1999) Variations and universals in VOT: evidence from 18 languages. *Journal of Phonetics*, 27, 207-229
- COHN A. (1993) Nasalization in English: phonology or phonetics. *Phonology*, 10, 43-81

- CONTURE E.G. MCCALL G.N. BREWER D.W. (1977) Laryngeal Behaviour during Stuttering. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 20(4): 661-668
- CONTURE E.G. SCHWARTZ H.D. BREWER D.W. (1985) Laryngeal behaviour during stuttering: a further study. *Journal of Speech and Hearing Research*, 28, 233-240
- COX N.J. (1988) Molecular genetics: the key to the puzzle of stuttering?, *ASHA*, 30 (4), 36-40
- CROSS D. LUPER H. (1979) Voice reaction times of stuttering and nonstuttering children and adults. *Journal of Fluency Disorders*, 4, 59-77
- CROSS D. SHADDEN B. LUPER H. (1979) Effects of stimulus ear presentation on the voice reaction times of adult stutterers and nonstutterers. *Journal of Fluency Disorders*, 4, 45-58
- DE NIL L.F. (1995) The influence of phonetic context on temporal sequencing of upper lip, lower lip and jaw peak velocity and movement onset during bilabial consonants in stuttering and nonstuttering adults. *Journal of Fluency Disorders*, 20, 127-144
- DE NIL L.F. ABBS J.H. (1991) Kinaesthetic acuity of stutterers and non-stutterers for oral and non-oral movements. *Brain*, 114 (5), 2145-2158
- DEKLE D.J. FOWLER C.A. FUNNELL M.G. (1992) Audiovisual integration in perception of real words. *Perceptual Psychophysiology*, 51, 355-362
- DIXIT R.P. (1975) Neuromuscular aspects of laryngeal control, with special reference to Hindi. Austin, University of Texas, dissertation
- DOCHERTY G. (1992) The timing of voicing in British English obstruents. Berlin; New York: Foris
- FANT G. (1960) Acoustic Theory of speech production. The Hague Mouton
- FELSENFELD S. KIRK K. M. ZHU G. STATHAMTATHAM D.J. NEALE M.C. MARTIN N.G. (2004) A Study of the Genetic and Environmental Etiology of Stuttering in a Selected Twin Sample, *Behavior Genetics*, 30, 359-366
- FISCHER-JÖRGENSEN E. (1954) Acoustic analysis of stop consonants. *Miscellanea Phonetica*, 2, 42-59
- FITTS P.M. (1954) The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47, 381-391
- FOURAKIS M. PORT R. (1986) Stop epenthesis in English. *Journal of Phonetics*, 14, 197-221
- FOWLER C.A. (1994) Invariants, specifiers, cues: An investigation of locus equations as information for place of articulation. *Perception and Psychophysics*, 55, 597-610

- FOWLER C.A. (1996) Listeners do hear sounds, not tongues. *Journal of the Acoustical Society of America*, 99, 1730-1741
- FOX P.T. INGHAM R.J. INGHAM J.C. HIRSCH T.B. DOWNS J.H. MARTIN C. JERABEK P. GLASS T. LANCASTER J.L. (1996) A PET study of the neural systems of stuttering, *Nature*, 382, 158-161
- FREEMAN F.J. USHIJIMA T. (1978) Laryngeal muscle activity during stuttering. *Journal of speech and hearing research*, 21, 538-559
- GAY T. HARRIS K.S. (1971) Some recent developments in the use of electromyography in speech research. *Journal of Speech and Hearing Research*, 14, 241-246
- GAY T. HARRIS K.S. (1971) Some recent developments in the use of electromyography in speech research. *Journal of Speech and Hearing Research*, 14, 241-246
- GOLDMAN-EISLER F. (1968) *Psycholinguistics. Experiments in spontaneous speech*. New York academic Press
- GRACCO V.L. (1994) Some organizational characteristics of speech movement control. *Journal of Speech and Hearing Research*, 37, 4-27
- GUTHRIE E.R. (1952) *The psychology of learning*. New York: Harper and Row
- HALL K.D. AMIR O. YAIRI E. (1999) A longitudinal Investigation of Speaking Rate in Preschool Children who Stutter. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 42, 1367-1377
- HARDCASTLE W.J. (1973) Some observations on the Tense-Lax distinction in initial stops in Korean. *Journal of Phonetics*, 1, 263-271
- HARDCASTLE W.J. (1973) Some observations on the Tense-Lax distinction in initial stops in Korean. *Journal of Phonetics*, 1, 263-271
- HARRINGTON J. (1984) The implications of stuttering for speech production: evidence from English and Cantonese. *Edinburgh University, Department of Linguistics Work in Progress*, 17, 39-58
- HARRINGTON J. (1987) Coarticulation and stuttering: an acoustic and electropalatographic study. *In Speech Motor Dynamics in stuttering*, Eds. Peters H.F.M. Hulstijn (Eds), Springer-Verlag, 381-392
- HEALEY E.C. HOWE S.W. (1987) Speech shadowing characteristics of stutterers under diotic and dichotic conditions. *Journal of Communication Disorders*, 20, 493-506
- HENKE W. (1966) *Dynamic Articulatory Model of Speech Production using Computer Simulation*. Ph. D. dissertation M.I.T., Cambridge.

- HERATH P. KLINGBERG T. YOUNG J. AMUNTS K. ROLAND P. (2001) Neural correlates of dual task interference can be dissociated from those of divided attention: an fMRI study. *Cerebral Cortex*, 11, 796-805
- HIGUCHI T. (2000) Disruption of kinematic coordination in throwing under stress. *Japanese Psychological Research*, 42, 168-177
- HIROSE H. (1975) The posterior cricoarytenoid as a speech muscle. *Annual Bulletin, Research, Institute of Logopedics and Phoniatics, University of Tokyo*, 9, 47-66
- HIROSE H. GAY T. (1972), The activity of the laryngeal muscles in voicing control: An electromyographic study. *Phonetica*, 25, 140-164
- HIRSCH F. (2007) Perturbation de l'organisation temporelle chez les bègues et les anciens bègues : le cas du V.O.T., *In Perturbations et Réajustements ó Langue et Langage*, Université Marc Bloch, 89-99
- HIRSCH F. FAUVET F. FERBACH-HECKER V. BECHET M. BOUAROUROU F. (2007) Formant structures of vowels produced by stutterers at normal and fast speech rates, *International Phonetic Sciences Saarbrucken*, 1345-1348
- HOGDEN J. LOFQVIST A. GRACCO V. ZLOKARNIK I. RUBIN P. SALTZMAN E. (1996). Accurate recovery of articulator positions from acoustics: new conclusions based on human data. *Journal of the Acoustical Society of America*, 100, 1819-1834
- HOOD L.J. (1998) An overview of neural function and feedback control in human communication. *Journal of Communication Disorders*, 31, 461-469
- HOWELL P. (1983) The effect of delaying auditory feedback of selected components of the speech signal. *Perceptual Psychophysiology*, 34, 387-396
- HOWELL P. (1990) Changes in voice level caused by several forms of altered feedback in fluent speakers and stutterers. *Language and Speech*, 33 (Pt 4), 325-338
- HOWELL P. AU-YEUNG J. PILGRIM L. (1999) Utterance rate and linguistic properties as determinants of lexical dysfluencies in children who stutter. *Journal of the Acoustical Society of America*, 105, 481-490
- HOWELL P. EL-YANIV N. POWELL D.J. (1987) Factors Affecting Fluency in Stutterers when Speaking Under Altered Auditory Feedback. *In H. Peters W. Hulstijn (Eds.), Speech Motor Dynamics in Stuttering*. New York: Springer Press, 361-369
- HOWELL P. SACKIN S. RUSTIN L. (1995) Comparison of speech motor development in stutterers and fluent speakers between 7 and 12 years old. *Journal of Fluency Disorders*, 20(3), 243-255

- HOWELL P. VAUSE L. (1986) Acoustic Analysis and Perception of Vowels in Stuttered Speech. *Journal of the Acoustical Society of America*, 79, 1571-1579
- HOWIE P.M. (1981) Intrapair similarity in frequency of disfluency in monozygotic and dizygotic twin pairs containing stutterers, *Behavior Genetics*, Springer, 11, 227-238
- HUNT W.R. (1984) *The Psychology of Stuttering: The Insights of I. Peter Glauher*. *Contemporary Psychoanalysis*, 20, 464-470
- JOHANSEN-BERG H. MATTHEWS M. (2002) Attention to movement modulates activity in sensori-motor areas, including primary motor cortex. *Experimental Brain Research*, 142, 13-24
- JOHNSON W. (1942) A semantic theory of stuttering. *In* E. Hahn (Ed.) *Stuttering: Significant Theories and Therapies*, Stanford Univ. Press
- JONES J.A. MUNHALL K.G. (2000) Perceptual calibration of F0 production: evidence from feedback perturbation. *Journal of the Acoustical Society of America*, 108, 1246-1251
- KAGAYA R. HIROSE H. (1975) Fiberoptic, electromyographic and acoustic analysis of Hindi stop consonants. *Annual Bulletin, Research Institute of Logopedics and Phoniatics, University of Tokyo*, 9, 27-46
- KALINOWSKI J. ARMSON J. STUART A. (1995) Effect of normal and fast articulatory rates on stuttering frequency. *Journal of Fluency Disorders*, 20, 293-302
- KALINOWSKI J. STUART A. (1996) Stuttering amelioration at various auditory feedback delays and speech rates. *European Journal of Disorders of Communication*, 31, 259-269
- KALINOWSKI J. STUART A. RASTATTER M.P. SNYDER G. DAYALU V. (2000) Inducement of fluent speech in persons who stutter via visual choral speech. *Neuroscience Letters*, 281, 198-200
- KALVERAM K.T. (1993) A neural-network model enabling sensorimotor learning: application to the control of arm movements and some implications for speechmotor control and stuttering. *Psychological Research*, 55, 299-314
- KALVERAM K.T. NATKE U. (1997) Stuttering and misguided learning of articulation and phonation, or why it is extremely difficult to measure the physical properties of limbs. *In* W. Hulstijn H.F.M. Peters P.H.H.M. van Lieshout (Eds), *Speech production: motor control, brain research and fluency disorders*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 89-98
- KEATING P.A. (1984) Phonetic and phonological representation of stop consonant voicing. *Language*, 60, 286-319

- KEATING P.A. (1984) Phonetic and phonological representation of stop consonant voicing, *Language*, 60, 286-319
- KEATING P.A. (1985) Universal phonetics and the organization of grammars. *In* *Phonetic linguistics: essays in honor of Peter Ladefoged* (V. Fromkin, Ed), Orlando: Academic Press, 115-132.
- KEATING P.A. (1990) Phonetic representations in a generative grammar. *Journal of Phonetics*, 18, 321-334
- KELSO J.A.S. (1995) *Dynamic patterns. The self-organization of brain and behavior.* Cambridge, MA: A Bradford Book (MIT Press)
- KENT R. (1984) Stuttering as a temporal programming disorder. *In* R. Curlee W. Perkins (Eds.), *Nature and treatment of stuttering: New directions*, 283-301
- KENT R.D. (1983) The segmental organization of speech. *In* P.F. Mac-Neilage (Ed.), *The production of speech*, 57-89. New York: Springer-Verlag
- KESSINGER R. BLUMSTEIN S.E. (1998) Effects of speaking rate on voice-onset time in Thai, French, and English. *J. Phonetics*, 25, 143-168
- KLATT D. (1975) Voice onset time, frication and aspiration in word-initial consonant clusters. *Journal of Speech and Hearing Research*, 18, 686-706
- KLEINOW J. SMITH A. (2000) Influences of length and syntactic complexity on the speech motor stability of the fluent speech of adults who stutter. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 43, 548-559
- KLICH R. MAY G. (1982) Spectrographic study of vowels in stutterers' fluent speech. *Journal of Speech and Hearing Research*, 25, 364-370
- KLOTH S.A.M. JANSSEN P. KRAAIMAAT F.W. BRUTTEN G.J. (1995) Speechmotor and linguistic skills of young stutterers prior to onset. *Journal of Fluency Disorders. Special Issue: Festschrift to Gene J. Brutten*, 20(2), 157-170
- KOZHEVNIKOV V.A. CHISTOVICH L.A. (1965) *Speech: Articulation and Perception.* English translation: U.S. Dept. of Commerce, Clearing House for Federal Scientific and Technical Information
- KROLL R.M. DE NIL L.F. KAPUR S. HOULE S. (1997) A positron emission tomography investigation of post-treatment brain activation in stutterers, *In* H.F.M. Peters W. Hulstijn (Eds.), *Proceedings of the third international conference on speech motor production and fluency disorders*, Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science Publishers, 307-320

