



HAL
open science

Étude comparative des phénomènes de coarticulation nasale en anglais américain, bosnien, français, norvégien et ourdou

Altijana Brkan

► **To cite this version:**

Altijana Brkan. Étude comparative des phénomènes de coarticulation nasale en anglais américain, bosnien, français, norvégien et ourdou. Linguistique. Université Sorbonne Paris Cité, 2018. Français. NNT : 2018USPCA012 . tel-02172372

HAL Id: tel-02172372

<https://theses.hal.science/tel-02172372>

Submitted on 3 Jul 2019

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

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

UNIVERSITE SORBONNE PARIS CITE
UNIVERSITE SORBONNE NOUVELLE - PARIS 3

Ecole Doctorale 268

« Langage et langue : description, théorisation, transmission »

Laboratoire de Phonétique et Phonologie, UMR 7018

Thèse de Doctorat en Phonétique

Altijana Brkan

**Etude comparative des phénomènes de
coarticulation nasale en anglais américain,
bosnien, français, norvégien et ourdou**

Thèse dirigée par

Madame le Professeur Jacqueline Vaissière

et Angélique Amelot

Soutenue le 12 janvier 2018

Jury :

Mme Abby Cohn, Professeur, Cornell University (USA), pré-rapporteur

Mme Béatrice Vaxelaire, Professeur, Université de Strasbourg, pré-rapporteur

Mme Solange Rossato, Maître de conférences, Université de Grenoble, examinateur

Mme Angélique Amelot, Ingénieur CNRS, Université de Paris 3, co-directeur

Mme Jacqueline Vaissière, Professeur émérite, Université de Paris 3, directeur

A mon père

Remerciements

Le moment est enfin venu d'adresser mes remerciements à toutes les personnes qui m'ont soutenue durant ces longues années et aidée à réaliser ce travail. Mon mari a du mal à croire que la thèse est enfin terminée ☺

Mes premiers remerciements vont à ma directrice de recherche, Professeur émérite, Jacqueline Vaissière. Madame Vaissière, je vous suis infiniment reconnaissante d'avoir accepté de diriger ce travail de thèse. Cela a été un très grand honneur pour moi d'être votre étudiante. Vous m'avez beaucoup appris. Merci pour vos enseignements qui ont une valeur d'or pour moi. Merci de m'avoir guidée, encouragée et soutenue pendant toutes ses années.

Je tiens ensuite à exprimer toute ma reconnaissance à la co-directrice de cette thèse, Angélique Amelot. Angélique, tu m'as tellement appris et aidée... Je cherche en vain les mots qui pourraient décrire toute ma reconnaissance envers toi. Je ne les trouve pas... Quoi que je dise, c'est peu par rapport à tout ce que tu as fait pour moi. Tu as toujours été patiente avec moi, tu as toujours été disponible pour moi, tu m'as toujours soutenue et encouragée. Tout simplement, sans toi, cette thèse n'aurait jamais vu le jour.

J'adresse mes remerciements à Madame Abby Cohn, professeur à Cornell Université, Madame Béatrice Vaxélaire, professeur à l'Université de Strasbourg et à Madame Solange Rosatto, maître de conférences à l'Université de Grenoble qui ont accepté de faire partie de mon jury de thèse. Merci de m'avoir fait cet honneur.

Grand merci à l'ensemble de l'équipe du LPP : des gens très aimables pleins de connaissance avec la conscience, un endroit parmi les meilleurs pour étudier la Phonétique.

Mes remerciements vont aussi aux enseignants du département des études françaises à Sarajevo pour leurs soutiens et encouragements.

Je tiens aussi à remercier Madame Chantal Lyche, professeur émérite à l'Université d'Oslo, qui m'a si gentiment accueillie à l'Université d'Oslo. Son aide pour trouver des locuteurs norvégiens a été indispensable et je lui suis très reconnaissante.

Merci aussi à tous mes locuteurs et auditeurs.

Je remercie beaucoup mon mari Rashad et sa sœur Farah, mon frère Sabahudin, sa femme Amra, ma petite nièce Esma et tous mes amis pour leur soutien moral et affectif.

Ma pensée spéciale va à mon cher père. Il n'y a pas de mots pour te dire combien je t'aime et combien je te suis reconnaissante d'avoir toujours cru en moi. Cette thèse est la tienne aussi car, sans toi et ton soutien jour et nuit, je n'aurais pas réussi à rester motivée. Je te dédie cette thèse car je sais que c'est ton plus grand désir en ce moment de me voir la terminer.

Enfin, merci maman ! Merci ! Même si tu n'es plus parmi nous tu n'as jamais cessé d'être avec moi.

Résumé

Etude comparative des phénomènes de coarticulation nasale en anglais américain, bosnien, français, norvégien et ourdou

Cette thèse concerne la comparaison des stratégies de coarticulation nasale sur les voyelles dans deux langues possédant des voyelles nasales phonologiques (français et ourdou) et trois langues ne possédant pas de voyelles nasales phonologiques (l'anglais américain, le bosnien et le norvégien). Pour évaluer le degré de nasalité produit, nous avons utilisé un accéléromètre piézoélectrique (AP) (non invasive et transportable). Cinq locuteurs natifs par langue ont enregistré un corpus de logatomes CVNC et un ensemble de mots et de phrases. Cette thèse montre que (1) une différence inter-langues de stratégies existe, confirmant ainsi un fait déjà connu, (2) l'existence d'un contraste phonologique entre voyelles nasales et voyelles orales n'a pas d'influence prévisible sur la propagation de la nasalité, confirmant ainsi un fait déjà connu, (3) un modèle d'anticipation de nasalité peut être plus adéquat pour une langue que pour une autre, (4) les auditeurs francophones ne distinguent pas entre plusieurs degrés de nasalisation contextuelle, mais il existe une corrélation entre la quantité de vibrations issue de l'AP et la perception du degré de nasalisation pour les auditeurs de l'ourdou. L'intérêt de cette étude est que la comparaison de phénomènes de coarticulation nasale des voyelles dans les cinq langues a été faite avec la même instrumentation, dans les mêmes conditions. Un autre intérêt est de montrer l'intérêt de la méthode choisie.

Mots clés : coarticulation, nasalité, vibrations nasales

Abstract

Comparative study of nasal coarticulation phenomena in American English, Bosnian, French, Norwegian and Urdu

This thesis concerns the comparison of the phenomena of nasal coarticulation of vowels in two languages that have phonological nasal vowels (French and Urdu) and three languages that don't have phonological nasal vowels (American English, Bosnian and Norwegian). To evaluate the degree of nasality, we used a piezoelectric accelerometer (PA) (non invasive and transportable). Five native speakers of each language recorded the corpus of logatomes CVNC, words and sentences. This thesis shows that : (1) an inter-language difference exists with respect to nasal coarticulation strategies, confirming an already known fact, (2) the existence or absence of a phonological contrast between nasal vowels and oral vowels in a language does not necessarily have a predictable influence on the propagation of nasality, confirming an already known fact, (3) one model of anticipation of nasality may be more suitable for one language, while for another language another model may be more suitable. (4) the french auditors don't distinguish between several degrees of contextual nasalization but there is a correlation between the quantity of vibration from the AP and the perception of the degree of nasality for the auditors of urdu. The interest of this study is that the comparison of the nasal coarticulation phenomena of vowels in the five languages was made with the same instrumentations under the same conditions. Another interest is to show the interest of the chosen method.

Keywords : coarticulation, nasality, nasal vibrations

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	24
1. Répartition de la nasalité dans les langues du monde.....	25
2. Présentation des systèmes phonologiques des cinq langues étudiées	27
2.1 Présentation de l'anglais américain	27
2.1.1 Système vocalique de l'anglais américain.....	28
2.1.2 Système consonantique de l'anglais américain.....	28
2.2 Présentation du bosnien	29
2.2.1 Système vocalique du bosnien.....	29
2.2.2 Système consonantique du bosnien.....	30
2.3 Présentation du français	31
2.3.1 Système vocalique du français.....	31
2.3.2 Système consonantique du français.....	32
2.4 Présentation du norvégien.....	32
2.4.1 Système vocalique du norvégien.....	33
2.4.2 Système consonantique du norvégien	33
2.5 Présentation de l'ourdou	34
2.5.1 Système vocalique de l'ourdou.....	34
2.5.2 Système consonantique de l'ourdou	35
3. Le Trait de nasalité.....	36
4. Questions posées dans cette étude	37
5. Organisation du document.....	38
Chapitre 1 : Aspects anatomiques, physiologiques de la nasalité et instrumentations disponibles	40
1. Aspect anatomique de la nasalité.....	41
1.1 Les fosses nasales, les sinus et le voile du palais.....	41
1.2 Les muscles impliqués dans la contraction et l'abaissement du voile du palais	42
2. Différentes définitions de la nasalité	43
2.1 Définition phonologique de la nasalité	43
2.2 Naissance des voyelles nasales	43
2.2.1 Nasalisation de la voyelle par nasalisation anticipatoire.....	43
2.2.2 Nasalisation spontanée de la voyelle	46
2.3 Définition articuloire de la nasalité	46
2.4 Définition aérodynamique de la nasalité	47
2.5 Définition acoustique de la nasalité	49
3. Instrumentations pour étudier la nasalité	56
3.1 Méthodes pour l'étude des mouvements via l'activité musculaire.....	57
3.1.1 Electromyographie (EMG).....	57
3.2 Méthodes pour l'étude des mouvements articuloires.....	58
3.2.1 Fibroscopie ou endoscopie par fibre optique	58
3.2.2 Radiographie	60
3.2.3 Imagerie par résonance magnétique	60
3.2.4 Ultrasons	61
3.2.5 Suivi de points.....	62
3.2.6 Vélotrace	63
3.2.7 Strain Gauge.....	64
3.2.8 Photodétection	65
3.3 Méthodes indirectes, basées sur les conséquences aérodynamiques et acoustiques..	67
3.3.1 Mesures du flux d'air.....	67
3.3.2 Mesures de pression sonore : l'accéléromètre piézoélectrique (AP)	68
3.3.3 Analyses spectrales.....	70
3.4 Méthodes pour l'étude perceptive	71
Chapitre 2 : Coarticulation nasale	72
1. Qu'est-ce que la coarticulation ?	73
2. L'histoire de la coarticulation	73

3. Coarticulation vélopharyngée (ou nasale).....	75
4. Modèles de coarticulation nasale anticipatoire.....	78
5. La coarticulation nasale du point de vue physiologique.....	78
6. Sur la coarticulation nasale au niveau acoustique.....	81
7. Sur la perception de la coarticulation nasale.....	82
Chapitre 3 : Instrumentation, locuteurs, corpus & mesures	86
1. L'instrumentation.....	87
2. Locuteurs.....	87
3. Corpus.....	87
4. Mesures.....	89
4.1 RMS.....	89
4.2 Les mesures de durée.....	90
4.3 Les mesures de RMS.....	91
Chapitre 4 : Résultats	96
1. Valeurs intrinsèques RMS pour les voyelles orales dans les cinq langues	98
1.1 Anglais américain.....	98
1.2 Bosnien	99
1.3 Français	100
1.4 Norvégien	101
1.5 Ourdou	102
2. La coarticulation nasale en terme de vibrations nasales.....	105
2.1 Variabilité entre les deux répétitions pour les différents locuteurs et dans les différentes langues.....	105
2.2 Variabilité intra-langue.....	105
2.2.1 Durée de la voyelle orale par rapport à la durée de la consonne nasale en coda.....	106
2.2.2 Durée de la nasalisation anticipatoire.....	109
2.2.3 Nasalisation anticipatoire en % par rapport à la durée de la voyelle.....	112
2.2.4 Durée de la nasalisation anticipatoire par rapport à la durée de la consonne nasale.....	114
2.2.5 Durée de la nasalisation anticipatoire en fonction de la voyelle	115
2.2 Logatomes CVNC : Comparaison inter-langues.....	119
2.2.1 La nasalisation contextuelle anticipatoire dans les logatomes CVNC en fonction du système vocalique phonologique d'une langue	119
2.2.2 La nasalisation contextuelle anticipatoire dans les logatomes CVNC en fonction de la voyelle 122	
3. Résultats des tests de perception.....	129
3.1 Méthodologie pour la construction du test.....	129
3.1.1 Corpus	129
3.1.2 Passation du test.....	131
3.2 Résultats des tests.....	132
DISCUSSION, CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	137
ANNEXES.....	164
1. Corpus enregistré	164
2. Valeurs intrinsèques RMS pour voyelles orales.....	194
2.1 Valeurs intrinsèques RMS pour voyelles orales en anglais.....	194
2.2 Valeurs intrinsèques RMS pour voyelles orales en bosnien.....	197
2.3 Valeurs intrinsèques RMS pour voyelles orales en français.....	200
2.4 Valeurs intrinsèques RMS pour voyelles orales en norvégien	203
2.5 Valeurs intrinsèques RMS pour voyelles orales en ourdou	207
3. Logatomes CVNC : comparaison des répétitions par locuteurs	211
4. Logatomes CVNC : comparaison intra-langues	216
5. Logatomes CVNC : comparaison inter-langues	239
6. Le script matlab.....	242