- KUEHN D.P. MOLL K. (1976) A cineradiographic study of VC and CV articulatory velocities. *Journal of Phonetics*, 4, 303-320
- LEHISTE I. SHOCKEY L. (1972) *On the Perception of coarticulation effects in English CVC syllables*. *Journal of Speech and Hearing Research*, 15, 500-506.
- LENNEBERG E.G. (1967) *Biological foundations of language*. John Wiley & Sons, New York
- LIBERMAN A.M. COOPER F.S. SHANKWEILER D.P. STUDDERT-KENNEDY M. (1967) Perception of the speech code. *Psychological Review*, 74, 431-461
- LIBERMAN A.M. DELATTRE P.C. COOPER F.S. (1958) Some cues for the distinction between voiced and voiceless stops in initial position. *Language and Speech*, 1, 153-167
- LINDBLOM B. (1963) On vowel reduction, Report #29, The Royal Ins. of Tech., Speech Transmission Laboratory, Stockholm, Sweden
- LINDBLOM B. (1986) Phonetic universals in vowels systems. In *Experimental Phonology*. J.J. OHALA (Ed.), 13-44
- LINDBLOM B. SUNDBERG J. (1971) Acoustical consequences of lip, jaw, and larynx movement. *Journal of the Acoustical Society of America*, 50, 1166-1179
- LISKER L. (1974) On time and timing in speech. In T.A. Sebeok (Ed.), *Current Trends in Linguistics*, 12, The Hague: Mouton, 2387-2418
- LISKER L. ABRAMSON A. (1964) A cross-language study of voicing in initial stops: Acoustical measurements. *Word*, 20, 384-422
- LÜBKER J. LINDGREN R. (1982) *The Perceptual Effects of anticipatory Coarticulation*. In P.Hurme (Ed), *Papers in speech Research* (p.252-271), Institute of Finnish Language and Communication, University of Jyväskylä.
- MADDIESON I. (1997) Phonetic Universals. In the *Handbook of Phonetic Sciences*, LAVER J. & Hardcastle W.J. (Eds), Oxford Blackwells, 619-639
- MAEDA S. (1999), Labialization during /k/ followed by a rounded vowel is not anticipation but the auditorily required articulation, ICPH 99, Congress San Francisco.
- MASMOUDI I. (1990) *Etude acoustique des transitions [i>y] en français*. T.E.R. de maîtrise, Science du langage, Université Stendhal, Grenoble.
- MCCAWLEY J.D. (1968) *The Phonological Component of a grammar of Japanese*. The Hague: Mouton

- MCCLEAN M.D. RUNYAN C.M. (2000) Variations in the relative speeds of orofacial structures with stuttering severity. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 43, 1524-1531
- MCFARLANE S.C. PRINS D. (1978) Neural Response Time of Stutterers in Selected Oral Motor Tasks, *Journal of Speech and Hearing Research*, 21(4), 768-778
- MCFARLANE S.C. SHIPLEY K.G. (1981) Latency of Vocalization Onset for Stutterers and Nonstutterers under Condition of Auditory and Visual Cueing, *Journal of Speech and Hearing Research*, 46(3), 307-312
- MILLER J.L. (1987) Mandatory processing in speech perception: A case study. *In* J. Garfield (Ed.), *Modularity in Knowledge Representation and Natural-Language Understanding*. MIT Press/Bradford Books
- MILLER J.L. BAER T. (1983) Some effects of speaking rate on the production of /l/ and /w/. *Journal of the Acoustical Society of America*, 73, 1751-1755
- MILLER J.L. GREEN K.P. REEVES A. (1986) Speaking rate and segments: A look at the relation between speech production and speech perception for the voicing contrast. *Phonetica*, 43, 106-115
- MILLER J.L. VOLAITIS L.E. (1989) Effect of speaking rate on the perceptual structure of a phonetic category. *Perception & Psychophysics*, 46(6), 505-512
- MONFRAIS-PFAUWADEL M.C. TROMELIN O. MOUGIN A.L. ORMEZZANO Y. (2005) Utilisation des explorations multimédia synchrones dans l'objectivation des événements laryngés lors des bégayages, *Revue de Laryngologie, Otologie, Rhinologie*, 5, 126 (5), 341-345
- NAMASIVAYAM A.K. VAN LIESHOUT P.H.H.M. (2001) Compensation and adaptation to static perturbations in people who stutter. *In* B. Maassen W. Hulstijn R.D. Kent H.F.M. Peters P.H.H.M. van Lieshout (Eds), *Speech motor control in normal and disordered speech*, 253-257. Nijmegen, The Netherlands: Uitgeverij Vantilt
- NATKE U. (2000) Reduction of stuttering frequency using frequency-shifted and delayed auditory feedback. *Folia Phoniatica Logopedica*, 52, 151-159
- NITTROUER S. STUDDERT-KENNEDY M. MCGOWAN R.S. (1989) The Emergence of Phonetic Segments: Evidence From The Spectral Structure Of Fricative-Vowel Syllables Spoken By Children And Adults. *Journal of Speech and Hearing Research*, 32, 120-132
- OHMAN S. (1966) *Numerical Model of Coarticulation*. Department of Speech Communication, Royal Institute of Technology, Stockholm.

- OHMAN S. (1967) *Coarticulation in VCV Utterances : Spectrographic Measurements.*
J.Acous.Soc.Am.39, 151-168.
- ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE (1977) Manual of the international statistical classification of diseases, injuries, causes of death, Genève, World Health Organization, 1
- ORTON S.T. (1928) A physiological theory of reading disability and stuttering in children, New England Journal of Medicine, 199, 1046-1052
- PALLAUD B. XUEREB R. (2008) Les troncations de mots chez un locuteur bègue, Travaux Interdisciplinaires du Laboratoire Parole et Langage, à venir
- PERKELL J.S. CHIANG C. (1986), Preliminary support for a «Hybrid Model» of Anticipatory Coarticulation. 12th International Congress of Acoustics, Toronto, Canada, A 3-6.
- PERKINS W. RUDAS J. JOHNSON L. BELL J. (1976) Stuttering: Discoordination of phonation with articulation and respiration. Journal of Speech and Hearing Research, 19, 509-522
- PERRIER P. PAYAN Y. MARRET R. (2004) Modéliser le physique pour comprendre le contrôle : le cas de l'anticipation en production de parole, L'anticipation à l'horizon du Présent, Sock R., Vaxelaire B. (Eds), Mardaga, 159-177
- PETERS H.F. HULSTIJN W. STARKWEATHER C.W. (1989) Acoustic and physiological reaction times of stutterers and nonstutterers. Journal of Speech and Hearing Research, 32, 668-680
- PETERSON G.E. LEHISTE I. (1960) Duration of syllable nuclei in English, Journal of the Acoustical Society of America, 32, 693-703
- PICKET J.M. (1980) The sounds of speech communication. Austin
- PIERREHUMBERT J.B. (1980) The phonology and phonetics of English intonation. MIT dissertation
- PIERREHUMBERT J.B. (1990) Phonological and phonetic representation. Journal of Phonetics, 18, 375-394
- PIHAN H. ALTENMULLER E. HERTRICH I. ACKERMANN H. (2000) Cortical activation patterns of affective speech processing depend on concurrent demands on the subvocal rehearsal system. ADC-potential study. Brain, 123 (Pt 11), 2338-2349
- PIND J. (1995) Speaking rate, voice-onset time, and quantity: The search for higher-order invariants for two Icelandic speech cues, Perception & Psychophysics, 57, 291-304

- PORT R.F. (1981) Linguistic timing factors in combination. *Journal of the Acoustical Society of America*, 69, 262-274
- POSTMA A. (2000) Detection of errors during speech production: a review of speech monitoring models. *Cognition*, 77, 97-132
- PROSEK R. MONTGOMERY A. WALDEN B. HAWKINS D. (1987) Formant frequencies of stuttered and fluent vowels. *Journal of Speech and Hearing Research*, 30, 301-305,
- ROBB M. BLOMGREN M. (1997) Analysis of F2 Transitions in the Speech of Stutterers and Nonstutterers. *Journal of Fluency Disorders*, 22, 1-16
- SCHMIDT R.A. (1988) *Motor control and learning: a behavioral emphasis*. Champaign, IL: Human Kinetics
- SCHUMACHER E.H. SEYMOUR T.L. GLASS J.M. FENCSEK D.E. LAUBER E.J. KIERAS D.E. (2001) Virtually perfect time sharing in dual-task performance: uncorking the central cognitive bottleneck. *Psychological Science*, 12, 101-108
- SCHWARTZ J.-L. BOË L.-J. VALLEE N. ABRY C. (1997a) Major trends in vowel system inventories. *Journal of Phonetics* 25, 233-253.
- SCHWARTZ J.-L. BOË L.-J. VALLEE N. ABRY C. (1997b) The dispersion-focalization theory of vowel systems. *Journal of Phonetics* 25, 255-286.
- SCHWARTZ M.F. (1975) The core of stuttering bloc. *Journal of speech and hearing disorders*, 40, 135-136
- SHAPIRO A.I. (1980) An Electromyographic Analysis of the Fluent and Dysfluent Utterances of Several Types of Stutterers, *Journal of Fluency Disorders*, 5(3), 1980, 203-232
- SMITH A. KLEINOW J. (2000) Kinematic correlates of speaking rate changes in stuttering and normally fluent adults. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 43, 521-536
- SOCK R. (1983) L'organisation temporelle de l'opposition de quantité vocalique en wolof de Gambie. Thèse de 3^e cycle, ICP Grenoble
- SOCK R. (1998) Organisation temporelle en production de la parole. Emergence de catégories sensori-motrices phonétiques. Doctorat d'Etat ès Sciences Humaines. Université Stendhal - Grenoble 3, 479 p.
- SOCK R. BENOIT C. (1986) VOTs et VTT en français. 15^{èmes} Journées d'Etudes sur la Parole du Groupe Communication Parlée organisées par le GALF, Aix en Provence, 307-310

- SOLI S.D. (1981) *Second Formants in fricatives : Acoustic consequences of fricative-vowel coarticulation*. Journal of the Acoustical Society of America, 70 (4), 976-984.
- STAGER S.V. DENMAN D.W. LUDLOW C.L. (1997) Modifications in aerodynamic variables by persons who stutter under fluency-evoking conditions. Journal of Speech Language and Hearing Research, 40, 832-847
- STARKWEATHER C.W. (1987) Fluency and stuttering. Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs, N.J.
- STARKWEATHER C.W. FRANKLIN S. SMIGO T.M. (1984) Vocal and finger reaction times in stutterers and non-stutterers: Differences and correlations. Journal of Speech and Hearing Research, 27, 193-196
- STARKWEATHER C.W. HIRSCHMAN P. TANNENBAUM R.S. (1976) Latency of vocalization: Stutterers vs. nonstutterers. Journal of Speech and Hearing Research, 19, 481-492
- STEVENS K.N. (1999) Acoustic phonetics. Cambridge: MIT Press
- STEVENS K.N. KEYSER S.J. KAWASAKI H. (1986) Toward a phonetic and phonological theory of redundant features. *In* Invariance and variability in speech processes, J.S. Perkell D.H. Klatt (Eds)
- STOFFREGEN T.A. BARDY B.G. (2001) On specification and the senses. Behavioural Brain Science, 24, 195-213
- STORY R.S. ALFONSO P.J. HARRIS K.S. (1996) Pre- and posttreatment comparison of the kinematics of the fluent speech of persons who stutter. Journal of Speech and Hearing Research, 39, 991-1005
- STROMSTA C. (1965) A spectrographic study of dysfluences labelled as stuttering by parents. *De Therapia Vocis et Loquela*. Proceedings of the 13th Congress of the International Association of Logopedics and Phoniatics, Vienna, 1, 317-320
- STROMSTA C. (1975), cité à partir de F2 transitions during SSRs of children who stutter and prediction of stuttering chronicity by Yaruss S.J. Conture E.J. (1993), Journal of Speech and Hearing Research, 36, 883-896
- SUBRAMANIAN A. YAIRI E. AMIR O. (2003) Second formant transitions in fluent speech of persistent and recovered preschool children who stutter, Journal of Communication Disorders, 36 (1), 59-75
- SUMMERFIELD A. Q. MACLOED A. MCGRATH, M. BROOKE, N.M. (1989). Lips, teeth, and the benefits of lipreading. In A.W. Young & H.D. Ellis (Eds.) Handbook of Research in Face Processing, Amsterdam: North Holland.

- SUMMERFIELD Q. (1981) Articulatory rate and perceptual constancy in phonetic perception. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7(5), 1074-1095
- SUOMI K. (1980) Voicing in English and Finnish stops. A typological comparison with an interlanguage study of the two languages in contact. *Turun yliopiston suomalaisen ja yleisen kielitieteen laitoksen julkaisuja*, 10
- SUSSMAN H. HOEMEKE K. MCCAFFREY H. (1992) Locus equations as an index of coarticulation and place of articulation distinctions in children. *Journal of Speech and Hearing Research*, 35, 397-420
- TREFFNER P.J. TURVEY M.T. (1996) Symmetry, broken symmetry, and handedness in bimanual coordination dynamics. *Experimental Brain Research*, 107, 463-478
- VAISSIÈRE J. (1997) Phonological use of the larynx: a tutorial, *Larynx* 97, 115-126
- VAN DEN BERG J. (1958) Myoelastic theory of voice production, *Journal of Speech and Hearing Research*, 1, 277-244
- VAN LIESHOUT P.H. HULSTIJN W. PETERS H.F. (1996) From planning to articulation in speech production: what differentiates a person who stutters from a person who does not stutter? *Journal of Speech and Hearing Research*, 39, 546-564
- VAN LIESHOUT P.H. PETERS H.F. STARKWEATHER C.W. HULSTIJN W. (1993) Physiological differences between stutterers and nonstutterers in perceptually fluent speech: EMG amplitude and duration. *Journal of Speech and Hearing Research*, 36, 55-63
- VAN LIESHOUT P.H.H.M. (1995) Motor planning and articulation in fluent speech of stutterers and nonstutterers. University of Nijmegen, The Netherlands
- VAN LIESHOUT P.H.H.M. HULSTIJN W. PETERS H.F.M. (2004) Searching for the weak link in the speech production chain of people who stutter: A motor skill approach, *Speech Motor Control In Normal And Disordered Speech*, Oxford, UK, Oxford University Press, 313-356
- VAN LIESHOUT P.H.H.M. RUTJENS C.A.W. SPAUWEN P.H.M. (2002) The dynamics of interlip coupling in speakers with a repaired unilateral cleft-lip history. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 45, 5-19
- VAN RIEPER C. (1982) *The nature of stuttering*. (2nd edition) New Jersey: Prentice-Hall
- VAN RIPER C. (1970) The use of DAF in stuttering therapy. *British Journal of Disorders of Communication*, 5, 40-45

- VANRYCKEGHEM M. GLESSING J.J. BRUTTEN G.J. MCALINDON P. (1999) The main and interactive effect of oral reading rate on the frequency of stuttering. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 8, 164-170
- VATIKOTIS E. OSTRY D.J. (1995) An analysis of the dimensionality of jaw motion in speech. *Journal of Phonetics*, 23, 101-117
- VAXELAIRE B. (1995) Single vs. Double (Abutted) Consonants across Speech Rate. X-Ray and Acoustic Data for French. XIIIe Congrès International des Sciences Phonétiques (ICPhS), 13-19 août 1995, Stockholm, Suède, vol. 1, 384-387
- VAXELAIRE B. SOCK R. BONNOT J.-F. KELLER D. (1999) Anticipatory labial activity in the production of French rounded vowels, ICPH 99, Congress San Francisco.
- VAXELAIRE B. SOCK R. HIRSCH F. ROY J.P. Anticipatory laryngeal movements: an X-ray investigation, XVIe Congrès International des Sciences Phonétiques, 2007, 525-528
- VINCENT (2005) *Le bégaiement. La parole désorchestrée*, Les Essentiels Milan.
- VOLAITIS L.E. MILLER J.L. (1992) Phonetic prototypes: Influence of place of articulation and speaking rate on the internal structure of voicing categories. *Journal of the Acoustical Society of America*, 92(2), 723-735
- WARD D. (1997) Intrinsic and extrinsic timing in stutterers' speech: Data and implications. *Language and Speech*, 40, 289-310
- WATKINS R.V. YAIRI E. AMBROSE N.G. (1999) Early Childhood Stuttering III : Initial Status of expressive Language Abilities . *Journal of Speech and Hearing Research*, 42, 1125-1135
- WATSON B.C. ALFONSO P.J. (1982) Comparison of LRT and VOT between stutterers and nonstutterers, *Journal of Fluency Disorders*, 7, 219-241
- WATSON B.C. ALFONSO P.J. (1983) Foreperiod and stuttering severity effects on acoustic laryngeal reaction time, *Journal of Fluency Disorders*, 8, 189-205
- WATSON B.C. ALFONSO P.J. (1987) Physiological bases of acoustic LRT in nonstutterers, mild stutterers, and severe stutterers. *Journal of Speech and Hearing Research*, 30(4), 434-447
- WIENEKE G.H. EIJKEN E. JANSSEN P. BRUTTEN G.J. (2001) Durational Variability in the Fluent Speech of Stutterers and Nonstutterers. *Journal of Fluency Disorders*, 26, 13-53
- WINGATE M.E. (1964) A standard definition of stuttering. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 29, 484-489

- WINGATE M.E. (1976) *Stuttering, Theory and Treatment*. New York: Irvington Publishers
- WINGATE M.E. (1976) *Stuttering: theory and therapy*. New York: Irvington
- WINGATE M.E. (1977) Immediate source of stuttering. *In* R.W. Rieber & Wollock (Eds),
The problem of stuttering; Theory and Therapy. New York: Elsevier, North Holland
Inc.
- YAIRI E. AMBROSE N. (1992) Onset of stuttering in preschool children. Selected factors,
Journal of speech and Hearing Research, 35, 782-788
- YARUSS J.S. (1999) Utterance length, syntactic complexity, and childhood stuttering.
Journal of Speech Language and Hearing Research, 42, 329-344
- YARUSS J.S. CONTURE E. (1993) F2 transition during sound/syllable repetitions of
children who stutter and predictions of stuttering chronicity. Journal of Speech and
Hearing Research, 36, 883-896
- ZEBROWSKI P. CONTURE E. CUDAHY E. (1985) Acoustic analysis of young stutterers'ø
fluency: preliminary observations. Journal of Fluency Disorders, 10, 173-192
- ZERLING J.P. (1979) *Articulation et coarticulation dans les groupes occlusive-voyelle en
français. Etude cinématographique et acoustique : contribution à la modélisation du
conduit vocal, thèse de doctorat de 3^e cycle, Nancy II*
- ZIMMERMANN G. (1980) Articulatory dynamics of fluent utterances of stutterers and
nonstutterers. Journal of Speech & Hearing Research, 23, 95-107

ANNEXES

ANNEXE 1 : QUELQUES CONSIDERATIONS SUR LE LARYNX

Le larynx se trouve dans la partie médiane du cou, sous la racine de la langue. Plus précisément, il est situé dans la région sub-hyodienne, au-dessus de la trachée. L'ensemble en question est mobile avec la déglutition. Sa mise en action peut être « automatique », comme dans les moments de déglutition, ou volontaire quand il s'agit de phonation.

On peut décrire le larynx comme ayant trois étages :

- Une partie dilatée qui se trouve en arrière de l'épiglotte, sous l'os hyoïde. C'est le vestibule laryngé, également appelé étage sus-glottique ;
- Une partie rétrécie qui forme la glotte, ou l'étage glottique. C'est à ce niveau que se trouvent les cordes vocales. Nous sommes ici dans la partie centrale de l'appareil laryngé ;
- Une dernière partie dilatée, autrement dit l'étage sous-glottique.

La limite inférieure de l'étage sus-glottique correspond à un bourrelet qui va de l'avant vers l'arrière et qui constitue la bandelette ventriculaire. Elle est constituée du ligament ventriculaire et d'une partie de la membrane élastique.

Au niveau du récessus se situe le ventricule laryngé. Une deuxième saillie située au début de l'étage glottique correspond à la corde vocale proprement dite. Elle est constituée d'un ligament vocal et du muscle thyroaryténoïdien.

Lors du fonctionnement laryngé en phonation, on constate que la glotte formée de deux bordures va alternativement s'ouvrir et se fermer, ce qui pulsera l'air et produira la voix.

Les replis inférieurs correspondent aux cordes vocales. Elles délimitent la fente. Quant au ventricule laryngé, il intervient dans la formation du timbre.

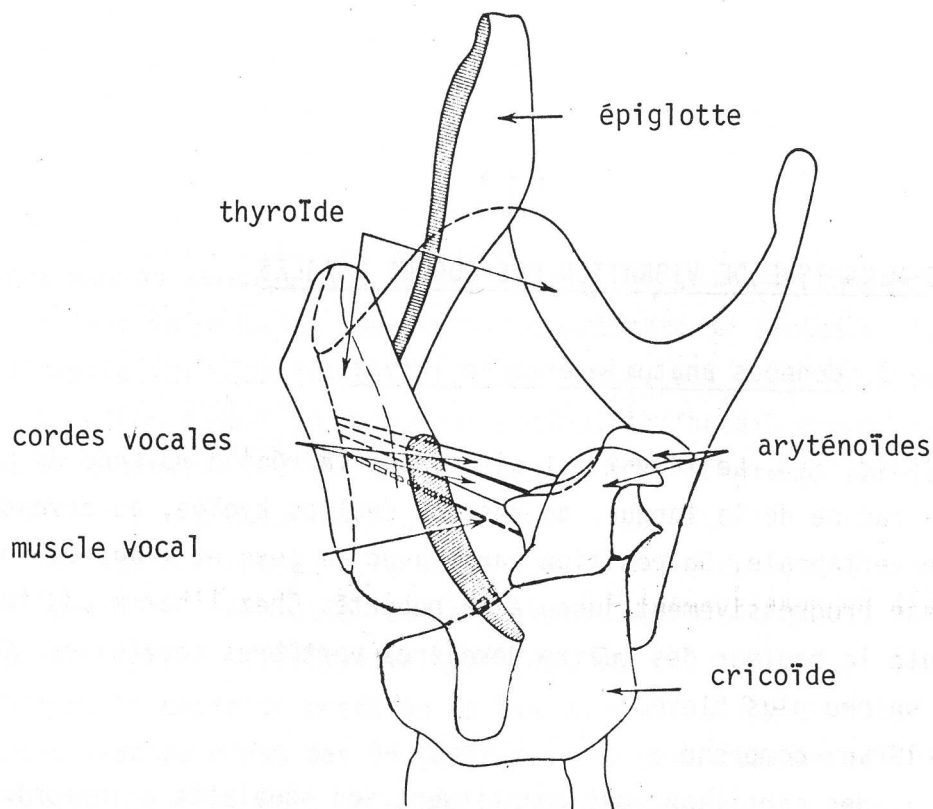


Figure 1: Représentation schématique du larynx (Ranke et Lullies, 1953)

Pour description plus fine des différents éléments qui composent le larynx, on peut distinguer les cartilages, les ligaments et les muscles.

1. Les cartilages et leurs articulations principales durant la phonation

1.1. Le cartilage de la thyroïde

Située à la partie inférieure du cou, le cartilage du thyroïde a, schématiquement, une forme de papillon, comportant un mince corps central et deux ailes latérales appelées lobes. Ces ailes, épaisses, surmontent partiellement la trachée. Le thyroïde est en contact avec des éléments essentiels comme la trachée, l'œsophage en arrière, les quatre glandes parathyroïdes qui sont placées sur sa face postérieure, et les deux nerfs récurrents qui commandent la mobilité des cordes vocales et qui la traversent de bas en haut.

1.2. Le cartilage du cricoïde

Il est placé au-dessous du thyroïde. Très souvent, le cricoïde est décrit dans la littérature comme une bague à deux parties : la partie ventrale qui forme un arc antérieur et la partie dorsale qui représenterait le chaton.

1.3. Les aryténoïdes

Les aryténoïdes sont au nombre de deux. Elles sont symétriques et pourraient être décrites comme une pyramide triangulaire. La base des aryténoïdes repose sur le chaton cricoïdien et leur sommet est relié par un ligament au thyroïde.

1.4. L'épiglotte

L'épiglotte est une formation fibro-cartilagineuse située à la base de la langue, derrière l'os hyoïde. Elle joue le rôle d'une valve en fermant l'entrée du larynx lors de la déglutition, empêchant ainsi les aliments de pénétrer dans la trachée. On pense qu'elle intervient également dans la réalisation de certaines consonnes, appelées épiglottales.

La thyroïde, le cricoïde et les aryténoïdes sont donc les cartilages essentiels à la phonation. Il est également à noter que d'autres cartilages comme la cornicule ou le cartilage cunéiforme, qui sont situés dans les ligaments, sont aussi présents au niveau du larynx. Cependant, ils ne semblent pas avoir de rôle majeur dans la phonation.

Dans tous les cas, les cartilages ne peuvent être à l'origine de sons s'ils ne se déplacent pas en coordination.