Liste des figures

- Figure 1 : Arbre généalogique des langues indo-européennes fait à partir du cours du prof. André Thibault, L4LM42. Nous avons mentionné uniquement les langues vivantes d'aujourd'hui. Les langues traitées dans notre étude sont en rouge..... 27
- Figure 2 : triangle vocalique des voyelles monophthongues en anglais américain fait à partir de la description du système vocalique dans (Wells 2008, p. 23)..... 28
- Figure 3 : triangle vocalique des voyelles en BCMS. Triangle fait à partir de la description du système vocalique du croate d'après Škarić (1991). 30
- Figure 4 : triangle vocalique des voyelle orales en français. Triangle fait à partir de la description du système vocalique dans Wioland (1991, p. 30). 31
- Figure 5 : triangle vocalique des voyelles monophthongues en norvégien. Triangle fait à partir de la description du système vocalique dans Kristoffersen (2000, p. 13). 33
- Figure 6 : triangle vocalique des voyelles orales en ourdou. Triangle fait à partir de la description du système vocalique dans Bokhari (1985). 35
- Figure 7 : Du haut vers le bas : sinus paranasaux, fosses nasales, pharynx, cavité orale, palais mou, palais dur (<http://www.isto.ucl.ac.be/safe/images/00010510.jpg>). 41
- Figure 8 : Du haut vers le bas : sinus frontaux, sinus sphénoïdaux, sinus ethmoïdaux, sinus maxillaires. (<http://conseildentaire.com/2011/04/02/sinusites-dorigine-dentaire/>)..... 42
- Figure 9 : du haut vers le bas : le palais dur, le palais mou ou voile du palais, (Straka, 1965 Pl. 12). 42
- Figure 10 : Le schéma de nasalisation des voyelles par nasalisation anticipatoire en langues indo-aryennes (Ohala, 1983, p. 78). 44
- Figure 11 : Le schéma du changement diachronique des voyelles nasales en français d'après (Pope, 1994) et Straka, 1979b, p. 516) (Maeda, 2000). 45
- Figure 12 : Le schéma de la production nasale des voyelles (à gauche) et des consonnes (à droite) (Clements *et al*, 2015). 47
- Figure 13 : Schématisation du conduit vocal, représenté comme un mécanisme de « robinet » : la cavité pulmonaire, le larynx et la glotte, le velum, la cavité nasale et les narines, la langue, la pointe de la langue et les lèvres (Ohala, 1983 p. 193). 47
- Figure 14 : (a) flux d'air nasal brut, (b) flux d'air oral et (c) flux d'air proportionnel pour le segment /ma/. (Krakow *et al*, 1993 p. 35). 48
- Figure 15 : Schéma idéalisé du rapport entre les mouvements vélares et les flux d'air sortants. (Amelot, 2004 p. 34). 49
- Figure 16 : Spectrogramme de /m/ et /n/ prononcés devant le phonème /a/ (Amelot, 2004 p. 27). 50
- Figure 17 : Spectrogramme des syllabes françaises « ban, bin, bon » : la ligne rouge indique approximativement le point dans le temps où la voyelle nasale devient très nasalisée acoustiquement. La première partie de la voyelle est phonétiquement orale. Les

logatomes ont été prononcés par une locutrice de français native. (Clements <i>et al.</i> , 2015)	51
Figure 18 : Identification des formants oraux (Fn), nasals (NFn) et des anti-formants nasals (Zn) après modélisation de la voyelle /i/, (Maeda, 2000, cours SL444 sur la nasalité) ...	52
Figure 19 : Spectres des voyelles /i/ dans /bib/ à gauche et /i/ dans /mim/ à droite, spectres extraits au début des voyelles. Syllabes prononcées par la locutrice 1 d'ourdou.	52
Figure 20 : Identification des formants oraux (Fn), nasals (NFn) et des anti-formants nasals (Zn) après modélisation de la voyelle /u/ (Maeda, 2000, cours SL444)	53
Figure 21 : Spectres des voyelles /u/ dans /bub/ à gauche et /u/ dans /mum/ à droite. Spectres extraits au début des voyelles. Syllabes prononcées par la locutrice 1 d'ourdou.	53
Figure 22 : Identification des formants oraux (Fn), nasals (NFn) et des anti-formants nasals (Zn) après modélisation de la voyelle /ε/ (Maeda, 2000, cours SL444).....	54
Figure 23 : Spectres des voyelles /a/ dans /bab/ à gauche et /a/ dans /mam/ à droite. Spectres extraits au début des voyelles. Syllabes prononcées par la locutrice 1 d'ourdou.	54
Figure 24 : Identification des formants oraux (Fn), nasals (NFn) et des anti-formants nasals (Zn) après modélisation des voyelles (o) Maeda (2000, cours SL444).....	55
Figure 25 : a) rapports entre articulatoire et acoustique; b) rapports entre acoustique et audition (Stevens, 1972 p. 64).....	55
Figure 26 : Les électrodes (Krakow, 1993 p. 6).....	58
Figure 27 : Vue du dessus du port vélopharyngé (Amelot, 2004)	59
Figure 28 : Amalgame du fibroscope inséré par le nez (Sawashima, 1971 p. 31).....	59
Figure 29 : Image radiographique. Locutrice française prononçant la phrase “La bague nacre” /gn/. Les traits pleins: vitesse d'élocution normale. Les traits pointillés: vitesse d'élocution rapide. (Vaxelaire, 1977).....	60
Figure 30 : Image IRM, prononciation du /ma/ à gauche et du /pa/ à droite (Serrurier, 2006). Image prise durant la production de la consonne.	61
Figure 31 : à gauche : le transducteur ultrasonore (Krakow, 1993 p. 17).....	62
Figure 32 : image obtenue par la technique EMMA (d'après Amelot, 2011).....	63
Figure 33 : Vélotrace inséré par le nez (Krakow, 1993 p. 26).	64
Figure 34 : de gauche à droite : doigt à ressort, capuchon en fil métallique, bande orthodontique, capteurs de pression (Krakow, 1993 p. 28).....	65
Figure 35 : nasographe introduit par la narine (Ohala, 1971 p. 2)	66
Figure 36 : enregistrement de données aérodynamiques (Brkan, 2009).....	67
Figure 37 : AP fixé de chaque côté de l'os latéral du nez ; locutrice 2 du bosnien.	68

Figure 38 : spectres relatifs des voyelles : /e/ oral dans /ses/ en noir, /e/ nasalisé dans /sems/ en gris et /ẽ/ nasal dans /sẽs/ en pointillé ; locutrice 1 d’ourdou. Dans le cas de voyelle nasale, un antiformant a créé deux pics spectraux dans la zone de F1 et un autre antiformant a affaibli l’énergie spectrale autour de 2000 Hz. Les deux spectres ont été alignés par rapport à la valeur d’amplitude maximale.	71
Figure 39 : Cas idéal pour la réalisation d’un phonème nasal, par exemple /ama/, sans anticipation du mouvement d’abaissement du voile du palais et sans persévération de nasalité, « Nasalité, coarticulation et anticipation » Vaissière et Amelot (2008 p. 4).	77
Figure 40 : Le schéma hypothétique de la propagation du débit d’air nasal en anglais (sans voyelles nasales phonologiques) et en français (avec voyelles nasales phonologiques) en contexte VNV (Cohn, 1990 p. 89)	81
Figure 41 : à gauche : microphone serre-tête (AKG C420L) ; à droite : AP (K&K Sound) fixé de chaque côté de l’os latéral du nez.....	87
Figure 42 : Logatome “pump” prononcé par un locuteur bosnien. Du haut vers le bas : le signal oral, le signal nasal, la valeur RMS dérivée du signal nasal. La ligne en pointillé correspond au “seuil” trouvé pour cette voyelle quand elle a été produite dans un contexte oral.	90
Figure 43 : Schémas indiquant les mesures de durées faites.....	91
Figure 44 : Mesures de RMS et de durées. Logatome /da:md/ prononcé par le locuteur anglais. Du haut au bas : signal oral, spectrogramme, signal nasal, nasalisation anticipatoire à partir du signal nasal (en rouge), ligne bleu pointillée : seuil de nasalité pour la voyelle orale /a:/, lignes bleues verticales : sélection manuelle du début et de la fin des vibrations nasales.....	92
Figure 45 : Evolution de la position vertical du plomb collé sur le voile du palais en haut, et de la lèvre inférieure (milieu) et signal acoustique (bas) dans les mots “mel”, “melt” et “melt”, prononcés par un locuteur américain. Système Microbeam (Vaissière, 1986). ..	94
Figure 46 : La moyenne RMS (V_{RMS}) des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour l’anglais.	99
Figure 47 : La moyenne RMS (V_{RMS}) des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le Bosnian.	100
Figure 48 : La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le français	101
Figure 49 : La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le norvégien.....	102
Figure 50 : La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour l’ourdou.....	103
Figure 51 : Durée de la voyelle V en bleu et durée de la consonne nasale N en rouge pour les cinq locuteurs anglais : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.	106
Figure 52 : Durée de la voyelle V en bleu et durée de la consonne nasale N en rouge pour les cinq locuteurs bosniens : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.....	106

Figure 53 : Durée de la voyelle V en bleu et durée de la consonne nasale N en rouge pour les cinq locuteurs français : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.....	107
Figure 54 : Durée de la voyelle V en bleu et durée de la consonne nasale N en rouge pour les cinq locuteurs norvégiens : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.....	108
Figure 55 : Durée de la voyelle V en bleu et durée de la consonne nasale N en rouge pour les cinq locuteurs ourdous : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.....	108
Figure 56 : Durée de la nasalisation anticipatoire en ms pour les cinq locuteurs anglais : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.....	109
Figure 57 : Durée de la nasalisation anticipatoire en ms pour les cinq locuteurs bosniens : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.....	110
Figure 58 : Durée de la nasalisation anticipatoire en ms pour les cinq locuteurs français : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.....	110
Figure 59 : Durée de la nasalisation anticipatoire en ms pour les cinq locuteurs norvégiens : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.....	111
Figure 60 : Durée de la nasalisation anticipatoire en ms pour les cinq locuteurs ourdous : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.....	111
Figure 61 : Pourcentage de la nasalisation anticipatoire en % par rapport à la durée des voyelles pour les cinq locuteurs anglais : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.....	112
Figure 62 : Pourcentage de la nasalisation anticipatoire en % par rapport à la durée des voyelles pour les cinq locuteurs bosniens : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.....	112
Figure 63 : Pourcentage de la nasalisation anticipatoire en % par rapport à la durée des voyelles pour les cinq locuteurs français : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.....	113
Figure 64 : Pourcentage de la nasalisation anticipatoire en % par rapport à la durée des voyelles pour les cinq locuteurs norvégiens : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.....	113
Figure 65 : Pourcentage de la nasalisation anticipatoire en % par rapport à la durée des voyelles pour les cinq locuteurs ourdous : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.....	114
Figure 66 : Durée de la nasalisation anticipatoire en ms par rapport à la durée de la consonne nasale N pour les cinq locuteurs norvégiens : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.....	114
Figure 67 : Durée de la nasalisation anticipatoire en ms en fonction de la voyelle pour les cinq locuteurs anglais : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.....	115
Figure 68 : Durée de la nasalisation anticipatoire en ms en fonction de la voyelle pour les cinq locuteurs bosniens : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.....	116
Figure 69 : Durée de la nasalisation anticipatoire en ms en fonction de la voyelle pour les cinq locuteurs français : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.....	117

Figure 70 : Durée de la nasalisation anticipatoire en ms en fonction de la voyelle pour les cinq locuteurs ourdous : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.....	118
Figure 71 : Schématisation de Nasalisation anticipatoire en terme de vibrations nasales (en rouge) sur la voyelle orale V dans les logatomes CVNC dans les cinq langues étudiées. Les barres verticales tiennent compte de la durée acoustique spectrographique moyenne de la voyelle orale V et de la consonne nasale N. La figure est faite en tenant compte de la durée observée dans les deux répétitions de tous les locuteurs ensemble.....	120
Figure 72 : logatome /ta:mt/ dans la phrase cadre ‘Repeat ta:mt Kate’ prononcé par le locuteur anglais 5. Illustration de la nasalisation anticipatoire durant la totalité de la voyelle orale. La ligne en pointillé bleue représente le seuil de nasalité soit les vibrations intrinsèques de la voyelle /a/.....	121
Figure 73 : logatome tamt dans la phrase cadre ‘Si tamt Katharina’ prononcé par le locuteur norvégien 3. Illustration de la nasalisation anticipatoire courte durant la voyelle orale. La ligne en pointillé bleue représente le seuil de nasalité soit les vibrations intrinsèques de la voyelle /a/.....	122
Figure 74 : La nasalisation anticipatoire pour les voyelles /ɑ:, e, ɪ/ en anglais (en rouge). Les barres verticales tiennent compte de la durée acoustique spectrographique de la voyelle orale V, consonne nasale N et consonne orale C2. La figure est faite à partir de deux répétitions de tous les locuteurs pris ensemble.....	123
Figure 75 : La nasalisation anticipatoire pour les voyelles /ɑ, i/ en ourdou (en rouge). Les barres verticales tiennent compte de la durée acoustique spectrographique de la voyelle orale V, consonne nasale N et consonne orale C2. La figure est faite avec les deux répétitions de tous les locuteurs pris ensemble.	124
Figure 76 : logatome kamk dans la phrase cadre ‘Afak kamk kehta hai’ prononcé par le locuteur ourdou 2. Illustration de la nasalisation anticipatoire durant la voyelle orale /ɑ/.	125
Figure 77 : logatome kImk dans la phrase cadre ‘Afak kImk kehta hai’ prononcé par le locuteur ourdou 2. Illustration de la nasalisation anticipatoire durant la voyelle orale /I/	126
Figure 78 : La nasalisation anticipatoire pour les voyelles /a, i/ en français (en rouge)	127
Figure 79 : copie de l’écran présenté aux auditeurs du français lors du test.....	132
Figure 80 : Propagation de la nasalité (en rouge) dans les logatomes CVNC en anglais et en norvégien. Les barres verticales tiennent compte de la durée de la voyelle orale V et de la durée de la consonne nasale N. La figure est faite en tenant compte des deux répétitions de tous les locuteurs ensembles.....	139
Figure 81 : Nasalisation anticipatoire en terme de vibrations nasales (en rouge) sur la voyelle orale V dans les logatomes CVNC. Les cinq locuteurs anglais (les deux répétitions prises ensemble) Les barres verticales tiennent compte de la durée de la voyelle orale V et de la durée de la consonne nasale N.	140

Figure 82 : Nasalisation anticipatoire en terme de vibrations nasales (en rouge) sur la voyelle orale V dans les logatomes CVNC. Les cinq locuteurs norvégiens (les deux répétitions prises ensemble)	141
Figure 83 : Propagation de la nasalité (en rouge) dans les logatomes CVNC en français et en ourdou. Les barres verticales tiennent compte de la durée acoustique spectrographique de la voyelle orale et de la durée acoustique spectrographique de la consonne nasale	142
Figure 84 : Nasalisation anticipatoire en terme de vibrations nasales (en rouge) sur la voyelle orale V dans les logatomes CVNC. Les cinq locuteurs français (les deux répétitions prises ensemble)	143
Figure 85 : Nasalisation anticipatoire en terme de vibrations nasales (en rouge) sur la voyelle orale V dans les logatomes CVNC. Les cinq locuteurs ourdoues (les deux répétitions prises ensemble)	144
Figure 86 : Nasalisation anticipatoire en terme de vibrations nasales (en rouge) sur la voyelle orale V dans les logatomes CVNC pour les cinq locuteurs bosniens (les deux répétitions prises ensembles).....	145
Figure 87 : Propagation de la nasalité (en rouge) dans les logatomes CVNC en anglais et en français (les deux répétitions de tous les locuteurs pris ensemble).....	147
Figure 88: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le locuteur 1 d'anglais. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2	194
Figure 89: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en context CVC (à droite) pour le locuteur 2 d'anglais. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2	194
Figure 90: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le locuteur 3 d'anglais. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2	194
Figure 91: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le locuteur 4 d'anglais. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2	194
Figure 92: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le locuteur 5 d'anglais. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2	195
Figure 93: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le locuteur 1 de bosnien. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2	197
Figure 94: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en context CVC (à droite) pour le locuteur 2 de bosnien. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2	197
Figure 95: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en context CVC (à droite) pour le locuteur 3 de bosnien. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2	197

Figure 96: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en context CVC (à droite) pour le locuteur 4 de bosnien. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2	197
Figure 97: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le locuteur 5 de bosnien. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2	198
Figure 98: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en context CVC (à droite) pour le locuteur 1 de français. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2	200
Figure 99: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en context CVC (à droite) pour le locuteur 2 de français. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2	200
Figure 100: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en context CVC (à droite) pour le locuteur 3 de français. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2	200
Figure 101: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en context CVC (à droite) pour le locuteur 4 de français. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2	200
Figure 102: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en context CVC (à droite) pour le locuteur 5 de français. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2	201
Figure 103: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en context CVC (à droite) pour le locuteur 1 de norvégien. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2	203
Figure 104: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en context CVC (à droite) pour le locuteur 2 de norvégien. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2	203
Figure 105: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le locuteur 3 de norvégien. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2	203
Figure 106: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en context CVC (à droite) pour le locuteur 4 de norvégien. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2	204
Figure 107: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le locuteur 5 de norvégien. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2	204
Figure 108: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en context CVC (à droite) pour le locuteur 1 de l'ourdou. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2	207

Figure 109: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en context CVC (à droite) pour le locuteur 2 de l'ourdou. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2	207
Figure 110: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en context CVC (à droite) pour le locuteur 3 de l'ourdou. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2	207
Figure 111: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en context CVC (à droite) pour le locuteur 4 de l'ourdou. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2	208
Figure 112: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en context CVC (à droite) pour le locuteur 5 de l'ourdou. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2	208

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les consonnes nasales répertoriées :	26
Tableau 2 : Une typologie simple de la place des sons nasals dans les systèmes phonémiques, avec des indications de fréquence parmi un large échantillon des langues du monde (Clements, <i>et al.</i> 2015 ; Cohn 1993a).....	26
Tableau 3 : Tableau IPA des consonnes en anglais américain. Les consonnes sourdes sont à gauche et les consonnes sonores sont à droite à l'intérieur des cellules. Tableau fait à partir de la description du système consonantique dans Wells (2008, p. 25).....	29
Tableau 4 : Tableau IPA des consonnes en BCMS. Les consonnes sourdes sont à gauche et les consonnes sonores sont à droite à l'intérieur des cellules. Tableau fait à partir de la description du système consonantique du croate dans Škarić (1991).	30
Tableau 5 : Tableau IPA des consonnes en français. Les consonnes sourdes sont à gauche et les consonnes sonores sont à droite à l'intérieur des cellules. Tableau fait à partir de la description du système consonantique dans Wioland (1991 p. 30)	32
Tableau 6 : Tableau IPA des consonnes en norvégien. Les consonnes sourdes sont à gauche et les consonnes sonores sont à droite à l'intérieur des cellules. Tableau fait à partir de la description du système consonantique dans Kristoffersen (2000, p. 22).	34
Tableau 7 : Tableau IPA des consonnes en ourdou. Les consonnes sourdes sont à gauche et les consonnes sonores sont à droite à l'intérieur des cellules. Tableau fait à partir de la description du système consonantique dans Bokhari (1985).	36
Tableau 8 : Exemples de voyelles nasales qui sont le résultat d'une nasalisation spontanée en langues indo-aryennes	46
Tableau 9 : Tableau récapitulatif des instrumentations utilisées pour l'étude de la nasalité ...	57
Tableau 10 : Répartition des locuteurs dans les 5 langues étudiées.....	87
Tableau 11 : Corpus de logatomes CVNC	88
Tableau 12 : Corpus des voyelles V prononcées à l'isolé	88
Tableau 13 : Valeurs RMS des voyelles orales en contexte isolé en haut et en contexte CVC en bas pour l'anglais (tous les locuteurs et les deux répétitions pris ensemble).....	99
Tableau 14 : Valeurs RMS des voyelles orales en contexte isolé en haut et en contexte CVC en bas pour le bosnien (tous les locuteurs et les deux répétitions pris ensemble)	100
Tableau 15 : Valeurs RMS des voyelles orales en contexte isolé en haut et en contexte CVC en bas pour le français (tous les locuteurs et les deux répétitions pris ensemble)	101
Tableau 16 : Valeurs RMS des voyelles orales en contexte isolé, en haut, et en contexte CVC, en bas, pour le norvégien (tous les locuteurs et les deux répétitions pris ensemble)	102
Tableau 17 : Valeurs RMS des voyelles orales en contexte isolé, en haut, et en contexte CVC, en bas, pour l'ourdou (tous les locuteurs et les deux répétitions pris ensemble).	103

Tableau 18 : Différence entre la durée de la voyelle V et la durée de la consonne N en anglais. Les valeurs sont obtenues en soustrayant la valeur de la durée du N à la valeur de la durée de V	106
Tableau 19 : Différence entre la durée de la voyelle V et la durée de la consonne N en bosnien. Les valeurs sont obtenues en soustrayant la valeur u de la durée du N à la valeur de la durée de V	107
Tableau 20 : Différence entre la durée de la voyelle V et la durée de la consonne N en français. Les valeurs sont obtenues en soustrayant la valeur de la durée du N à la valeur de la durée de V	107
Tableau 21 : Différence entre la durée de la voyelle V et la durée de la consonne N en norvégien. Les valeurs sont obtenues en soustrayant la valeur de la durée du N à la valeur de la durée de V	108
Tableau 22 : Différence entre la durée de la voyelle V et la durée de la consonne N en ourdou. Les valeurs sont obtenues en soustrayant la valeur de la durée du N à la valeur de la durée de V	109
Tableau 23 : La durée de la consonne nasale N, la durée de l'anticipation en ms (ANT) et l'anticipation en % (ANT%) en norvégien.....	115
Tableau 24 : Différence entre l'anticipation en ms entre la voyelle /A/, la voyelle /E/ et la voyelle /I/. Les valeurs sont obtenues en soustrayant la valeur du /E/ à la valeur du /A/, la valeur du /I/ à la valeur du /A/ et la valeur du /I/ à la valeur du /E/	116
Tableau 25 : Différence entre l'anticipation en ms entre la voyelle /A la voyelle /I/. Les valeurs sont obtenues en soustrayant la valeur du /I/ à la valeur du /A/.	117
Tableau 26 : Différence entre l'anticipation en ms entre la voyelle /A la voyelle /I/ en français. Les valeurs sont obtenues en soustrayant la valeur du /I/ à la valeur du /A/... ..	118
Tableau 27 : Différence entre l'anticipation en ms entre la voyelle /A la voyelle /I/ en ourdou. Les valeurs sont obtenues en soustrayant la valeur du /I/ à la valeur du /A/.....	118
Tableau 28 : Tableau apportant des précisions sur le choix des stimuli choisis.....	131
Tableau 29 : Résultats d'identification des voyelles auprès de 5 auditeurs français. Les stimuli sont représentés sur l'axe vertical, les réponses, sur l'axe horizontal.	132
Tableau 30 : Résultats du degré de nasalisation perçu des voyelles auprès de 5 auditeurs français. Les stimuli sont représentés sur l'axe vertical, les réponses, sur l'axe horizontal.	133
Tableau 31 : Résultats d'identification des voyelles auprès de 5 auditeurs ourdou. Les stimuli sont représentés sur l'axe vertical, les réponses, sur l'axe horizontal.....	133
Tableau 32 : Résultats du degré de nasalisation perçu des voyelles auprès de 5 auditeurs ourdou. Les stimuli sont représentés sur l'axe vertical, les réponses, sur l'axe horizontal.	134
Tableau 33 : Résultats du degré de nasalisation perçu des voyelles auprès de 5 auditeurs français en fonction de la quantité de vibrations nasales durant la voyelle.	135

Tableau 34: Corpus enregistré en anglais américain.....	164
Tableau 35: Corpus enregistré en bosnien	170
Tableau 36: Corpus enregistré en français	174
Tableau 37: Corpus enregistré en norvégien.....	181
Tableau 38: Corpus enregistré en ourdou.....	186
Tableau 39: Valeurs RMS des voyelles orales en contexte isolé pour tous les locuteurs anglais (les deux répétitions)	195
Tableau 40: Valeurs RMS des voyelles orales en contexte CVC pour tous les locuteurs anglais (les deux répétitions).....	196
Tableau 41: Valeurs RMS des voyelles orales en contexte isolé pour tous les locuteurs bosniens (les deux répétitions)	198
Tableau 42: Valeurs RMS des voyelles orales en contexte CVC pour tous les locuteurs bosniens (les deux répétitions)	199
Tableau 43: Valeurs RMS des voyelles orales en contexte isolé pour tous les locuteurs français (les deux répétitions).....	201
Tableau 44: Valeurs RMS des voyelles orales en contexte CVC pour tous les locuteurs français (les deux répétitions).....	202
Tableau 45: Valeurs RMS des voyelles orales en contexte isolé pour tous les locuteurs norvégiens (les deux répétitions).....	205
Tableau 46: Valeurs RMS des voyelles orales en contexte CVC pour tous les locuteurs norvégiens (les deux répétitions).....	206
Tableau 47: Valeurs RMS des voyelles orales en contexte isolé pour tous les locuteurs ourdous (les deux répétitions)	209
Tableau 48: Valeurs RMS des voyelles orales en contexte CVC pour tous les locuteurs ourdous (les deux répétitions)	209
Tableau 49 : différence entre les deux répétitions pour chaque locuteur en anglais, les valeurs significatives sont en gras.....	211
Tableau 50 : différence entre les deux répétitions pour chaque locuteur en bosnien, les valeurs significatives sont en gras.....	212
Tableau 51 : différence entre les deux répétitions pour chaque locuteur en français, les valeurs significatives sont en gras.....	213
Tableau 52 : :différence entre les deux répétitions pour chaque locuteur en norvégien, les valeurs significatives sont en gras	214
Tableau 53 : : différence entre les deux répétitions pour chaque locuteur en ourdou, les valeurs significatives sont en gras	215