1.5 Les articulations

Afin que la phonation soit réalisée, les muscles (voir supra) doivent permettre le déplacement des cartilages. C'est donc de ces mouvements, dont il sera question dans ce chapitre. Cette partie est le résumé des travaux de Sonesson (1959 ; 1970).

1.5.1. L'articulation crico-thyroïdienne

L'articulation crico-thyroïdienne est constituée de la corne inférieure de la thyroïde et de l'extérieur du cricoïde. Le thyroïde est fixe, et c'est le cricoïde qui sera mobile. Il peut tourner autour d'un axe de rotation horizontal et transverse. Ce mouvement permet soit un allongement des cordes vocales avec un accroissement de leur tension, soit une diminution de leur longueur et un relâchement. Autrement dit, un glissement vers l'avant de cette articulation aura pour conséquence de tendre les cordes vocales, alors qu'un mouvement vers l'arrière les détendra. Il s'agit en fait de l'articulation qui permet de changer de registre phonatoire.

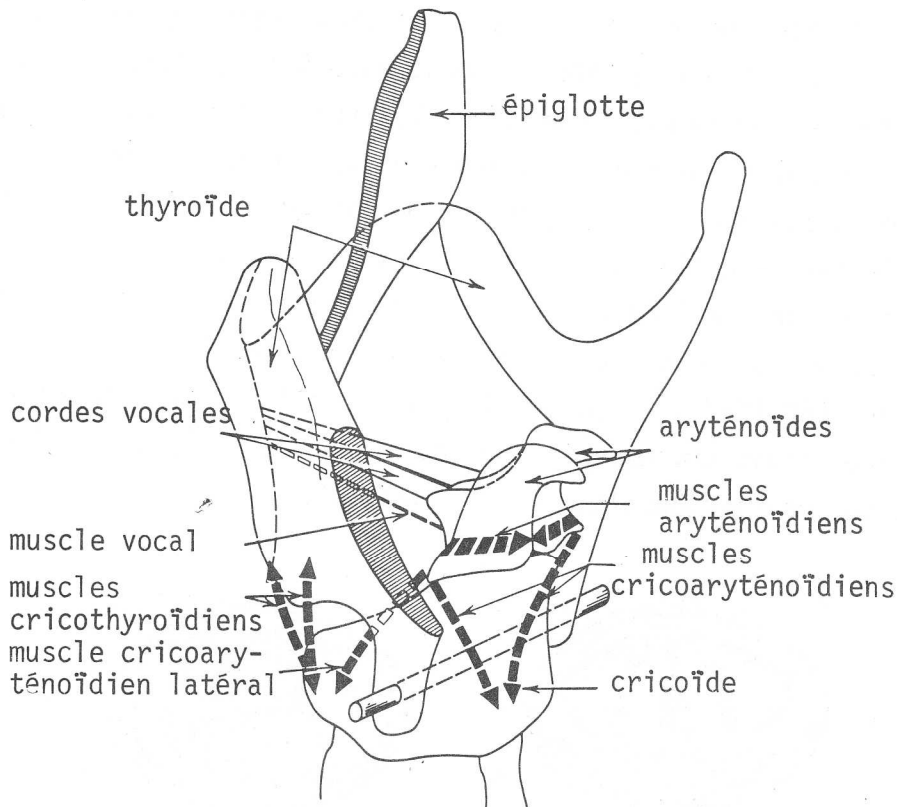


Figure 2: L'articulation cricothyroïdienne et son axe de rotation (Ranke & Lullies, 1953)

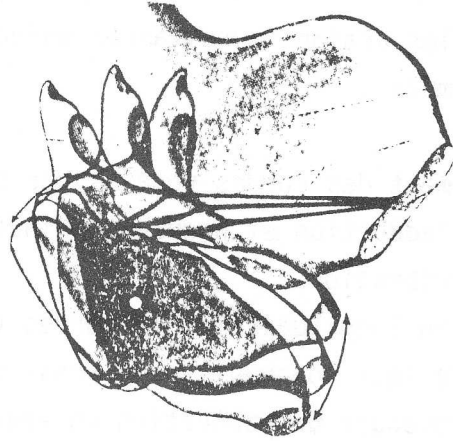


Figure 3: Le mouvement de rotation de l'articulation cricothyroïdienne. A noter que le point blanc désigne l'axe de rotation (Pernkopf, 1952)

Le mouvement de rotation de l'articulation cricothyroïdienne. A noter que le point blanc désigne l'axe de rotation (Pernkopf, 1952)

1.5.2. L'articulation crico-aryténoïdienne

L'articulation crico-aryténoïdienne est constituée de la partie inférieure concave de l'aryténoïde et de la partie convexe correspondante du cricoïde. Les mouvements consistent en des rotations obliques ayant pour conséquence un déplacement des cordes vocales le long de l'axe de rotation. D'après Boë (1977), les aryténoïdes peuvent effectuer un mouvement de rotation, ainsi qu'un déplacement de translation. Lors du mouvement de rotation, les cordes vocales s'élèvent en s'écartant latéralement, ou elles s'abaissent en se rapprochant. Au cours de la translation, les cordes vocales se déplacent le long de l'axe de rotation, c'est-à-dire obliquement et elles se rapprochent en s'élevant, ou s'écartent en s'abaissant.

2. Les ligaments

Il existe deux types de ligaments :

- ceux qui vont attacher les pièces cartilagineuses entre elles. Il s'agira des ligaments intrinsèques ;

- ceux qui permettent de relier les cartilages du larynx au reste de l'appareil respiratoire, autrement dit les ligaments extrinsèques.

3. Les muscles

Comme pour les ligaments, il est possible d'effectuer une distinction entre les muscles intrinsèques et les muscles extrinsèques.

Les muscles extrinsèques appartiennent, pour la plupart à des organes voisins du larynx, tout en étant partiellement insérés à celui-ci. Leur fonction est de relier le larynx au squelette, en assurant ainsi son positionnement. Par conséquent, même si ces muscles n'appartiennent pas au larynx à proprement dit, ils participent à la fonction phonatoire, puisqu'ils sont directement reliés aux cartilages. A l'intérieur de la catégorie des muscles extrinsèques, il est encore possible de distinguer les muscles sous-hyoïdiens des muscles sus-hyoïdiens. Le sterno-hyoïdien et le sterno-thyroïdien sont des muscles abaisseurs, antagonistes des muscles éleveurs. Pendant la phonation, ils ont pour rôle de stabiliser le larynx.

Quant aux muscles sus-hyoïdiens, autrement dit le génio-hyoïdien, le hyoglosse ou encore le stylo-hyoïdien, ils sont considérés comme les muscles éleveurs du larynx. Ainsi, pendant la phonation, les muscles sus-hyoïdiens peuvent élever le larynx et, à l'aide des sous-hyoïdiens, ils permettent une stabilisation de sa position. Il est encore à noter que, lorsque la fréquence de vibration des cordes vocales augmente, un accroissement de l'activité des muscles éleveurs est observé et le larynx s'élève (Faaborg-Andersen & Sonninen, 1960).

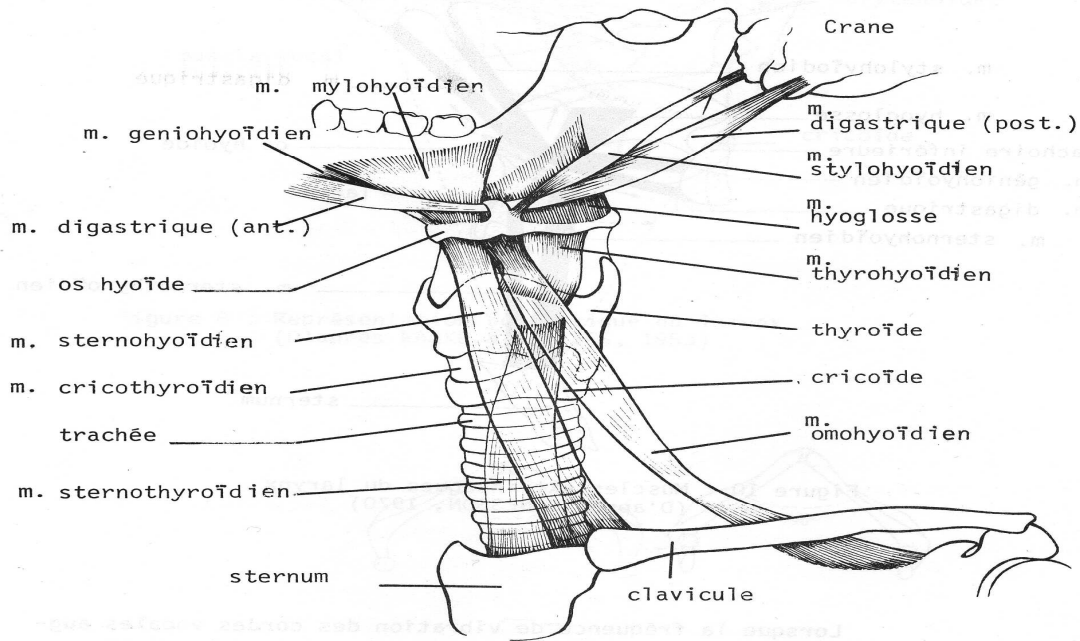


Figure 4: Muscles extrinsèques du larynx (Lumby in Fant & Scully, 1975)

On utilise le terme d'intrinsèques pour les muscles qui mobilisent les cartilages laryngés entre eux. Autrement dit, ils agissent directement sur le larynx.

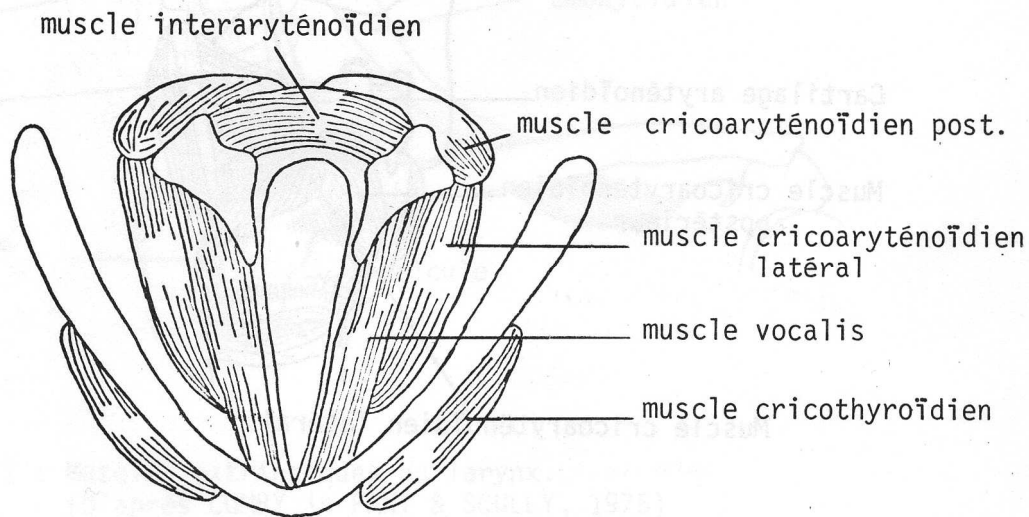


Figure 5 : Les principaux muscles intrinsèques

3.1. Les muscles crico-thyroïdiens (droit et oblique)

Les muscles crico-aryténoïdiens, qui sont au nombre de deux, ont pour origine l'arc antérieur du chaton et se terminent au niveau de la surface quadrilatère du cartilage de la thyroïde. Ils ont pour rôle de faire basculer la thyroïde sur le cricoïde, et donc de tendre les cordes vocales.

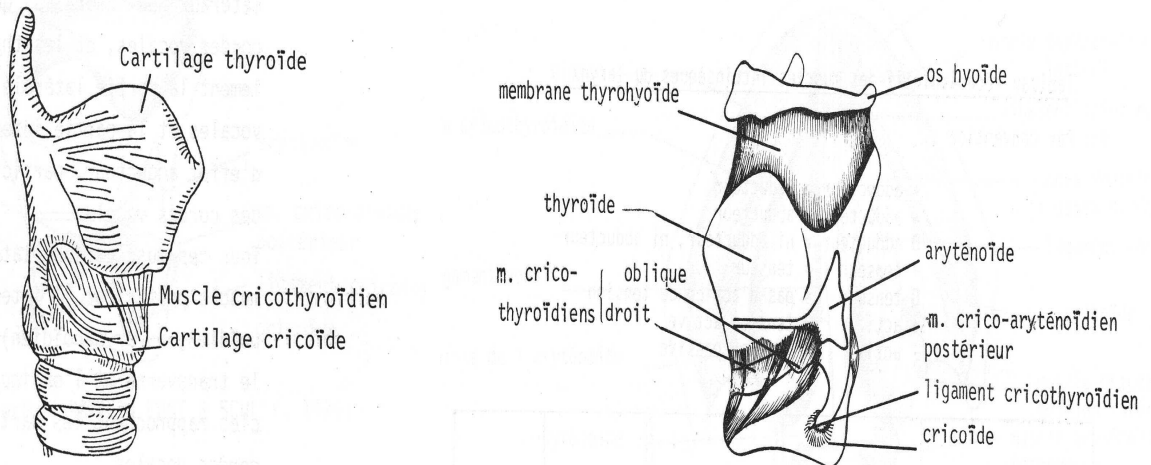


Figure 6: Emplacement des muscles cricothyroïdiens oblique et droit (Hirano & Ohala, 1967)

3.2. Les muscles crico-aryténoïdiens postérieurs

Il y a deux muscles crico-aryténoïdiens postérieurs. Ces derniers ont pour tâche de tirer les apophyses musculaires vers l'arrière, ce qui entraîne un écartement des cordes vocales. Le départ de leur mouvement se situe au niveau de la face postérieure du chaton, c'est-à-dire au niveau du cricoïde et se finit sur la surface quadrilatère du cartilage du thyroïde.