Tableau 54 : différence entre les locuteurs en anglais pour la répétition 1, les valeurs significatives sont en gras, M= moyenne	216
Tableau 55 : différence entre les locuteurs en anglais pour la répétition 2, les valeurs significatives sont en gras, M= moyenne	218
Tableau 56 : différence entre les locuteurs en bosnien pour la répétition 1, les valeurs significatives sont en gras, M= moyenne	220
Tableau 57 : différence entre les locuteurs en bosnien pour la répétition 2, les valeurs significatives sont en gras, M= moyenne	223
Tableau 58 : différence entre les locuteurs en français pour la répétition 1, les valeurs significatives sont en gras, M= moyenne	225
Tableau 59 : différence entre les locuteurs en français pour la répétition 2, les valeurs significatives sont en gras, M= moyenne	227
Tableau 60 : différence entre les locuteurs en norvégien pour la répétition 1, les valeurs significatives sont en gras, M= moyenne	229
Tableau 61 : différence entre les locuteurs en norvégien pour la répétition 2, les valeurs significatives sont en gras, M= moyenne	232
Tableau 62 : différence entre les locuteurs en ourdou pour la répétition 1, les valeurs significatives sont en gras, M= moyenne	234
Tableau 63 : différence entre les locuteurs en ourdou pour la répétition 2, les valeurs significatives sont en gras, M= moyenne	236
Tableau 64: différence entre les langues (les deux répétitions de tous les locuteurs pris ensemble) les valeurs significatives sont en gras, M= moyenne.....	239

INTRODUCTION

Résumé de l'introduction : Nous introduisons la problématique de cette thèse qui est la comparaison des phénomènes de coarticulation nasale des voyelles dans cinq langues : l'anglais américain, le bosnien, le norvégien, l'ourdou et le français. Les trois premières de ces langues ne possèdent pas de voyelles nasales phonologiques alors que l'ourdou et le français en possèdent.

L'introduction rappelle d'abord les trois points suivants :

- 1) quelques généralités sur les langues du monde où le trait [+nasal] est utilisé pour contraster des voyelles sur le plan phonologique
- 2) la présentation des systèmes phonologiques des cinq langues étudiées : anglais américain (GA : General American), bosnien, français standard, norvégien (Bokmål) et ourdou
- 3) la présentation du trait nasal sous ces divers aspects : articulatoire, physiologique, phonologique et acoustique.

Nous rappelons ensuite les trois questions principales soulevées dans cette étude et qui sont les suivantes :

- Comment caractériser la stratégie de coarticulation nasale dans les langues ?
- Les phénomènes de coarticulation seront-ils de plus grande envergure dans les langues étudiées dans cette thèse qui ne possèdent pas de voyelles nasales dans leur inventaire phonologique ?
- Comment sont perçues les voyelles nasalisées dans les langues comportant des voyelles nasales dans leur inventaire phonologique ?

La comparaison de la coarticulation nasale dans différentes langues, possédant ou ne possédant pas de voyelles nasales phonologiques représente un terrain privilégié pour étudier les relations entre phonétique et phonologie. Le trait de nasalité est, à première vue, un trait plus simple à traiter que la plupart des autres traits : un seul articulateur (le velum) est en jeu, il est abaissé ou relevé (une seule dimension), une langue possède ou non le trait de nasalité pour distinguer entre ses voyelles et ce trait est binaire. Par comparaison, le trait « antérieur-postérieur », relatif à la longueur de la cavité antérieure, possède deux articulateurs : le recul de langue et la protusion et l'arrondissement des lèvres. L'aperture est fonction de l'élévation de la langue, qui dépend elle-même de la hauteur de la mâchoire. La labialité dépend à la fois de la protrusion des lèvres et de leur arrondissement.

Un des intérêts de cette étude est que la comparaison de phénomènes de coarticulation nasale des voyelles dans cinq langues : *l'anglais américain*, le *bosnien* et le *norvégien*, d'une part, qui ne possèdent pas de voyelles nasales et *l'ourdou* et le *français*, qui en possèdent, a été faite avec les mêmes instrumentations, dans les mêmes conditions.

1. Répartition de la nasalité dans les langues du monde

Le trait de nasalité est présent dans la quasi totalité des langues. Seulement 1% des langues dans la base de données UPSID élargie (Maddieson, 1984 ; Maddieson 1991) n'ont ni consonnes nasales ni voyelles nasales.

Peu de langues (20% environ) possèdent des voyelles nasales phonologiques (Maddieson, 1984 ; Maddieson 1991). Les langues peuvent avoir soit plus de voyelles orales que de voyelles nasales comme par exemple en français, soit un nombre égal de voyelles nasales et de voyelles. Il n'a pas été observé de cas où le nombre de voyelles nasales dépassait celui des voyelles orales (Ruhlen, 1975) et les timbres des voyelles nasales tendent à se confondre avec ceux d'autres voyelles nasales, et aussi avec ceux de certaines voyelles orales, d'où une diminution du nombre de voyelles nasales phonologiques dans le système de la langue au cours du temps. Le français parisien tend par exemple à perdre l'opposition entre deux de ses voyelles nasales, /ɛ̃/ et /œ̃/, comme dans « brin » et « brun ».

Les voyelles nasales du monde les plus fréquentes sont /ĩ/ (13%), /ã/ (13%) et /ũ/ (12%). Les voyelles nasales /ẽ/ (5%), /õ/ (5%), /õ̃/ (4%) et /ẽ̃/ (2%) sont les voyelles les moins fréquentes dans les langues du monde (Maddieson, 1984 ; Maddieson, 1991). Ceci dit, au delà de ces statistiques publiées, il faut rappeler que le choix d'un symbole pour représenter le timbre d'une voyelle nasale (comme par exemple /ã/ ou /ĩ/ est relativement arbitraire. Ce choix est souvent fondé sur l'existence d'alternances phonologiques (comme « bon » et « bonne » en français), qui rappelle le passé et la naissance des voyelles nasales, mais qui, comme en français, ne correspond plus à une réalité articulatoire. : la configuration orale de /ã/ ne correspond ni à celle de /a/ ou de /ɑ/ en français (ce point sera élaboré plus tard). Après disparition de l'opposition entre certaines voyelles nasales, une voyelle nasale rentre en alternance apparente avec plusieurs voyelles orales.

Presque toutes les langues (97% des 317 langues de la base de données UPSID, Maddieson, 1984 ; Maddieson, 1991) ont au moins deux consonnes nasales, la bilabiale /m/ et l'alvéolaire /n/, cette dernière étant la plus fréquente (Ferguson, 1975). Les consonnes nasales

possibles dans les langue du monde sont : /m, m̥, ɱ, n, n̥, ɲ, ŋ, N, m̥, m̥̥, ɱ̥, ɲ̥, ɲ̥̥, ɲ̥̥̥, ɲ̥̥̥̥, N̥/ (Voir le tableau 1 ci-dessous).

Tableau 1 : Les consonnes nasales répertoriées :

Consonne nasale voisée	Consonne nasale dévoisée
voisée bilabiale /m/	dévoisée bilabiale nasale /m̥/
voisée labiodentale nasale /ɱ/	dévoisée labiodentale nasale /ɱ̥/
voisée dentale nasale /ɲ/	dévoisée dentale nasale /ɲ̥/
voisée alvéolaire nasale /n/	dévoisée alvéolaire nasale /n̥/
voisée retroflexe nasale /ɳ/	dévoisée retroflexe nasale /ɳ̥/
voisée palatale nasale /ɲ/	dévoisée palatale nasale /ɲ̥/
voisée vélaire nasale /ŋ/	dévoisée vélaire nasale /ŋ̥/
voisée uvulaire nasale /ɴ/	dévoisée uvulaire nasale /ɴ̥/

Aucune langue du monde ne possède plus de consonnes nasales que de consonnes orales (Ruhlen, 1975).

Tableau 2 : Une typologie simple de la place des sons nasals dans les systèmes phonémiques, avec des indications de fréquence parmi un large échantillon des langues du monde (Clements, *et al.* 2015 ; Cohn 1993a).

Type	Nasalité consonantique distinctive	Nasalité vocalique distinctive	Nombre de langues dans la base de données UPSID élargie (Maddieson 1991)
A	+	+	97
B	+	-	345
C	-	+	5
D	-	-	4

Le tableau 2 illustre la place des sons nasals dans les systèmes phonémiques, avec des indications de fréquence parmi un large échantillon des langues du monde. Il montre que les systèmes de type B (consonnes nasales mais pas de voyelles nasales) - comme par exemple l'anglais et l'arabe - sont les plus fréquents, tandis que les systèmes de type A (consonnes nasales et voyelles nasales) comme par exemple le français et le bengali prennent la deuxième place. Les langues du type C ayant des voyelles nasales distinctives mais pas de consonnes nasales, sont rares ; il s'agit notamment de langues d'Afrique de l'Ouest comme par exemple le ewe, le kpelle et bwamu; des langues d'Amérique du Sud telles que barasana, tucano, et warao ; et les langues nord-américaines comme mandan (famille sioux ; voir Mixco, 1997). Les langues du type D, qui n'utilisent pas du tout le trait distinctif de nasalité, sont également

rare ; il s'agit notamment de quileute et les langues des salish (Amérique du Nord), pirahã et mura (Amérique du Sud), et rotokas (Papouasie-Nouvelle-Guinée) (Clements, *et al.* 2015).

2. Présentation des systèmes phonologiques des cinq langues étudiées

Nous présenterons brièvement ici les cinq langues que nous avons étudiées et leurs systèmes vocaliques et consonantiques.

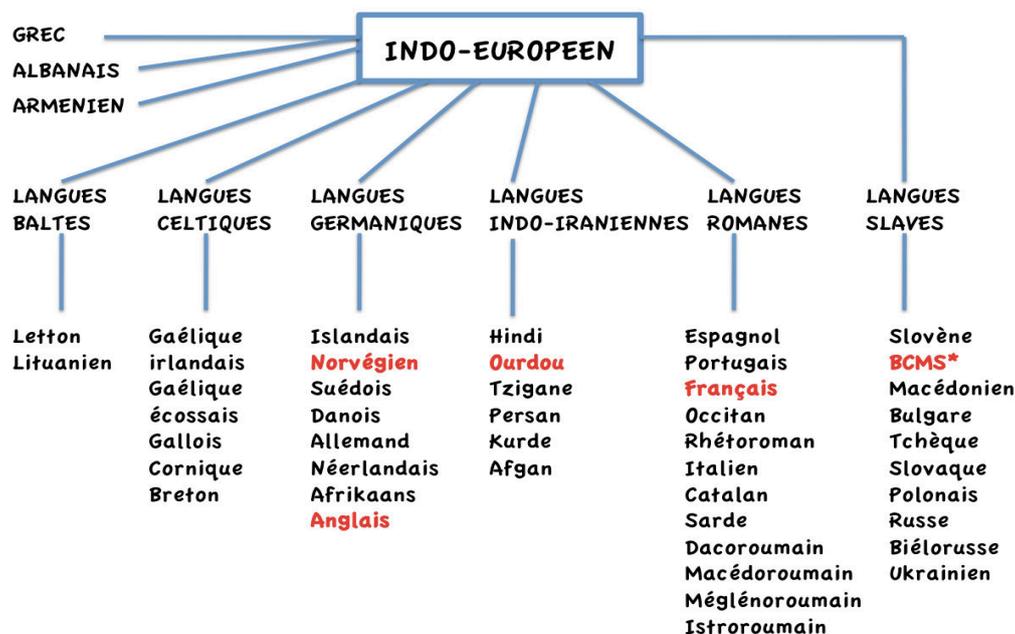


Figure 1 : Arbre généalogique des langues indo-européennes fait à partir du cours du prof. André Thibault, L4LM42. Nous avons mentionné uniquement les langues vivantes d'aujourd'hui. Les langues traitées dans notre étude sont en rouge.