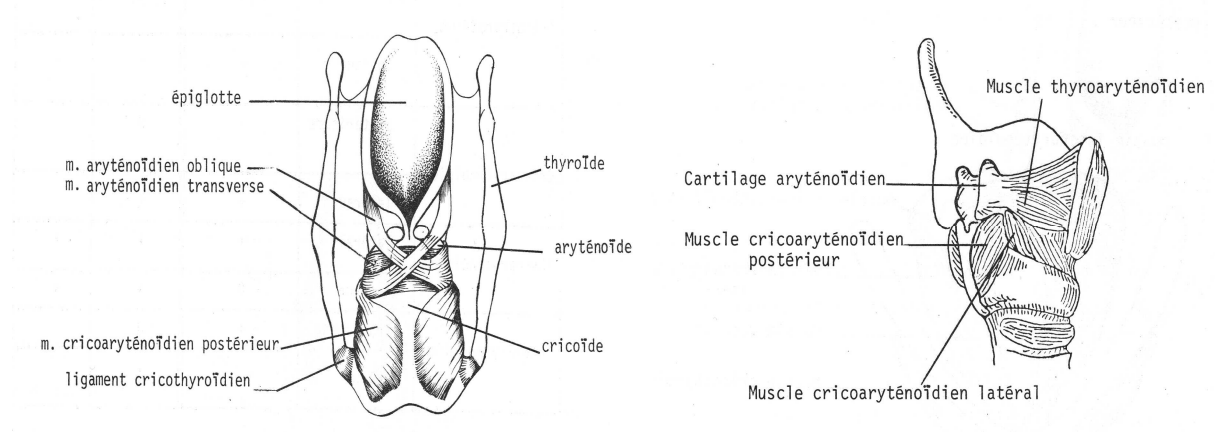


Figure 7 : Emplacement des muscles cricoaryténoïdiens postérieurs (Hirano & Ohala, 1967)

3.3. Les muscles crico-aryténoïdiens latéraux et les muscles thyro-aryténoïdiens

Les muscles crico-aryténoïdiens latéraux déterminent l'adduction des cordes vocales, tout comme les muscles thyro-aryténoïdiens. La partie latérale est adductrice des cordes vocales, alors que la partie interne (vocalis), qui n'a pas d'effet adducteur, participe à la régulation de la tension des cordes vocales. Signalons que ce muscle entre en action lors des renflements.

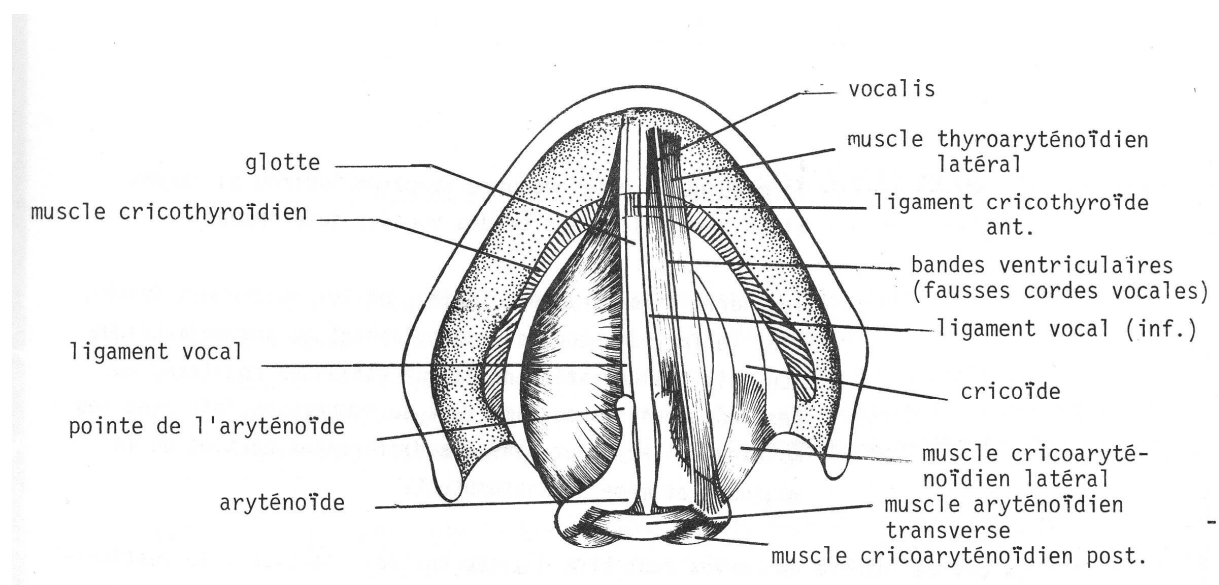


Figure 8: Emplacement des muscles crico-aryténoïdiens latéraux et les muscles thyro-aryténoïdiens (Lumby in Fant & Scully, 1975)

Les muscles crico-thyroïdiens et crico-aryténoïdiens postérieurs et latéraux sont donc les éléments tenseurs des cordes vocales. Les trois muscles décrits par la suite sont, quant à eux, considérés comme les muscles constricteurs.

3.3. Le muscle inter-aryténoïdien

Le muscle inter-aryténoïdien a pour principal tâche, lors de la phonation de rétrécir la glotte

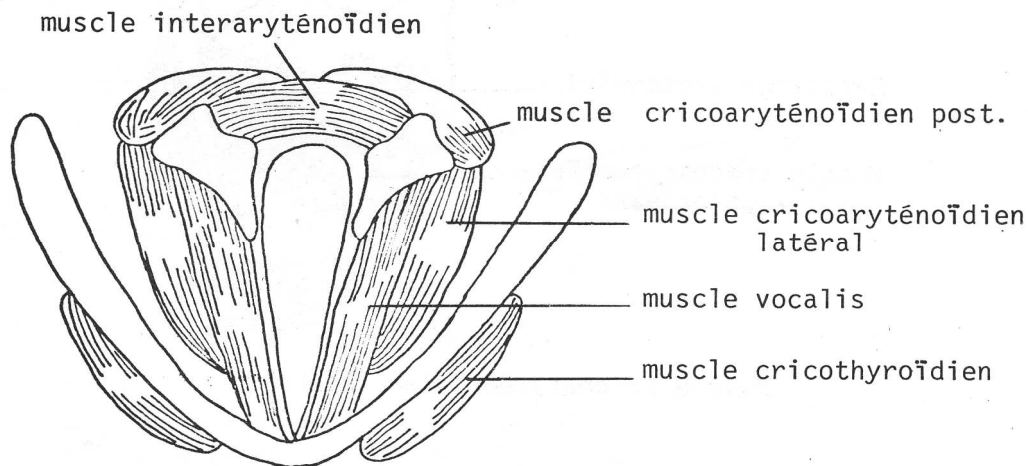


Figure 9 : Emplacement du muscle inter-aryténoïdiens (Lumby in Fant & Scully, 1975)

3.4. Les muscles thyro-aryténoïdiens inférieurs

Ils sont situés contre la paroi latérale de la membrane élastique et se renforcent au niveau du ligament vocal pour former le muscle de la corde vocale. Son action est double : elle consiste (1) à effectuer une constriction en poussant l'apophyse vocale vers l'intérieur et (2) elle participe à l'abaissement de l'épiglotte.

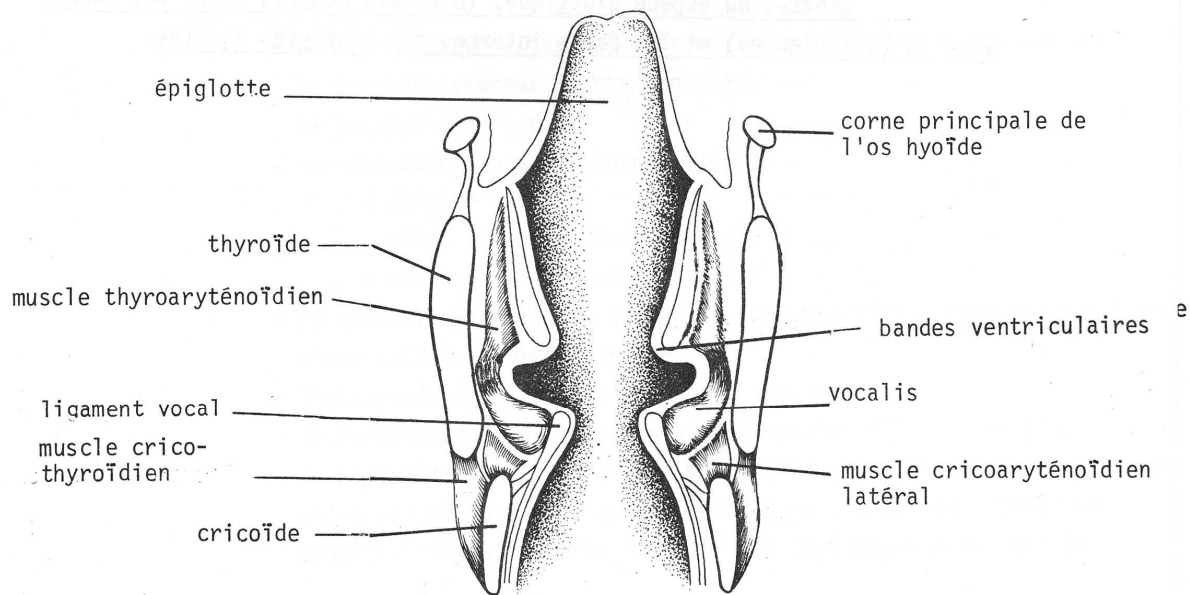


Figure 10: Emplacement du muscle thyro-aryténoïdiens (Lumby in Fant & Scully, 1975)

3.5. Les muscles aryténo-épiglottiques

Ce muscle est responsable de l'abaissement et du rétrécissement de la fente vocale.

4. Le mécanisme de la phonation

Le mécanisme des cordes vocales a pu être établi à l'aide de recherches effectuées sur le larynx d'hommes vivants, d'animaux et de cadavres.

Deux hypothèses permettent d'expliquer l'origine de la phonation : la théorie Neuro-chromatique de Husson (1950 ; 1955 ; 1960 ; 1962) et la théorie myo-élastique de Ewald (1898).

4.1. La théorie Neuro-chromatique (update)

Cette théorie suppose que les cordes vocales, et plus particulièrement leurs muscles, ont un rôle actif dans la production d'un son, et que la soufflerie pulmonaire est secondaire. Selon cette théorie, un signal nerveux parvient aux muscles des cordes vocales, qui se contractent jusqu'à ce qu'elles s'écartent. L'air sous-glottique va alors pouvoir passer. Puis les deux

muscles se décontractent et les cordes vocales se referment. Une fois la glotte refermée, un nouveau signal nerveux atteint les muscles et tout ce schéma se répète à nouveau. Par conséquent, cette théorie laisse penser que les cordes vocales peuvent vibrer sans qu'un flux d'air ne traverse la glotte ; il faut noter toutefois que, dans cas, il n'y aura pas de production de son.

Cette façon d'expliquer la phonation est moins utilisée de nos jours, cela se faisant au profit de la théorie myo-élastique.

4.2. La théorie myo-élastique (update)

La théorie myo-élastique (ou aéro-dynamique) semble en effet la plus satisfaisante pour décrire le mécanisme de vibration des cordes vocales. Ainsi, la fonction phonatoire du larynx dépend :

- Des propriétés aérodynamiques de l'air qui excite les cordes vocales ;
- De l'ajustement du larynx, déterminé par l'activité nerveuse de ses différents muscles et par leurs propriétés myo-élastiques ;
- Du couplage aérodynamique entre le larynx et les cavités sub- et supra-glottiques et du couplage entre les deux cordes vocales.