Dans ce travail de thèse, nous traitons les données dans cinq langues indo-européennes : 1) une langue romane : le français, 2) deux langues germaniques l'anglais américain et le norvégien, 4) une langue indo-iranienne : l'ourdou et 5) une langue slave : le bosnien (BCMS). Nous avons préféré utiliser l'acronyme BCMS pour le bosnien, croate, monténégrin et serbe. On appelle ces langues "langues indoeuropéennes" car elles étaient parlées à l'origine de l'Europe jusqu'à l'Inde. Quant à la langue dont elles dérivent toutes, on l'appelle, par convention, l'indoeuropéen commun, ou le proto-indoeuropéen, ou l'indoeuropéen tout court. Il faut remonter à plus de 2000 ans avant *J.-C.* pour retrouver l'époque où cette langue ancestrale n'avait pas encore commencé à se différencier en nombreux dialectes, qui allaient devenir à leur tour les langues indoeuropéennes anciennes (cours du prof. André Thibault, L4LM42 LF).

2.1 Présentation de l'anglais américain

L'anglais américain (GA : General American) est défini par Wells (2008) comme ce qui est parlé par la majorité des Américains, notamment ceux qui n'ont pas d'accent perceptible d'est ou du sud. Pour Wells (1982), deux tiers de la population américaine parlent ce qu'on appelle General American. Selon Kenyon & Knott (1953) General American correspondrait à « l'accent du nord ». L'accent du sud correspondrait à la région du Texas au Delaware et l'accent de l'est à la région Maine au New Jersey. Il est appelé aussi « Network English ». Il s'agit de la variété la plus acceptable sur les chaînes de télévision qui couvrent

l'ensemble des Etats Unis (Wells, 1982). Nous présenterons brièvement le système vocalique et le système consonantique de l'anglais américain en utilisant le système de transcription de Wells (2008).

2.1.1 Système vocalique de l'anglais américain

L'Anglais américain possède au total quinze voyelles dans son système vocalique.

Dix voyelles monophthongues :

- cinq voyelles courtes ou relâchées (lax vowels) : /ɪ, e, æ, ʌ, ʊ/. Ces voyelles ne peuvent pas apparaître en position finale accentuée des mots, mais elles peuvent apparaître en fin de syllabe (remote [rɪ'moʊt] ; rabbit ['ræbɪt]).

- quatre voyelles longues ou tendues : /i:, u:, ɔ:, ɑ:/. Notons que la voyelle /ɔ:/ peut souvent être prononcée comme /ɑ:/ en anglais américain. L'opposition entre /ɔ:/ (dans thought /tɔ:t/, law /lɔ:/ et /ɑ:/ (dans lot /lɑ:t/, hot /hɑ:t/) est donc perdue chez certains locuteurs (Wells, 1982, p. 473-476).

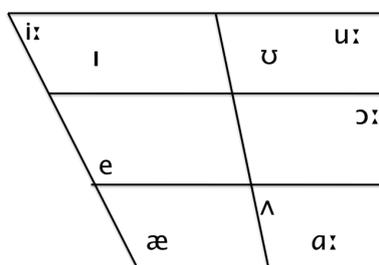


Figure 2 : triangle vocalique des voyelles monophthongues en anglais américain fait à partir de la description du système vocalique dans (Wells 2008, p. 23).

L'anglais américain a en plus cinq voyelles diphtongues : /ei, ai, ɔɪ, oʊ, aʊ/ et une voyelle rétroflexe /ɜ:/ « colorée par le /r/ » (r coloured) comme par exemple dans stir /stɪr/. Toutes les voyelles suivies par /r/ à l'intérieur d'une syllabe seront probablement plus ou moins colorées par le /r/ (Jones, 2006), qui se traduit essentiellement par un abaissement du troisième formant, caractéristique de la présence de la consonne /r/ an anglais.

2.1.2 Système consonantique de l'anglais américain

L'anglais américain possède 24 consonnes dans son système consonantique : /p, b, t, d, k, g, ʃ, dʒ, f, v, θ, ð, s, z, ʒ, ʒ, h, r, l, j, w, m, n, ŋ/.

Tableau 3 : Tableau IPA des consonnes en anglais américain. Les consonnes sourdes sont à gauche et les consonnes sonores sont à droite à l'intérieur des cellules. Tableau fait à partir de la description du système consonantique dans Wells (2008, p. 25)

Consonne pulmonique	LABIALE			CORONALE			DORSALE			LARYNGALE
	Bilabiale	Labio-dentale		Dentale	Alvéolaire	Post-alvéolaire	Palatale	Vélaire	Labio-vélaire	Glottale
Nasale	m			N			ŋ			
Occlusive	p b			t d			k g			
Fricative		f v	θ ð	s z	ʃ ʒ					h
Spirante						j		w		
Spirante latérale				L						
Affriquée					tʃ dʒ					
Battue				r						

Les consonnes /p, t, k/ à l'initiale sont généralement aspirées (comme dans « top ») sauf si immédiatement précédées par la consonne /s/ (comme dans « stop »). La glottalisation qui précède ou parfois remplace les occlusives apparaît dans le discours rapide.

2.2 Présentation du bosnien

Du point de vue de la sociolinguistique, le standard du bosnien se base sur le dialecte chtokavien de l'entité linguistique appelée « langue serbo-croate » à l'époque de l'ancienne Yougoslavie. Du point de vue de la linguistique comparée, c'est l'une des variantes standard d'une seule et même langue, les autres, basées sur le même dialecte chtokavien étant le serbe, le croate et le monténégrin. Le bosnien-croate-monténégrin-serbe (BCMS) est donc une langue polycentrique, système linguistique unique reposant sur la même base dialectale et ayant développé plusieurs standards (Thomas, 2002, 2008 ; Kordić, 2009). Les différences morphosyntaxiques sont minimales. L'écart le plus frappant se situe aux niveaux lexical et graphique (alphabets latin et cyrillique). Il s'agit donc d'une langue nommée « BCMS » (bosnien-croate-monténégrin-serbe) (Ridjanovic, 1985). Cet acronyme fait consensus parmi les linguistes.

2.2.1 Système vocalique du bosnien

Le BCMS compte cinq voyelles /i, e, a, o, u/.

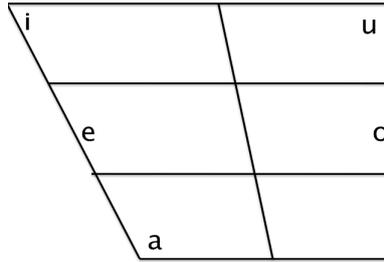


Figure 3 : triangle vocalique des voyelles en BCMS. Triange fait à partir de la description du système vocalique du croate d'après Škarić (1991).

Il possède également une diphtongue, /ie/, qui se produit uniquement dans une syllabe longue. Le BCMS est une langue à tons. Il s'agit de deux tons (montant et descendant) qui se combinent avec la quantité. La différence de durée de la voyelle est presque toujours combinée avec la différence de tons ce qui fait que le nombre de paires minimales où uniquement la différence de durée de la voyelle joue un rôle distinctif est petit. Le linguiste Ridjanović (1988) mentionne la possibilité d'une autre description du système phonologique de la langue qui consisterait en la multiplication du nombre des voyelles par le nombre des tons et la distinction de durée, ce qui donnerait vingt voyelles au lieu de cinq.

2.2.2 Système consonantique du bosnien

On compte 25 consonnes en BCMS : /p, t, k, b, d, g, f, s, ʃ, z, ʒ, x, m, n, ŋ, r, v, j, l, ʎ, ts, tʃ, dʒ, tɛ, dz /.

Tableau 4 : Tableau IPA des consonnes en BCMS. Les consonnes sourdes sont à gauche et les consonnes sonores sont à droite à l'intérieur des cellules. Tableau fait à partir de la description du système consonantique du croate dans Škarić (1991).

Les consonnes (pulmoniques)	LABIALE		CORONALE			DORSALE	
	Bilabiale	Labio-dentale	Alvéolaire	Post-alvéolaire	Alvéolo-palatale	Palatale	Vélaire
Nasale	m		n			ɲ	
Occlusive	p b		t d				k g
Fricative		f	s z	ʃ ʒ			x
Spirante		v				j	
Roulée			r				
Spirante latérale			l			ʎ	
Affriquée			ts	tʃ dʒ	tɛ dz		

Les groupes consonantiques sont communs en BCMS : /r/, /l/ et /n/ peuvent être des noyaux syllabiques.

2.3 Présentation du français

Nous présenterons brièvement le système vocalique et consonantique du français parisien qui reflète très approximativement les parlers de la moitié nord de la France, qui ne sont marqués ni de l'accent du sud, ni de l'est.

2.3.1 Système vocalique du français

Le français standard parisien (notion un peu vague, difficile à définir) compte au total 13 voyelles, dix voyelles orales /i, e, ε, a, u, o, ɔ, y, ø, œ/.

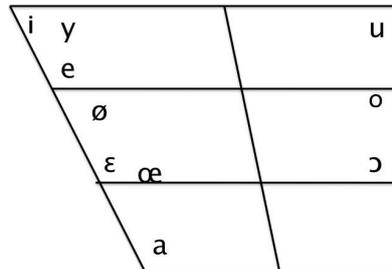


Figure 4 : triangle vocalique des voyelles orales en français. Triangle fait à partir de la description du système vocalique dans Wioland (1991, p. 30).

A Paris, les voyelles antérieure /a/ et postérieure /ɑ/ étaient autrefois deux phonèmes distincts, avec un timbre et une longueur différents. Il y a une tendance vers la neutralisation de l'opposition a/ɑ au profit d'un seul /a/, central, aujourd'hui (la conservation du même symbole /a/ pour désigner à la fois une voyelle antérieure et une voyelle centrale est donc ambiguë). Généralement, grâce au contexte, la neutralisation de l'opposition a/ɑ n'aboutit pas à des confusions de mot. Par exemple, en contexte, il n'y aurait pas d'ambiguïté de sens entre « *pâte* et *patte* ». Il y a de rares exemples aussi où la confusion pourrait apparaître, par exemple entre « *il est là* et *il est las*. » (Léon, 1966).

Le français possède en plus 3 ou 4 voyelles nasales selon les régions et l'âge du locuteur, /ã, ã, ẽ, œ̃/. La distinction de timbre entre la voyelle nasale /œ̃/ et la voyelle nasale /ẽ/ (essentiellement assumée articulatoirement au niveau des lèvres, étirées pour /ẽ/ et arrondies pour /œ̃/) a tendance à disparaître dans la prononciation du français des jeunes parisiens au profit du timbre de la voyelle nasale /ẽ/, ni étirée ni arrondie. Cela serait dû au faible rendement fonctionnel de l'opposition /œ̃/ - /ẽ/ (Martinet, 1964, sur l'économie des changements phonétiques). Cette opposition de timbre (et de contraste phonologique) entre ces deux phonèmes est généralement bien conservée dans le sud de la France, en Belgique et à Québec, où il existe encore des paires minimales (brun/brin ; l'un/lin, etc...), mais leur nombre est faible. Les anciennes générations (également à Paris) tendent à conserver les 4 voyelles. Par contre, il existe beaucoup de variations régionales dans la réalisation des voyelles nasales, qui sont des voyelles à timbre plus instable que les voyelles orales (à l'exception des voyelles moyennes).

2.3.2 Système consonantique du français

Le français compte 20 consonnes : /p, t, k, b, d, g, f, s, ʃ, v, z, ʒ, m, n, ɲ, ʁ¹, l/. Le français a en plus trois semi-consonnes ou semi-voyelles /j, ɥ, w/. Elles se différencient des voyelles dans le sens qu'elles ne peuvent jamais apparaître seules et former un noyau de syllabe. Elles jouent le rôle de consonne pleine quand elles sont situées entre deux voyelles, et le rôle de semi-voyelle après consonne et devant une voyelle dans la même syllabe.

Tableau 5 : Tableau IPA des consonnes en français. Les consonnes sourdes sont à gauche et les consonnes sonores sont à droite à l'intérieur des cellules. Tableau fait à partir de la description du système consonantique dans Wioland (1991 p. 30)

Les consonnes (pulmoniques)	LABIALE		CORONALE			DORSALE	
	Bilabiale	Labio-dentale	Alvéolaire	Post-alvéolaire	Palatale	Vélaire	Uvulaire
Nasale	m		n		ɲ		
Occlusive	p b		t d	ʃ ʒ		k g	
Fricative		f v	s z				ʁ
Spirante latérale			l				

2.4 Présentation du norvégien

A l'écrit, le norvégien a deux normes officielles appelées *Bokmål* (littéralement “la langue du livre”) et *Nynorsk* (littéralement “le nouveau norvégien”).

En principe, les deux normes sont fonctionnellement équivalentes. La plupart des norvégiens utilisent seulement l'une des deux normes, où l'origine géographique et la division urbain / rural sont les facteurs principaux décisifs sous-jacent à ce choix. Bokmål est la norme dominante utilisée par environ 85% de la population. La publicité et la presse sont presque exclusivement en bokmål.