Pour résumer, les cordes vocales vibrent sous l'effet du passage de l'air à travers la glotte, ou plus précisément sous l'effet de la dépression de part et d'autre de l'espace glottique (pression inter-glottique). En plus de ces vibrations qui sont purement mécaniques, les muscles du larynx, excités par le système nerveux, interviennent dans le but d'effectuer un contrôle et des ajustements. Cette activation musculaire a des répercussions sur la répartition de la masse, la tension longitudinale, la compression latérale et la disposition des cordes vocales (Van den Berg, 1955).

Lorsque les cordes vocales sont presque en position de phonation, mais qu'elles sont encore légèrement écartées, ce qui peut être le cas en début de voisement (Farnsworth, 1940 ; Van den Berg, 1955 ; Van den Berg *et al.* 1957 ; Soron & Liberman, 1963), l'air issu des poumons

provoque un effet d'aspiration en traversant la glotte, appelé Effet Bernouilli. En d'autres termes, les cordes vocales sont attirées l'une vers l'autre, ce qui les fait se rapprocher puis s'accoler. Le passage de l'air est alors interrompu, l'effet de Bernouilli cesse et la pression sub-glottique engendre une force qui écarte à nouveau les cordes vocales. Celles-ci s'écarteront jusqu'à ce que la pression devienne inférieure à l'effet de rétro-aspiration, auquel va s'ajouter une force élastique. Les cordes vocales vont se rapprocher une nouvelle fois, s'accoler et ainsi de suite. Après quelques périodes de mises en train (trois ou quatre), le régime de vibration peut s'établir de façon stationnaire, à condition que les paramètres qui le déterminent gardent une valeur constante. Si les cordes vocales sont accolées au début de la phonation, elles sont écartées par la pression sub-glottique et le cycle se poursuit tel qu'il vient d'être décrit.

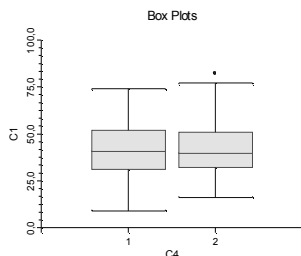
La forme de l'oscillation et sa fréquence dépendent donc de :

- La pression intra-glottique ;
- La longueur des cordes vocales, leur masse ;
- La tension et la compression latérale des cordes vocales et leur disposition ;
- Les effets de couplage avec les cavités sub- et supra-glottiques ;
- L'interaction entre les cordes vocales.

Les théories neuro-chromatique et myo-élastique sont donc des sources d'explication de la phonation. Cependant, le but de la phonation, dans le domaine de la parole, est de produire des sons intelligibles. Pour ce faire, un contrôle des mouvements laryngaux, et plus précisément un contrôle du timing est nécessaire. Il y a en effet, une forte inter-dépendance entre les activités laryngales et supra-laryngales. Cette inter-dépendance peut se mesurer, notamment en observant quand a lieu l'ouverture glottique par rapport au geste supra-glottique.

ANNEXE 2 : ANALYSES DE VARIANCE (ANOVA)

Box Plot Section



Expected Mean Squares Section

Source	Term	Denominator	Expected
Term	DF	Fixed?	Term Mean Square
A (C4)	1	Yes	S(A)
S(A)	1800	No	S(A)

Note: Expected Mean Squares are for the balanced cell-frequency case.

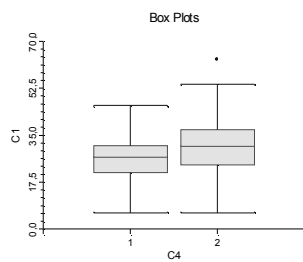
Analysis of Variance Table

Source	Sum of Mean	Prob	Power
Term	DF	Squares	Square F-Ratio
Level (Alpha=(0,05))			
A (C4)	1	1189,4725829183	1189,4725829183
S(A)	1798	339395,934949403	190,993773184808
Total (Adjusted)	1799	340585,407532321	
Total	1800		

* Term significant at alpha = 0,05

Figure 11: Comparaison de la durée relative du V.O.T. entre les locuteurs de contrôle et les locuteurs bègues.

Box Plot Section



Expected Mean Squares Section

Source	Term	Denominator	Expected
Term	DF	Fixed?	Term Mean Square
A (C4)	1	No	S(A) S+sA
S(A)	600	No	S(A)

Note: Expected Mean Squares are for the balanced cell-frequency case.

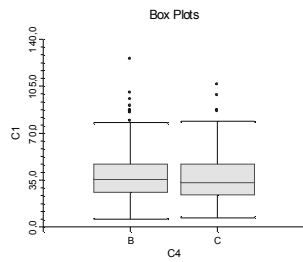
Analysis of Variance Table

Source	Sum of Mean	Prob	Power
Term	DF	Squares	Square F-Ratio Level (Alpha=(0,05)
A (C4)	1	2144,6995366762	2144,6995366762 24,99 0,97821
S(A)	598	29180,0870130314	85,8237853324453
Total (Adjusted)	599	31324,7865497076	
Total	600		

* Term significant at alpha = 0,05

Figure 12: Comparaison de la durée relative du V.T.T. entre les locuteurs de contrôle et les locuteurs bègues.

Box Plot Section



Expected Mean Squares Section

Source	Term	Denominator	Expected
Term	DF	Fixed?	Term Mean Square
A (C4)	1	No	S(A) S+sA
S(A)	1800	No	S(A)

Note: Expected Mean Squares are for the balanced cell-frequency case.

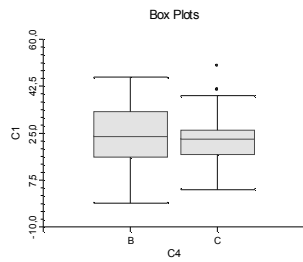
Analysis of Variance Table

Source	Sum of Mean	Prob	Power	
Term	DF	Squares	Square F-Ratio	Level (Alpha=(0,05)
A (C4)	1	857,515272756922	857,515272756922	2,92 0,588039
S(A)	1798	267888,999513662	294,060372682395	
Total (Adjusted)	1799	268746,514786418		
Total	1800			

* Term significant at alpha = 0,05

Figure 13: Comparaison de la durée absolue du V.O.T. entre les locuteurs de contrôle et les locuteurs bègues.

Box Plot Section



Expected Mean Squares Section

Source	Term	Denominator	Expected
Term	DF	Fixed?	Term Mean Square
A (C4)	1	Yes	S(A) S+sA
S(A)	600	No	S(A)

Note: Expected Mean Squares are for the balanced cell-frequency case.

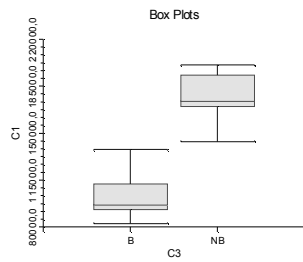
Analysis of Variance Table

Source	Sum of Mean	Prob	Power			
Term	DF	Squares	Square F-Ratio	Level (Alpha=(0,05)		
A (C4)	1	253,4558	253,4558	2,94	0,087110	0,701796
S(A)	598	29444,92	86,09624			
Total (Adjusted)		599	29698,37			
Total	600					

* Term significant at alpha = 0,05

Figure 14: Comparaison de la durée absolue du V.T.T. entre les locuteurs de contrôle et les locuteurs bègues.

Box Plot Section



Expected Mean Squares Section

Source	Term	Denominator	Expected	
Term	DF	Fixed?	Term	Mean Square
A (C3)	1	Yes	S(A)	S+sA
S(A)	28	No		S(A)

Note: Expected Mean Squares are for the balanced cell-frequency case.

Analysis of Variance Table

Source	Sum of Mean	Prob	Power		
Term	DF	Squares	Square F-Ratio	Level (Alpha=(0,05)	
A (C3)	1	4,299594E+10	4,299594E+10	151,35 0,000000*	1,000000
S(A)	28	7,954122E+09	2,840758E+08		
Total (Adjusted)	29	5,095006E+10			
Total	30				

* Term significant at alpha = 0,05

Figure 15: Comparaison de l'aire du triangle vocalique entre les locuteurs de contrôle et les locuteurs bègues.

2. Etude du V.O.T. et du V.T.T.

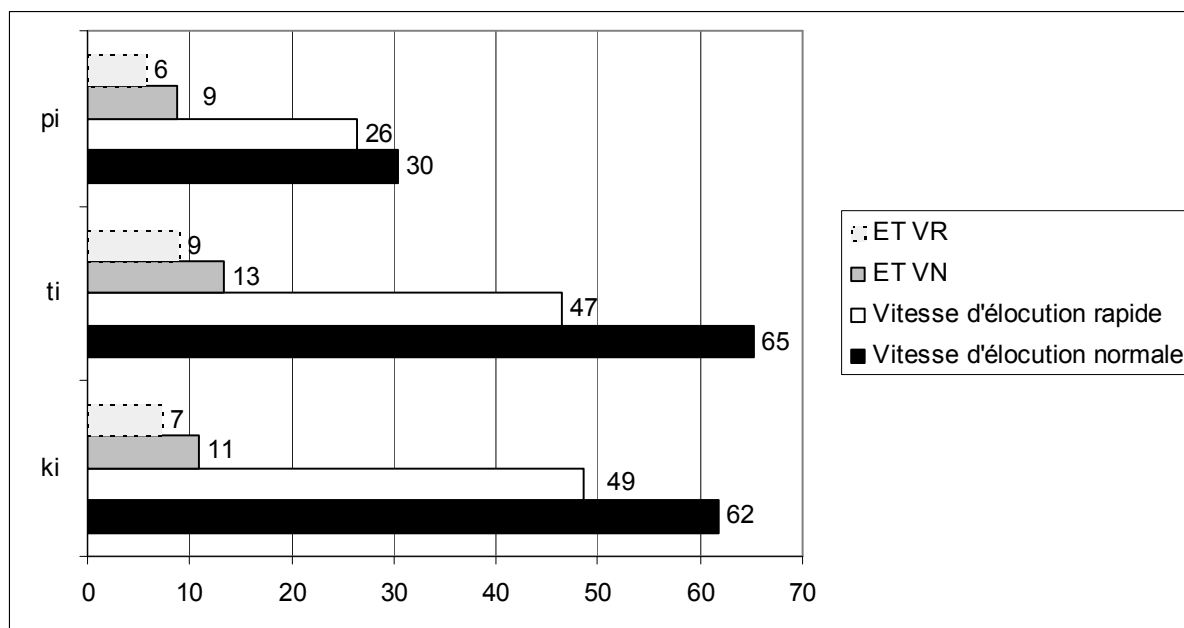


Figure 16 : comparaison de la durée absolue du V.O.T. des séquences /pi/, /ti/ et /ki/ prononcées par le groupe de contrôle en vitesses d'élocution normale et rapide.

En termes de valeurs absolues, la figure 1 permet de constater que la durée du V.O.T. est plus longue dans la séquence [ti], étant donné que ce paramètre a été mesuré à 65 ms en moyenne, tandis que l'intervalle C.F.O. – V.V.O. pour [ki] est de 62 ms. A noter encore que le V.O.T. dans la syllabe [pi] s'élevant à 26 ms. En ce qui concerne les écarts-types des V.O.T., ils sont plus élevés pour les séquences [ti] et [ki] puisqu'ils ont respectivement été quantifiés à 13 ms et 11 ms, celui pour [pi] étant de 9 ms.

L'augmentation de la vitesse d'élocution entraîne une baisse de la durée absolue des délais d'établissement du voisement. Ainsi la durée du V.O.T. pour [ki] passe de 65 ms à 49 ms. De même, ce paramètre passe de 65 ms à 47 ms pour [ti] et de 30 ms à 26 ms pour [pi]. Les écarts-types diminuent également en vitesse d'élocution rapide puisque la dispersion n'atteint plus que 7 ms pour le V.O.T. de [ki], 9 ms pour [ti] et 6 ms pour [pi].