L'existence de deux normes concurrentes écrites a peut-être empêché la formation d'une norme parlée sans controverse. C'est-à-dire qu'il n'y a pas de parler norvégien qui soit officiellement sanctionné (Kristoffersen, 2000). La politique est que toute prononciation qui est enracinée dans une variété du parler norvégien est aussi acceptable que les autres. En ce qui concerne le Nynorsk, la base parlée de la forme la plus courante, elle est principalement basée sur les dialectes ruraux du Sud de la Norvège. Mais ces dialectes montrent une variation considérable entre eux, de sorte que l'on ne peut identifier un seul système de dialecte unifié comme représentant une norme sous-jacente du nynorsk parlé. Bokmål est dans sa variété la plus commune considérée comme le discours formel urbain de la classe moyenne que l'on trouve surtout dans la partie orientale du Sud de la Norvège, avec la capitale Oslo comme le centre. On peut donc dire que bokmål a une réalisation parlée que l'on pourrait appeler une

¹ En français il existe trois sortes de la consonne /r/ : la fricative uvulaire voisée parisienne dorsale /ʁ/, la trille apicale ou alvéolaire /r/

norme officielle du parlé norvégien. Il est en effet souvent appelé “Østnorsk standard” (“Standard Est norvégien”) (Kristoffersen, 2000).

2.4.1 Système vocalique du norvégien

Le norvégien possède au total vingt-quatre voyelles dix-huit voyelles monophthongues: neuf voyelles longues : /i:, y:, ʉ:, u:, e:, ø:, o:, (æ:), a:/ et neuf voyelles courtes : /i, y, ʉ, u, ε, œ, ɔ, (æ), a/.

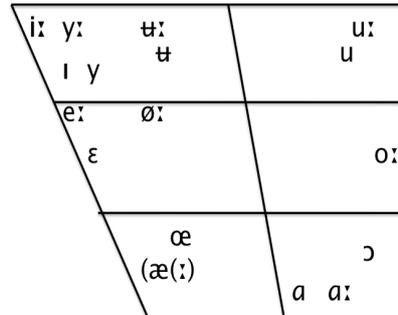


Figure 5 : triangle vocalique des voyelles monophthongues en norvégien. Triangle fait à partir de la description du système vocalique dans Kristoffersen (2000, p. 13).

- Le phonème /æ/ est un phonème marginal. C’est pour cela qu’il est mis entre parenthèses et sa réalité phonologique peut être mise en cause. En général, il se comporte comme un allophone du /e/ devant /r/ et /r/, contextes où /e, ε/ sont en général bloqués.

Le norvégien a en plus six voyelles diphtongues /æj, œj, æw, ɔj, ʉj, aj/.

- Les diphtongues /ɔj, ʉj, aj/ sont marginales car elles apparaissent uniquement dans quelques emprunts.

Dans les syllables inaccentuées, c’est à dire les syllables qui ne portent ni l’accent primaire ni secondaire, les voyelles sont toujours courtes.

2.4.2 Système consonantique du norvégien

Le norvégien compte 24 consonnes /p,t,k, b,d, g, t̪, d̪, m, n, ŋ, f, s, ʃ, ç, h,r, l, r̥, l̥, v, w, j/.

Tableau 6 : Tableau IPA des consonnes en norvégien. Les consonnes sourdes sont à gauche et les consonnes sonores sont à droite à l'intérieur des cellules. Tableau fait à partir de la description du système consonantique dans Kristoffersen (2000, p. 22).

Consonne pulmonique	LABIALE		CORONALE		DORSALE			LARYNGALE
	Bilabiale	Labio-dentale	Alvéolaire	Rétroflexe	Palatale	Vélaire	Labio-vélaire	Glottale
Nasale	m		n	ŋ		ŋ		
Occlusive	p b		t d	ʈ ɖ		k g		
Fricative		f	s	ʂ	ç			h
Spirante		v			j		w	
Roulée				ɽ				
Spirante latérale			l	ɭ				
Battue			r					

2.5 Présentation de l'ourdou

A présent, l'ourdou est la langue officielle du Pakistan et l'une des 16 langues majeures reconnues au niveau constitutionnel en Inde. Du point de vue linguistique, l'ourdou et l'hindi sont deux registres standardisés d'un même sous-dialecte, le dialecte Khari boli de Delhi (langue pluricentrique). Dans la région entière d'hindi et d'ourdou, ou bien pour tous les locuteurs d'hindi et d'ourdou, il existe un certain nombre de variétés et chaque locuteur en connaît plus d'une. La plus grande différence est que l'hindi utilise le Devanagiri script écrit de gauche à droite tandis que l'ourdou utilise la forme modifiée du script perso-arabe écrit de droite à gauche. Il existe quelques variations au niveau consonantique et morphologique alors qu'au niveau vocalique, ces deux langues ne diffèrent pas (Naim, 1999).

2.5.1 Système vocalique de l'ourdou

L'ourdou compte au total 24 voyelles (Bokhati, 1985) :

Quatorze voyelles orales :

- sept voyelles orales longues : /i:, e:, ε:, u:, o:, ɔ:, a:/
- sept voyelles orales courtes correspondantes : /i, e, ε, u, o, ɔ, a/

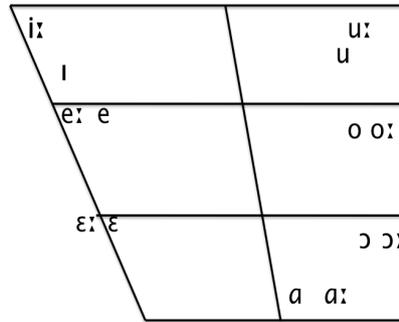


Figure 6 : triangle vocalique des voyelles orales en ourdou. Triange fait à partir de la description du système vocalique dans Bokhari (1985).

Dix voyelles nasales :

- cinq voyelles nasales longues : /ã:, ã:, ã:, ã:, ã:/
- cinq voyelles nasales courtes correspondantes /ã, ã, ã, ã, ã/

Selon Khan (1997), en ourdou, il y a 20 voyelles : sept voyelles orales longues : /i:, e:, ɛ:, u:, o:, ɔ:, a/ et trois voyelles orales courtes : /ɪ, ʊ, ə/. Toutes ces voyelles ont leur voyelle nasale correspondante. Ohala (1999) mentionne le même inventaire de voyelles nasales que Bokhari (1985) en hindi.

2.5.2 Système consonantique de l'ourdou

L'ourdou possède 42 consonnes selon Khan (1997) : /p, b, p^h, b^h, m, m^h, ʈ, ɖ, ʈ^h, ɖ^h, n, n^h, t, d, t^h, d^h, k, g, k^h, g^h, q, ʔ, f, w, s, z, ʃ, ʒ, ʎ, x, h, ʃ, dʒ, ʃ^h, dʒ^h, r, r^h, ɽ, ɽ^h, j, l, l^h/.

Selon Bokhari (1985) il existe 36 consonants : /p, b, p^h, b^h, m, m^h, ʈ, ɖ, ʈ^h, ɖ^h, n, /ŋ/, n^h, t, d, t^h, d^h, k, g, k^h, g^h, ʔ, w, s, ʎ, h, ʃ, dʒ, ʃ^h, dʒ^h, r^h, ɽ, ɽ^h, j, l, l^h/.

Tableau 7 : Tableau IPA des consonnes en ourdou. Les consonnes sourdes sont à gauche et les consonnes sonores sont à droite à l'intérieur des cellules. Tableau fait à partir de la description du système consonantique dans Bokhari (1985).

Consonnes pulmonique	LABIALE		CORONALE			DORSALE				LARYNG ALE
	Bilabiale	Labio-dentale	Alvéolaire	Rétrofl ex e	Post - alvé o - laire	Palatal e	Vélaire	Uvulaire	Labio-vélaire	Glottale
Nasale	m		n				ŋ			
Nasale aspirée	m ^h		n ^h							
Occlusive	p b		ṭ ḍ	ṭ̱ ḍ̱			k g		w	ʔ
Occlusive aspirée	p ^h b ^h		ṭ ^h ḍ ^h	ṭ̱ ^h ḍ̱ ^h			k ^h g ^h			
Fricative			s				ʃ			h
Spirante						j				
Spirante latérale			l							
Spirante latérale aspirée			l ^h							
Affriquée					tʃ dʒ					
Affriquée aspirée					tʃ ^h dʒ ^h					
Battue				ɽ						
Battue aspirée			r ^h	ɽ ^h						

3. Le Trait de nasalité

En phonologie, le trait [+nasal] s'applique de façon uniforme aux consonnes comme aux voyelles (Jakobson *et al.*, 1952). De ce point de vue, ce trait est le trait idéal. Ce trait distinctif peut être considéré comme *privatif* ou *binnaire*. Troubetzkoy (1930) considère que la nasalité est une opposition privative : il s'agit d'un contraste phonémique où un des éléments est caractérisé par la présence d'une marque et l'autre par son absence. Celui qui porte la marque nasale est un élément marqué (Clements *et al.*, 2015). Chomsky et Halle (1968) ont

considéré le trait nasal comme un *trait binaire*. Les voyelles s'opposent phonologiquement par les traits [+nasal] et [-nasal]. Par exemple, la voyelle dans les mots « fine » et « bonne » est [-nasal] en français et elle est [+nasal] dans les mots « fin » et « bon ». Cette distinction binaire [+nasal] et [-nasal] se base avant tout sur le fait qu'une voyelle ou une consonne est nasale ou non : il n'existe pas d'état intermédiaire (comme des voyelles phonologiquement à moitié nasales).

En français, chaque voyelle nasale n'a plus de correspondante articulo-oraire parfaite sur le plan phonétique. Par exemple, du point de vue articulo-oraire, les voyelles nasales et les voyelles orales dites « correspondantes » diffèrent toujours par la configuration des lèvres et/ou de la langue (Zerling 1984). Selon Delvaux (2003), en français de Belgique, à partir de données IRM, la voyelle nasale /ã/ est plus arrondie, plus ouverte et plus arrière que la voyelle orale /a/ (confirmant ainsi les données de Zerling, 1984 pour le français de France). La voyelle nasale /ẽ/ est plus postérieure et plus ouverte que la voyelle orale /ɛ/. La voyelle nasale /õ/ est plus arrondie que la voyelle orale /ɔ/, elle est du reste considérée phonétiquement comme la plus arrondie des voyelles. Cette non correspondance pourrait être expliquée par le fait qu'il y a beaucoup moins de voyelles nasales que de voyelles orales dans cette langue, d'une part, et de l'origine multiple de certaines voyelles nasales, comme le reflète l'écriture (par exemple, *faim-famine, fin-fine, feind, brun-brune* etc. ou *temps, tant, t'en, etc.*) Des voyelles nasales comme /ẽ/ ou /õ/ peuvent alterner avec différentes voyelles orales. /ẽ/ alterne avec /i/ (« fine » et « fin ») ou /ɛ/ (« vaine » et « vain », « père » et « paternel ») ou /a/ (« faimé » et « famine »), et désormais avec /y/ (« une » et « un », « brun » et « brune » – alternance du genre), dû à la disparition du contraste phonologique entre /ẽ/ et /õ/.

La différence articulo-oraire pour produire le contraste de nasalité est un voile du palais abaissé ou un voile du palais relevé. Malgré des recherches intensives, il est relativement compliqué de trouver un indice acoustique unique 'invariant' pour toutes les voyelles nasales : la mise en dérivation de la cavité nasale sur la cavité buccale apporte des formants supplémentaires et des antiformants supplémentaires et l'effet exact du couplage acoustique dépend de la forme de la cavité buccale, et celle-ci varie selon la voyelle (*cf.* chapitre 2) donc l'effet du couplage acoustique ne peut être unique. Une recherche d'une stricte invariance acoustique de ce trait n'était pas fondée du point de vue des lois de la physique.

En aérodynamique, si un phonème est nasal, il lui correspond en général un débit d'air nasal (DAN) positif. Un débit d'air nasal positif n'est cependant pas obligatoire pour la production d'une voyelle nasale. Il est possible de réaliser un contraste entre une voyelle orale et une voyelle nasale avec le nez bouché, sans sortie du flux nasal : l'effet acoustique de la nasalité est réalisé grâce au couplage des deux cavités, c'est une condition nécessaire (mais non suffisante), mais pas grâce au passage de l'air dans la cavité nasale, qui n'est pas une condition nécessaire. Deux conditions sont donc nécessaires pour que l'air passe dans le conduit nasal : 1) le port vélopharyngé doit atteindre une ouverture suffisante et 2) la pression dans le conduit vocal doit être suffisante (Stevens, 1979 ; Amelot, 2004). La présence d'un flux d'air nasal est donc une caractéristique secondaire, non nécessaire. Le simple couplage entre cavité orale et nasale est nécessaire, mais non suffisant pour la création d'une voyelle nasale : il faut que l'ouverture soit assez grande pour que les effets du couplage soient perçus.