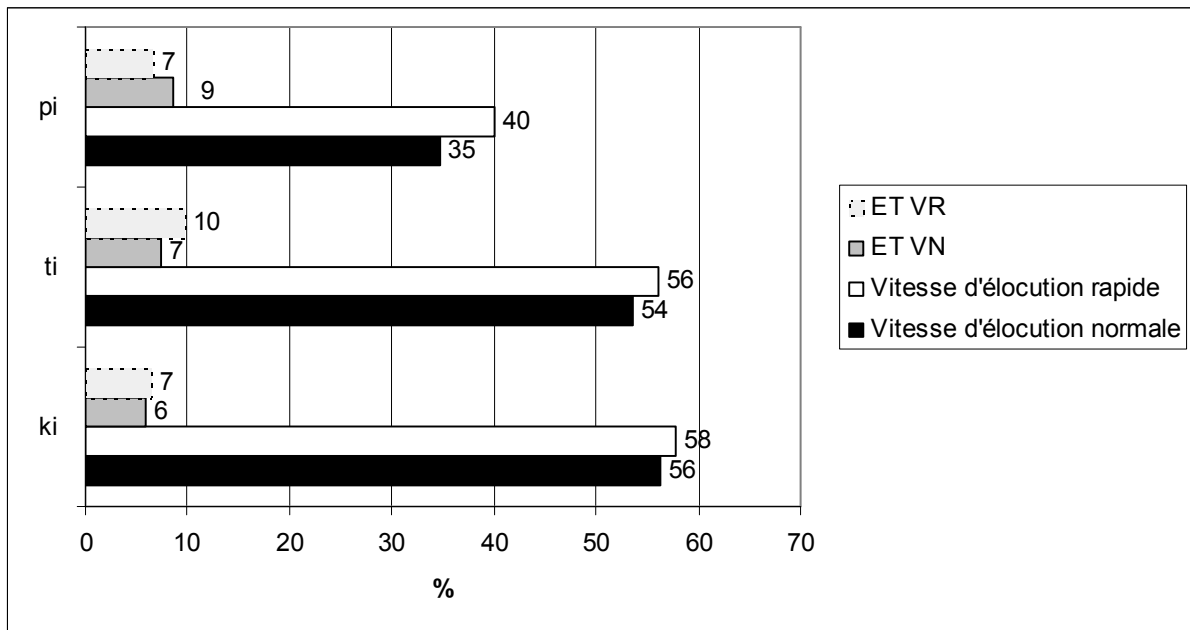


Figure 17 : comparaison de la durée relative du V.O.T. des séquences /pi/, /ti/ et /ki/ prononcées par le groupe de contrôle en vitesses d'élocution normale et rapide.

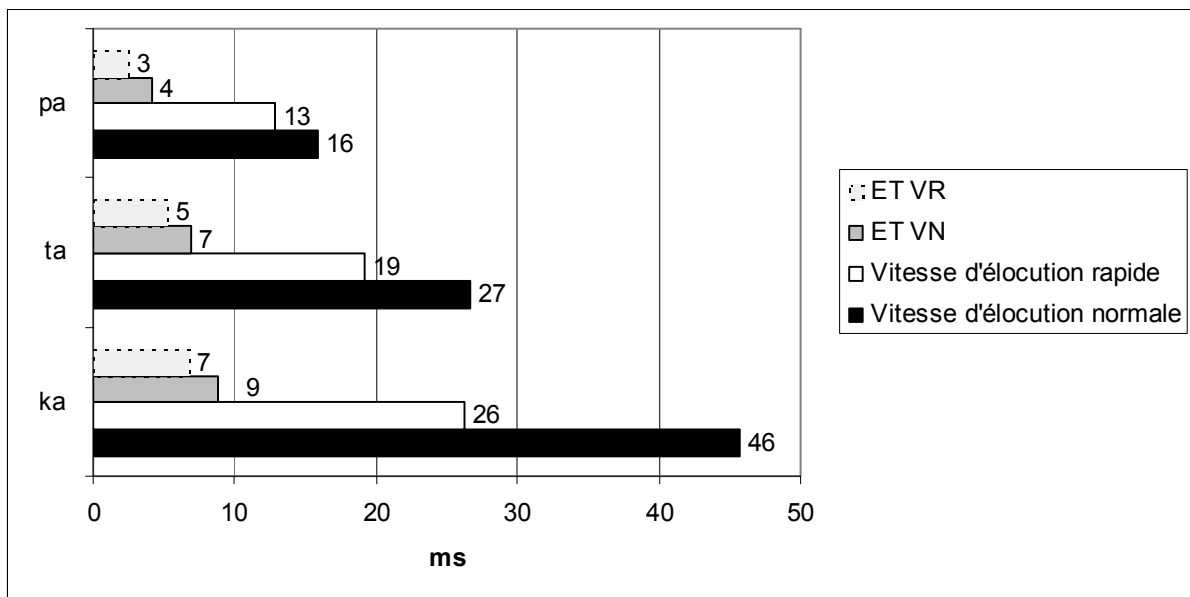


Figure 18 : comparaison de la durée absolue du V.O.T. des séquences /pi/, /ti/ et /ki/ prononcées par le groupe de contrôle en vitesses d'élocution normale et rapide.

La comparaison du V.O.T. entre [pa], [ta] et [ka] prononcés en vitesse d'élocution normale nous révèle que ce paramètre est plus long pour la séquence comprenant le [k] (figure 5) puisqu'il est de 46 ms, le délai d'établissement du voisement n'étant que de 27 ms pour le [ta]. Pour ce qui est de la syllabe [pa], le voisement s'établit en 16 ms en moyenne.

Lorsque la vitesse d'élocution est très élevée, le V.O.T. passe à 26 ms pour [ka] et à 19 ms pour [ta]. Il diminue très légèrement également pour [pa] en atteignant 13 ms.

Quant à la dispersion, elle diminue en vitesse d'élocution rapide :

- Elle passe de 9 ms à 7 ms pour [ka] ;
- Elle est de 7 ms en vitesse normale et de 5 ms en vitesse rapide ;
- Celle-ci a été quantifiée à 4 ms en vitesse normale et à 3 ms en vitesse rapide.

A noter que cette diminution observée est vraiment très légère. On parlera ainsi plutôt de tendance.

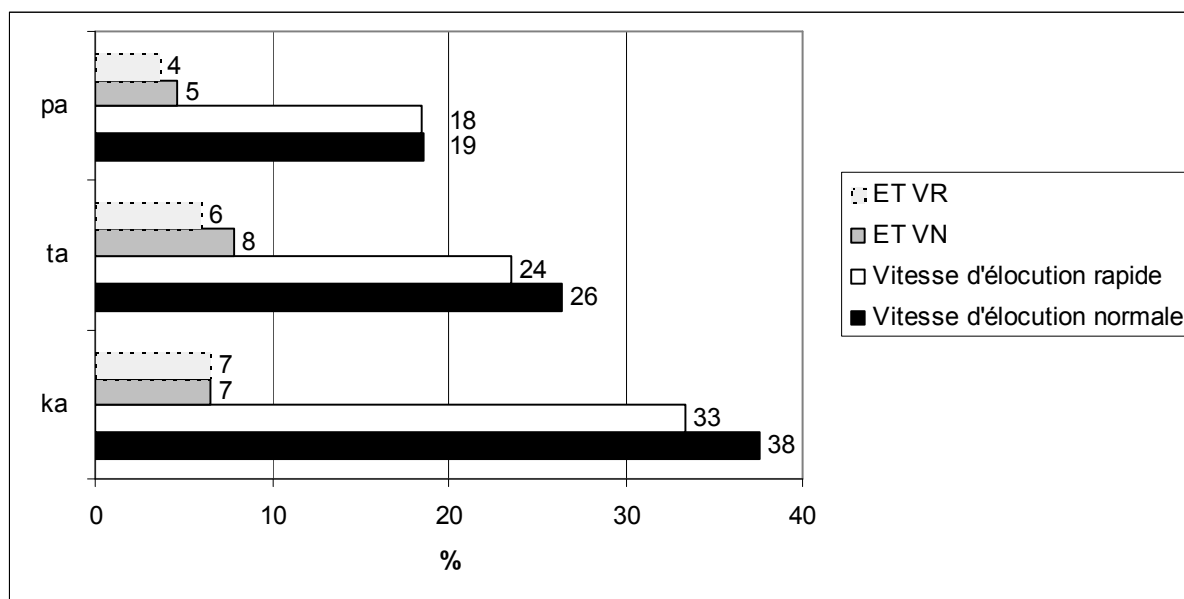


Figure 19 : comparaison de la durée absolue du V.O.T. des séquences /pi/, /ti/ et /ki/ prononcées par le groupe de contrôle en vitesses d'élocution normale et rapide.

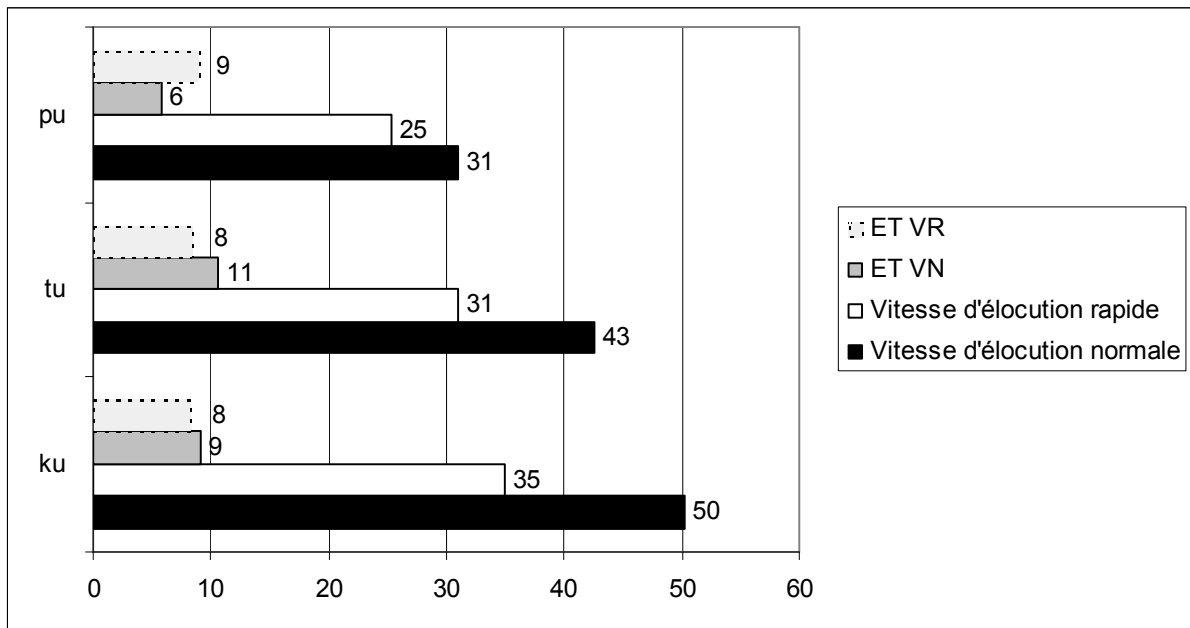


Figure 20 : comparaison de la durée absolue du V.O.T. des séquences /pu/, /tu/ et /ku/ prononcées par le groupe de contrôle en vitesses d'élocution normale et rapide.

La figure 5 présente la durée du V.O.T. pour les séquences [pu], [tu] et [ku]. Le V.O.T. dans la dernière séquence citée a été mesuré à 50 ms en moyenne en vitesse normale et à 35 ms en vitesse rapide. En ce qui concerne l'intervalle C.F.O. – VVO de la séquence [ti], il est de 43 ms en débit usuel et de 31 ms en débit rapide. Le V.O.T. de [pi] est de 31 ms en parole normale et de 25 ms en parole accélérée.

Les écarts-types observés pour ces trois séquences montrent une stabilité dans les deux vitesses d'élocution :

- la dispersion de 9 ms en débit normal pour [ki] et de 8 ms en débit rapide ;
- La variabilité a été quantifiée à 11 ms en vitesse d'élocution normale et à 8 ms en élocution accélérée ;
- La variation est à 6 ms lorsque les locuteurs parlaient normalement et à 9 ms lorsqu'ils parlaient rapidement.