4. Questions posées dans cette étude

Les questions posées dans cette étude sont des questions classiques, déjà débattues dans la littérature, et notre ambition est d'apporter notre contribution en comparant des données sur des langues prises dans les mêmes conditions et sur un corpus comparable :

1. Il a été montré qu'il existe des stratégies de coarticulation différentes selon les langues (Clumeck, 1976 ; Cohn, 1990). ***Comment caractériser la stratégie de coarticulation nasale dans une langue ?***

Il existe essentiellement trois modèles à caractère prédictif : le modèle « look-ahead » de Henke (1966), le modèle « time-locked » de Bell-Berti *et al.* (1981) et le modèle « temporal aligned » de Beddor (2007) pour expliquer le comportement du voile du palais. L'origine de notre thèse est la disparité des conclusions dans la littérature concernant la validité de chacun de ces trois modèles. Nous faisons l'hypothèse que les trois modèles (le modèle « look-ahead » de Henke (1966), le modèle « time-locked » de Bell-Berti *et al.* (1981) et le modèle « temporal aligned » de Beddor (2007) ne sont pas exhaustifs et qu'un des modèles peut dominer dans une langue sans que les autres ne soient pas totalement à écarter, et qu'il est possible de classer la nasalisation anticipatoire dans une langue comme plus « look-ahead », plus « time-locked » ou plus « temporal aligned » lorsqu'on la compare à une autre langue.

2. Notre seconde direction concerne l'empan des phénomènes de coarticulation dans les langues étudiées dans cette thèse qui possèdent ou ne possèdent pas de voyelles nasales dans leur inventaire phonologique. Nous avons voulu voir ce que nos résultats montreraient avec un corpus quasi identique (un corpus de logatomes comparables) pour toutes les cinq langues étudiées et avec une instrumentation différente (ici l'accéléromètre piézoélectrique) que celles utilisées dans les autres études mentionnées dans cette thèse.
3. La troisième hypothèse est que la coarticulation nasale sera perçue par les auditeurs de deux langues qui possèdent des voyelles nasales dans leur inventaire phonologique : français et ourdou. A savoir, nous pensons que plus il y a de vibrations nasales sur la voyelle, et plus elle sera perçue comme nasalisée par les locuteurs qui ont des voyelles nasales phonologiques dans leur langue.

Pour notre étude, nous n'avons pas pu utiliser d'instrumentation invasive. Or, de façon générale, seule une instrumentation invasive permet d'observer les mouvements du voile du palais, à la source de la nasalité, comme la cinéradiographie et le système microbeam, ou EMMA. Nous avons utilisé une instrumentation non invasive, légère, donc nécessairement approximative, et dont les résultats sont plus délicats à interpréter. Nous avons analysé les vibrations nasales à partir d'un accéléromètre piézoélectrique (AP), couplées à des données de pression acoustiques pour rendre compte de la nasalisation dans les cinq langues étudiées, voir 3.1.1.

Les tests perceptifs sur la coarticulation nasale perçue dans ces cinq langues ont été réalisés avec l'aide du logiciel Praat (Boersma et Weenink, 2011).

5. Organisation du document

Les termes de « nasalité » et de « nasalisation » peuvent correspondre à différentes réalités. Dans le chapitre 1, nous définissons la nasalité des points de vue articulatoire, aérodynamique, phonologique et acoustique. Nous traitons ensuite des aspects anatomiques et physiologiques de la nasalité. Les instrumentations disponibles pour l'étude de la nasalité sont également décrites dans ce chapitre.

Le chapitre 2 est consacré à la coarticulation en général et à la coarticulation nasale en particulier.

Le chapitre 3 comprend une partie méthodologie avec la description de l'accéléromètre piézoélectrique (instrument utilisé dans cette étude), des locuteurs, du corpus et des mesures.

Le chapitre 4 fournit les résultats qui concernent la comparaison de la coarticulation nasale dans les cinq langues étudiées et l'étude perceptive.

Le chapitre 5 est la conclusion générale où nous dressons un bilan de notre étude et nous répondons aux questions posées dans l'Introduction. Nous évoquons les limites de ce travail et nous envisageons des perspectives pour la continuation de cette recherche.

Chapitre 1 : Aspects anatomiques, physiologiques de la nasalité et instrumentations disponibles

Résumé du chapitre 1: Les structures anatomiques les plus importantes pour la réalisation du trait de nasalité sont la cavité nasale et le voile du palais. Du point de vue articulatoire, un phonème (phonologiquement nasal ou non) est dit réalisé comme nasalisé lorsqu'il est articulé avec le voile du palais détaché de la paroi pharyngée, et abaissé vers le dos de la langue. Le passage est alors ouvert entre le larynx et la cavité nasale. C'est ce couplage entre la cavité buccale et la cavité nasale qui est à l'origine des indices acoustiques de nasalité présents dans le signal. Du point de vue aérodynamique, un phonème est considéré comme nasalisé si il y a présence de Débit d'Air Nasal (DAN positif). Une ouverture vélaire n'implique pas obligatoirement que l'air va passer, il faut que la pression dans le conduit vocal soit suffisante pour « pousser » l'air dans la cavité nasale. La présence d'un flux d'air nasal n'est pas non plus nécessaire pour réaliser un phonème nasal : l'abaissement du voile du palais et donc le couplage entre les deux cavités, la cavité orale et la cavité nasale, suffisent, même si le nez est « bouché », mais il faut encore que le couplage soit suffisant.

Du point de vue acoustique, le couplage du conduit nasal et oral introduit des formants nasals (pôles) et des antiformants nasals (zéros) qui se combinent avec les formants « oraux » de la cavité buccale. Les formants oraux dus à la cavité orale sont eux-mêmes modifiés car l'abaissement du voile du palais induit un changement de configuration de la cavité orale et donc de ses caractéristiques résonnantes.

Du point de vue articulatoire, en français, il n'existe pas de correspondance parfaite de la configuration de la langue et des lèvres entre les symboles représentant les voyelles orales et les voyelles nasales qui sont sensées leur correspondre ($\epsilon/\tilde{\epsilon}$, a/\tilde{a} , $\text{ɔ}/\tilde{\text{ɔ}}$). Les voyelles nasales phonologiques viennent généralement d'une nasalisation anticipatoire, c'est-à-dire de l'abaissement du voile du palais durant la voyelle précédant la production d'une consonne nasale en coda, suivie de la disparition de la consonne nasale (Passy, 1890, p. 180). Elles sont parfois le fait de nasalisation spontanée (Ohala, 1983). Le trait de nasalité des voyelles et des consonnes est noté [+nasal]. Une langue, comme l'anglais peut avoir des voyelles orales fortement nasalisées en contexte nasal, sans avoir de voyelles nasales phonologiques.

En ce qui concerne les instrumentations, ce chapitre rappelle les nombreuses techniques disponibles pour étudier la nasalité sous tous ses aspects (EMG, fibroscopie, radiographie, IRM, ultrasons, vélotrace, nasographe, aérodynamique, pression sonore, mesures acoustiques...) avec leurs avantages et leurs inconvénients.

1. Aspect anatomique de la nasalité

Les structures anatomiques les plus importantes pour la nasalité sont les cavités nasales (fosses nasales) et le voile du palais (ou le palais mou). L'abaissement du voile du palais met en connexion les deux cavités, la cavité orale et la cavité nasale. Le couplage introduit des formants nasals supplémentaires et des antiformants nasals qui vont se combiner avec les formants dus à la cavité orale. La présence des sinus et l'asymétrie entre les deux fosses nasales peuvent engendrer des zéros supplémentaires, ce qui complique encore la forme du spectre et la modélisation en synthèse articulatoire. La forme et le volume des cavités nasales sont fixes pour un locuteur et varient beaucoup entre les locuteurs. Pour un locuteur donné, les caractéristiques résonancielles sont modifiées en cas de rhume ou d'encombrement des voies nasales) : les conséquences acoustiques du couplage varient donc en fonction du locuteur.

1.1 Les fosses nasales, les sinus et le voile du palais

Les *fosses nasales* ou *les cavités nasales* se prolongent en avant par les cavités du nez et s'ouvrent en arrière vers la partie nasale du pharynx (rhino-pharynx). Elles sont aussi en communication avec les sinus.

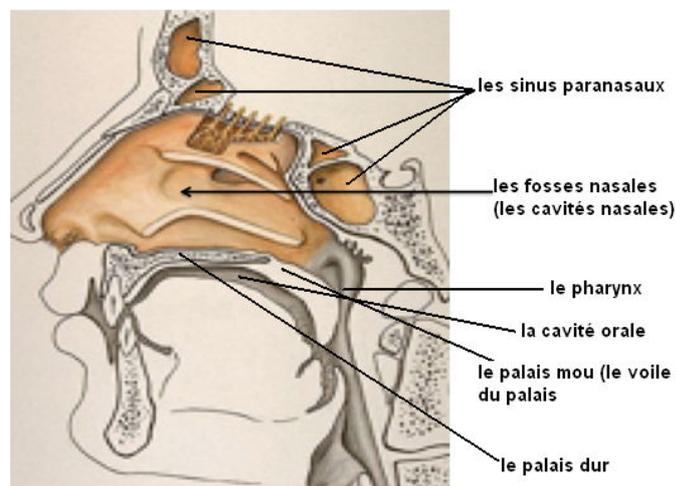


Figure 7 : Du haut vers le bas : sinus paranasaux, fosses nasales, pharynx, cavité orale, palais mou, palais dur (<http://www.isto.ucl.ac.be/safe/images/00010510.jpg>).

Aux cavités nasales sont rattachées différentes cavités pneumatiques creusées dans les os de la face ou de la base du crâne, appelés *sinus paranasaux* : sinus maxillaire, ethmoïdal, frontal et sphénoïdal. Bien que beaucoup d'études montrent qu'il est difficile de connaître la fonction exacte des sinus, il semble qu'ils influencent la qualité de résonance des fosses nasales (Abitbol, 2005 ; Keir, 2007).

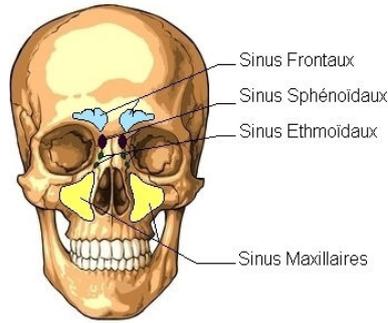


Figure 8 : Du haut vers le bas : sinus frontaux, sinus sphénoïdaux, sinus ethmoïdaux, sinus maxillaires. (<http://conseildentaire.com/2011/04/02/sinusites-dorigine-dentaire/>).

Le palais a la forme d'une voûte qui sépare les cavités orales et nasales. Il est divisé en deux parties : le palais dur et le palais mou (ou voile du palais ou velum). Le palais dur est fixe tandis que le palais mou est mobile. Le palais mou est un des organes de la production de la parole. Lors de la production des voyelles et des consonnes nasales, le voile du palais est abaissé permettant ainsi à l'air provenant du pharynx de passer par la cavité nasale. La longueur du voile du palais varie beaucoup entre les locuteurs.

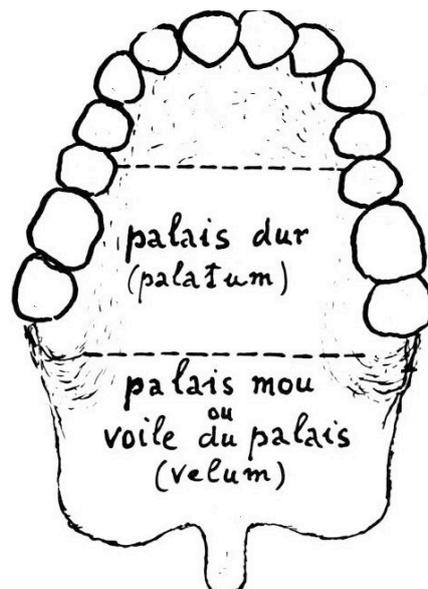


Figure 9 : du haut vers le bas : le palais dur, le palais mou ou voile du palais, (Straka, 1965 Pl. 12).

1.2 Les muscles impliqués dans la contraction et l'abaissement du voile du palais

Lorsque le voile du palais est au repos, il est abaissé. Les muscles qui constituent le voile du palais sont : le muscle tenseur du voile, le muscle élévateur du voile (levator palatini), le muscle palato-pharyngien, le muscle palato-glosse et le muscle uvulaire. Le muscle levator palatini est responsable de l'élévation du velum. La suppression de l'activité du muscle levator palatini conduit à l'ouverture du voile. En position de repos et de non parole, son abaissement permet entre autre de respirer par le nez. Le muscle constricteur

palato-pharyngien supérieur et le muscle palato-glosse sont également impliqués dans l'ajustement de la taille de l'ouverture du port vélopharyngé (Bell-Berti, 1971). Le muscle palato-glosse contribue à l'abaissement du voile du palais. Il est aussi actif dans le mouvement de postériorisation de la langue : nasalisation et postériorisation de la langue sont reliés physiologiquement parlant. La suppression de l'activité du muscle levator palatini est donc le geste articulatoire essentiel qui accompagne la réalisation du trait nasal, mais l'activité d'autres muscles entre en jeu, qui crée un lien entre nasalisation et postériorisation (comme l'activité du palato-glosse). Le geste de postériorisation de la masse linguale pour une voyelle orale, grâce à l'activité du palato-glosse reste compatible avec le caractère oral de cette voyelle grâce au jeu de la combinaison entre l'action du palato-glosse (pour la postériorisation) et celle du levator palatini (pour l'élévation du voile du palais).