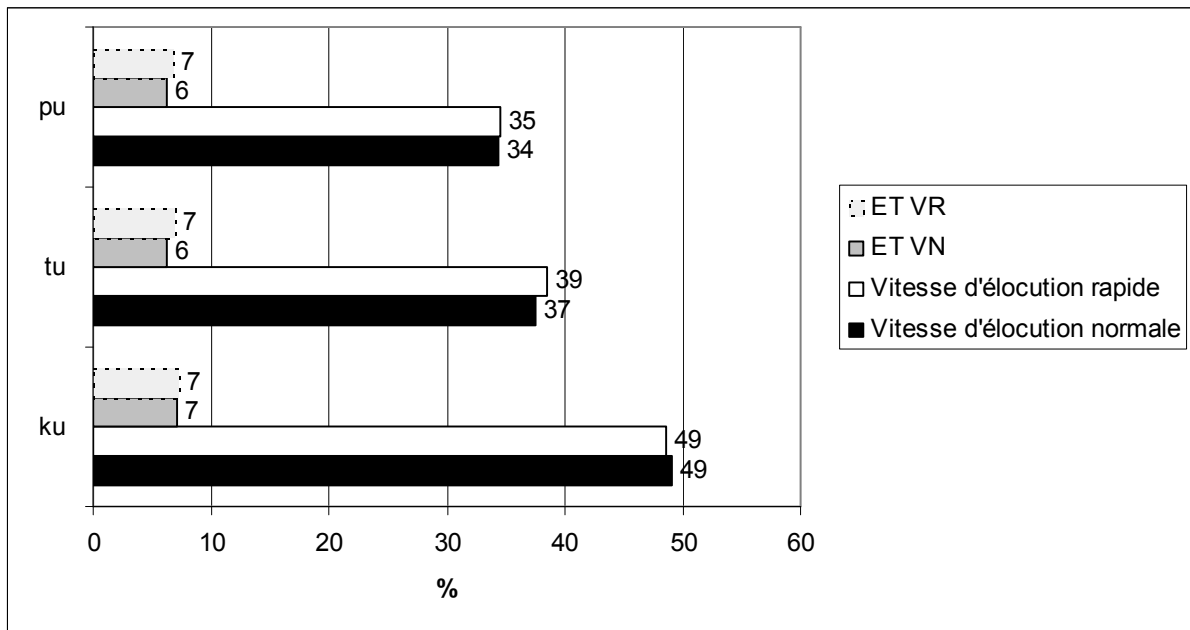


Figure 21 : comparaison de la durée absolue du V.O.T. des séquences /pu/, /tu/ et /ku/ prononcées par le groupe de contrôle en vitesses d'élocution normale et rapide.

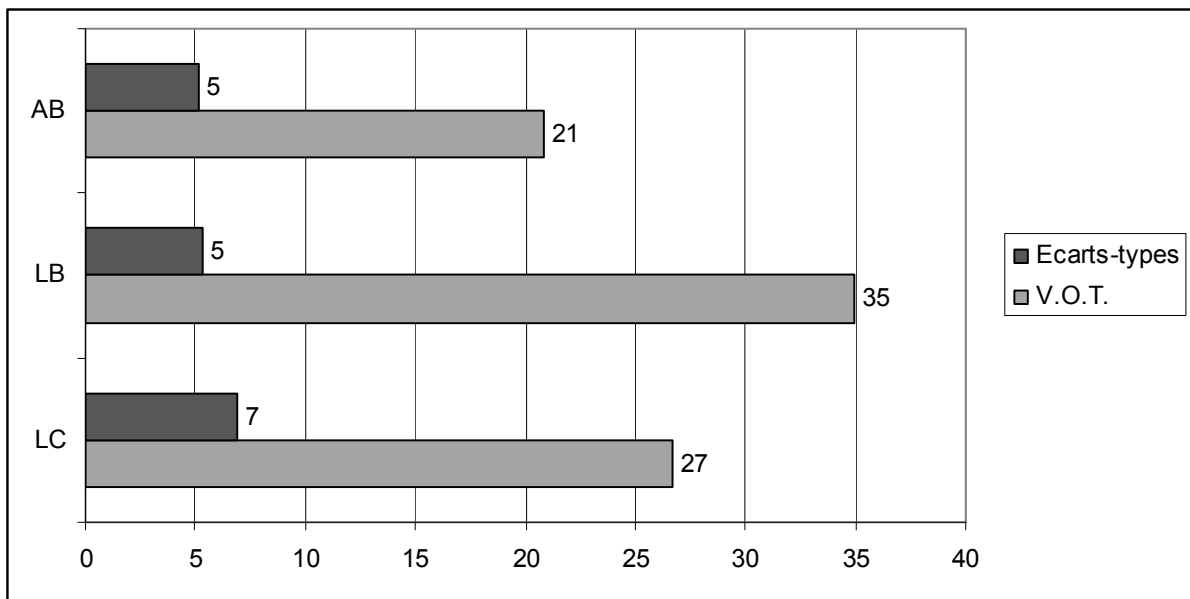


Figure 22 : comparaison de la durée absolue du V.O.T. de [ta] produit en vitesse d'élocution normale.

En ce qui concerne le V.O.T. de la séquence [ta], il est le plus long pour le groupe de bègues, sa durée étant de 35 ms. Pour les sujets témoins, ainsi que pour les anciens bègues, le V.O.T. était respectivement de 27 ms et de 21 ms. L'étude des écarts-types ne révèle pas de

différences significatives entre les locuteurs : ils sont de 5 ms pour les groupes AB et LB et de 7 ms pour les locuteurs de contrôle.

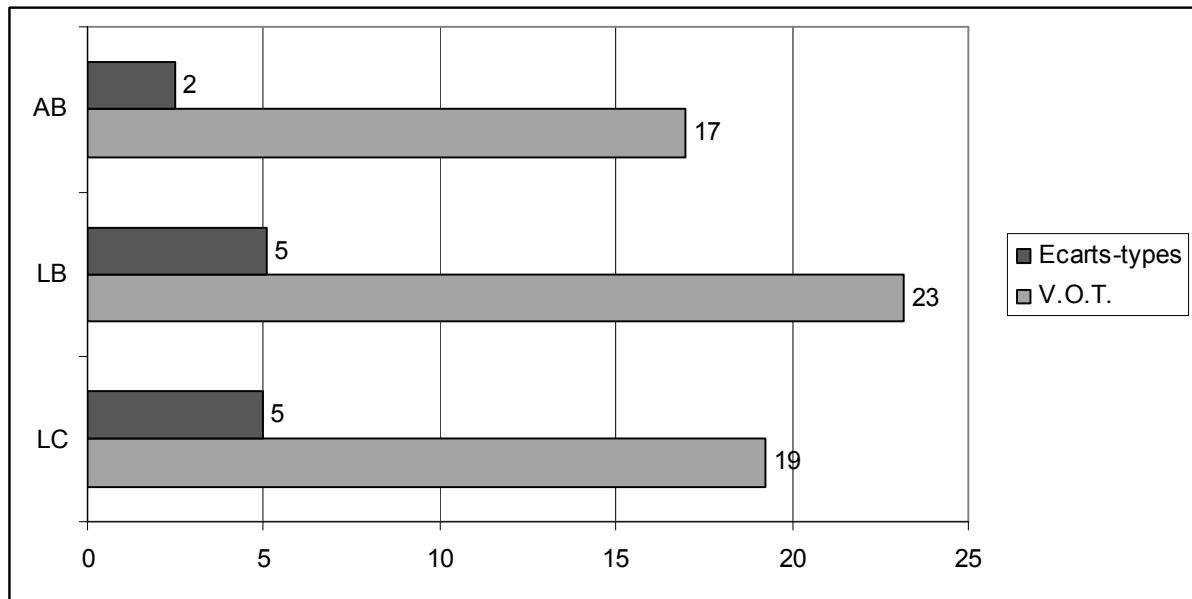


Figure 23 : comparaison de la durée absolue du V.O.T. de [ta] produit en vitesse d'élocution rapide.

En vitesse d'élocution rapide également, le délai d'établissement du voisement est plus long pour les bègues, puisque, dans ces conditions, il se monte à 23 ms. A noter que le V.O.T. est de 19 ms pour les sujets témoins et de 17 ms pour les bègues ayant suivi une thérapie dans ce même débit.

La variabilité reste relativement basse : elle est de 2 ms pour le groupe AB, et de 5 ms pour les catégories LB et LC.

ANNEXE 3 : AIRE DU TRIANGLE VOCALIQUE (POUR CHAQUE LOCUTEUR)

Locuteurs de contrôle

Tableau 1 :

Vitesse d'élocution normale

[pV]	[tV]	[kV]
192997	200800	201012
169872	144764	143446
182555	172028	173978
200012	192228	174026
162350	172546	177386
181557	176473	173970

Tableau 2 :

Vitesse d'élocution
rapide

[pV]	[tV]	[kV]
87376	99078	116248
99012	103348	114028
90016	107016	110486
95241	102417	108789
95744	96866	113230
93478	101745	112556

Locuteurs bègues

Tableau 3 :

Vitesse d'élocution normale

[pV]	[tV]	[kV]
86485	82428	138012
102471	99728	116228
84978	95048	112128
93014	96742	108012
93238	93492	122268
92037	93488	119330

Tableau 4 :

Vitesse d'élocution
rapide

[pV]	[tV]	[kV]
230048	188776	190028
212028	167129	170245
210478	153448	180016
208128	162228	192456
226912	174262	171663
217519	169169	180882

Sujets ayant suivi une thérapie

Tableau 5 :

Vitesse d'élocution normale

[pV]	[tV]	[kV]
83356	84012	147012
97012	86128	132027
94112	87016	102018
97512	83886	113048
97882	85498	139116
93975	85308	126644

Tableau 6 :

Vitesse d'élocution
rapide

[pV]	[tV]	[kV]
142278	113028	116367
134245	116482	118664
144176	108197	110747
138972	112447	113619
127424	109982	114428
137419	112027	114765

ANNEXE 4 : DUREE MOYENNE DU TRL

Tableau 7 : Comparaison de la durée moyenne du TRL entre les sujets bègues (en parole fluente) et les locuteurs de contrôle

Durée moyenne du TRL

Durée moyenne du
TRL

Locuteurs de contrôle	Locuteurs bègues (en séquence fluente)
0,374	0,752

ANNEXE 5 : LISTE DES PUBLICATIONS DU CANDIDAT

Contributions à des ouvrages collectifs

HIRSCH F. (2007) Perturbation de l'organisation temporelle chez les bègues et les anciens bègues : le cas du V.O.T., *In Perturbations et Réajustements – Langue et Langage*, Université Marc Bloch, 89-99

SOCK R., VAXELAIRE B., ROY J.P. HIRSCH F. (2006) Temporal and spatial correlates of quantity contrasts in Wolof, in Harrington, J. & M. Tabain (éds), *Towards a better understanding of speech production processes*, New York, Psychology Press, 253-274.

BOESCH R. HIRSCH F. (2005) Peut-on parler d'empreinte vocale ? *In Nature, Société et Technologie - Ed. Vuibert*, 178-208

SOCK R., VAXELAIRE B. (Eds), FERBACH-HECKER V., ROY J.-P., HIRSCH F., ADU-MANYAH K., ASCI A., CANAULT M. , DUBOIS C. (2004) Le diable perceptif dans les détails sensori-moteurs anticipatoires *In L'anticipation à l'horizon du présent*, Mardaga, 141-157

Participations scientifiques

Communications avec actes

HIRSCH F. FAUVET F. FERBACH-HECKER V. BECHET M. BOUAROUCOU F. (2007) Formant structures of vowels produced by stutterers at normal and fast speech rates, *International Phonetic Sciences Saarbrücken*, 1345-1348

VAXELAIRE B., SOCK R., HIRSCH F., ROY J.-P. (2007) Anticipatory laryngeal movements. An X-ray investigation, *International Phonetic Sciences Saarbrücken (Août 2007)*

FAUVET F., SCHULTZ P., DEBRY C., HIRSCH F., SOCK R (2006) Intelligibilité de la parole après glossectomie totale et réhabilitation orthophonique précoce, *Actes des Journées d'Etudes sur la parole*, 12-16 juin 2006, Dinard, 433-436

HIRSCH F., FERBACH-HECKER V., FAUVET F., VAXELAIRE B. (2006) Etude de la structure formantique des voyelles produites par des locuteurs bègues en vitesses d'élocution normale et rapide, *Actes des Journées d'Etudes sur la parole*, 12-16 juin 2006, Dinard, 89-92

HIRSCH F. SOCK R. ROY J.P. CANAULT M. (2004) La perception catégorielle anticipatoire des voyelles arrondies du français, *Actes des Journées d'Etude sur la Parole - Fès*

2004

SOCK R. VAXELAIRE B. ROY J.-P. HIRSCH F. (2003) Temporal and spatial correlates of quantity contrasts in Wolof Acoustic, kinematic and X-ray data, Sydney 2003, 267-272

ROY J.-P. SOCK R. VAXELAIRE B. HIRSCH F. (2003) Auditory effects of anticipatory and carryover coarticulation X-ray and acoustic data, Sydney 2003, 243-248

CONNAN P.-Y. ROY J.-P. HIRSCH F. (2003) Using Digital Cine-Radiography to Study Anticipatory Labial Activity in French, Proceedings of the International Phonetic Sciences – Barcelone 2003, 3153-3156

HIRSCH F. SOCK R. CONNAN P.-Y. BROCK G. (2003) Auditory effects of anticipatory rounding in relation with vowel height in French. Proceedings of the International Phonetic Sciences - Barcelone 2003, 1445-1448

SOCK R. VAXELAIRE B. HECKER V. HIRSCH F. (2002) What relationship between protrusion anticipation and auditory perception ?, Congrès International Spoken Language Processing - Denver, 1677-1680