2. Différentes définitions de la nasalité

Dans cette partie nous donnons successivement une définition phonologique, une définition articulatoire, une définition aérodynamique et une définition acoustique de la nasalité. Un phonème nasal peut par exemple être réalisé comme phonétiquement (articulatoirement, aérodynamiquement) nasalisé, mais ne pas être perçu comme nasalisé. Beaucoup de combinaisons sont possibles (Basset *et al.*, 2001).

2.1 Définition phonologique de la nasalité

Comme nous l'avons déjà écrit dans l'introduction de ce travail (cf. section 1.2. de l'introduction), le trait phonologique binaire concerné par la nasalité est le trait [+nasal]/[-nasal]. Les voyelles nasales [+nasal] s'opposent donc aux voyelles orales [-nasal], par exemple 'beau' [bo] versus 'bon' [bõ]. Comme mentionné précédemment, le trait nasal [+nasal] est utilisé en français et en ourdou pour les consonnes et pour les voyelles. En anglais, bosnien et norvégien, ce trait est utilisé uniquement pour opposer les consonnes.

2.2 Naissance des voyelles nasales

Des voyelles nasales dans les langues sont issues soit : 1) par une nasalisation anticipatoire de la voyelle, soit 2) par un processus spontané, comme mentionné précédemment.

2.2.1 Nasalisation de la voyelle par nasalisation anticipatoire

Il s'agit d'un processus historique dans lequel une voyelle a d'abord été contextuellement nasalisée par une consonne nasale en coda qui suivait. La nasalisation de la consonne et de la voyelle précédente a coexisté un temps, puis la consonne nasale en coda a ensuite disparu, du moins en ce qui concerne le français parisien. Par exemple, [bonus] > [bonu] > [bon] > [bõn] > [bõ] en français ou [danta] > [danta] > [dãta] > [dãt] 'dent' en ourdou. La nasalisation distinctive des voyelles est un processus historique qui généralement dure des siècles. Comme toute assimilation : « une voyelle ne se nasalise jamais tout entière d'un seul coup » (Straka, 1979 p. 526) : un appendice nasal est encore audible dans les variétés méridionales du français.

Après un tel processus, les voyelles nasales sont petit à petit devenues distinctives vers le XVII^{ème} siècle en français et vers le XV^{ème} siècle en langues indo-aryennes comme par exemple l'hindi ou l'ourdou.

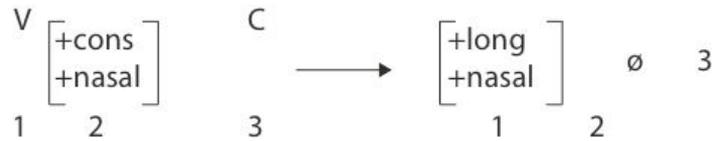


Figure 10 : Le schéma de nasalisation des voyelles par nasalisation anticipatoire en langues indo-aryennes (Ohala, 1983, p. 78).

Un tel processus serait en cours en anglais : « can't » prononcé [khãt] (Malécot, 1956).

En ourdou et hindi, dans un grand nombre de cas, les voyelles nasales ont surgi en raison d'un changement phonologique dans le développement du Vieux-Hindi à partir du Moyen-indo-aryenne (MIA). Ce changement a touché la plupart des nouvelles langues indo-aryennes (IA) (à l'exception du pendjabi, du sindhi et du lahanda) (Ohala, 1983). Les langues indo-aryennes constituent une branche des langues indo-iraniennes, elles-mêmes branches de la famille des langues indo-européennes. Il s'agit de l'hindoustani (hindi et ourdou standard), le bengali, le punjabi, le marathi, le goudjarati, l'oriya, le sindhi, le népalais, le cinghalais, le saraiki et l'assamais. Ces langues sont essentiellement parlées en Asie du centre-Sud, en Inde, au Pakistan, dans les pays voisins et dans les communautés émigrées. Les groupes consonantiques en position médiale des mots en MIA ont été simplifiés avec un allongement compensatoire de la voyelle précédente. Ce processus pouvait remonter à l'an 1000 au cours de la période apabhraméa ou pendant la période tardive de MIA (Ohala, 1983). Selon Tiwari (1961 cité dans Ohala, 1983), au 15^{ème} siècle environ, l'hindi a émergé comme une langue distincte et ce processus a été bien établi. Si le groupe consonantique se composait d'une consonne nasale suivie d'une consonne orale, la consonne nasale était supprimée, et la voyelle précédente a été allongée et nasalisée (voir l'exemple cité plus haut) /VNC/ > /V:C/. Selon Ohala et Ohala (1991) en hindi et autres langues indo-aryennes, la consonne nasale a complètement disparu si elle est suivie d'une occlusive sourde par exemple dans le mot /dãt/ 'dent' mais elle n'a pas disparue si elle est suivie d'une occlusive sonore, par exemple dans le mot /tãnd/ 'la lune'. Leurs données sur le hindi et le français ont montré que pendant la prononciation d'une séquence de voyelle nasale distinctive suivie d'une occlusive sonore dans le mot suivant, l'occlusive sonore était souvent prénasalisée par coarticulation régressive. Les deux mots /dãt/ et /tãnd/ ont été sujets à une simplification du groupe consonantique avec un allongement et une nasalisation compensatoire de la voyelle (Beames, 1872 ; Misra, 1967 cités dans Ohala et Ohala (1991). Dans le mot /tãnd/ 'la lune', la consonne nasale /n/ a d'abord été perdue et ensuite elle est réapparue en hindi moderne. Selon Ohala et Ohala (1991), dans la séquence /ã+d/ > [ã+n+d], n est une consonne nasale épenthétique homorganique à la consonne occlusive. Autrement dit, l'occlusive est prénasalisée et elle est perçue comme [n]. Une telle nasale épenthétique soit n'apparaît pas, soit est beaucoup plus courte dans les séquences ã+t. et de toutes les façons, un auditeur ne peut « percevoir » facilement une consonne nasale dévoisée, qui n'existe pas dans sa langue.

Les voyelles nasales n'existaient pas en latin. Les voyelles nasales auraient subi trois étapes de développement en français (Passy, 1890 p. 181 ; Straka, 1979b p. 504). Le processus de leur développement a commencé au 9^{ème} siècle et s'est achevé vers le XVII^{ème} siècle avec la formation des traits pertinents du vocalisme français actuel.

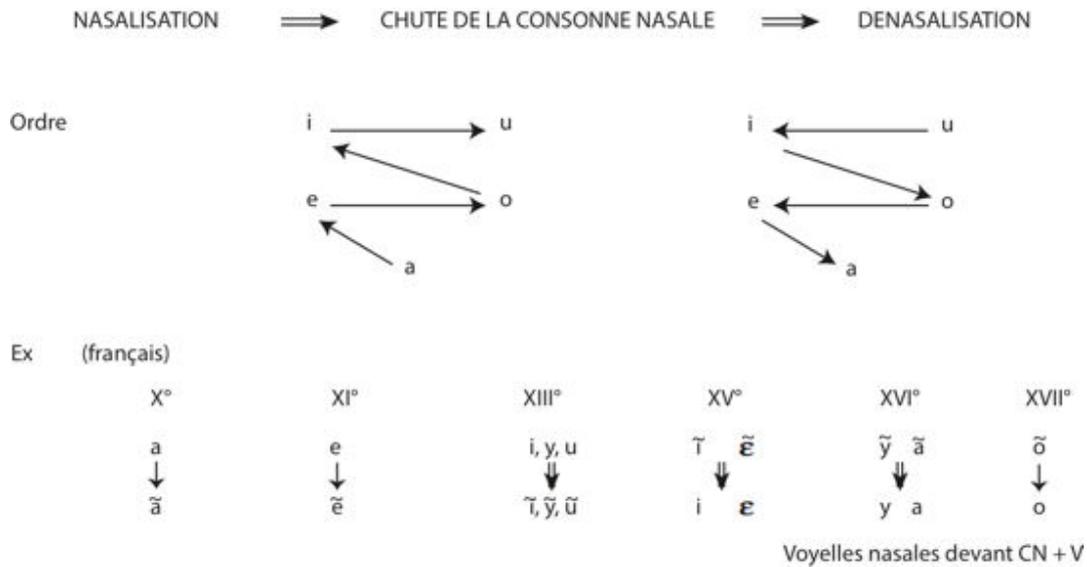


Figure 11 : Le schéma du changement diachronique des voyelles nasales en français d'après (Pope, 1994) et Straka, 1979b, p. 516) (Maeda, 2000).

Pendant la période de l'ancien français (de l'apparence du premier texte écrit au 9^{ème} siècle jusqu'au 13^{ème} siècle), les voyelles se sont graduellement nasalisées devant les consonnes nasales /n/, /m/, et /ŋ/. La nasalisation a touché toutes les voyelles y compris les diphtongues précédées d'une consonne nasale. Les sons nasalisés ne représentent pas en ancien français des phonèmes spécifiques, ils ne sont que des variantes contextuelles, nasalisées des phonèmes oraux, suivies d'une consonne nasale. La consonne nasale est donc toujours prononcée : v + N > [ṽN], /bon/ prononcé /bõn/, comme le reflète l'écriture. Le processus de nasalisation a commencé par la voyelle la plus ouverte /a/ au 10^{ème} siècle, suivie par /e/ et les autres voyelles mi-ouvertes et mi-fermées aux 11^{ème} et 12^{ème} siècles et par les voyelles fermées /i/ et /u/ au 13^{ème} siècle (Ruhlen 1979 p. 324 ; Pope 1934 p. 169 ; Delvaux 1999 p. 3). Avant d'être nasalisées certaines voyelles, notamment les voyelles moyennes /e/ et /o/, si suivies par une consonne nasale, se sont fermées d'un degré d'aperture et sont devenues /e/ et /o/. Après la nasalisation, les voyelles fermées tendent graduellement à s'ouvrir. Le /ĩ/ s'ouvre en /ẽ/, et /ẽ/ s'ouvre en /ã/.

Les voyelles nasalisées restent en moyen français (14^{ème} et 16^{ème} siècles) des variantes de phonèmes oraux. Le degré de nasalisation contextuelle s'accroît. La tendance à l'aperture amorcée dans les voyelles nasalisées au XII^{ème} siècle continue. Durant cette période, on tend à simplifier les restes des diphtongues y compris les diphtongues nasalisées éliminées en grande partie vers le XIV^{ème} siècle. Durant cette période, on observe aussi un processus de dénasalisation des voyelles suivies d'une consonne nasale intervocalique où les voyelles nasales perdent leur timbre nasal : [ṽN] + v(ə) > v + N + v(ə). Par exemple, le mot « bonne » a évolué de la façon suivante : [bona] > [bõnə] > [bõnə] > [bõnə] > [bõn]. Le [ə] final (qui n'est pas un phonème, mais une forme affaiblie de l'ancienne voyelle /a/) se prononçait généralement toujours pendant cette période. Seules les voyelles nasalisées en syllabe fermée acquièrent la valeur phonologique de phonèmes nasals.

Par contre, en syllabe ouverte toutes les voyelles suivies d'une consonne nasale articulée commencent à se dénasaliser. Les traits pertinents du vocalisme français se constituent vers le XVII^{ème} siècle (début du français moderne) avec la formation du système des voyelles nasales (Straka, 1979). Quatre voyelles nasales sont formées [ã, õ, ẽ, õ]. La

consonne nasale s'est effacée de la prononciation ce qui a mené à la production d'une seule voyelle nasalisée. L'évolution est donc la suivante : V+N = \tilde{v} +N= \tilde{v} . Tous les timbres diphtongués sont définitivement éliminés. Les voyelles en syllabe ouverte devant une consonne nasale se dénasalisent définitivement. Le /ə/ final ne se prononce plus après une consonne nasale intervocalique : v + N + /ə/ > v + N, [bɔnə] > [bɔn].

2.2.2 Nasalisation spontanée de la voyelle

Toutefois, les voyelles devenues nasales en langues indo-aryennes n'étaient pas toujours entourées de consonnes nasales historiquement. On dit qu'elles sont le résultat d'une « nasalisation spontanée » (Grierson, 1922 cité dans Ohala, 1983).

Tableau 8 : Exemples de voyelles nasales qui sont le résultat d'une nasalisation spontanée en langues indo-aryennes

sarpa >	sappa >	sāp	'le serpent'
afru >	āsu		'la larme'
ḥva sa >	sās		'le souffle'

Bloch (1920, 1965) cité dans Ohala et Ohala (1975) a spéculé que les voyelles longues ont été particulièrement susceptibles d'une nasalisation spontanée. Cela a été confirmé dans une étude expérimentale de Whalen et Beddor (1989). Ohala, (1983) a noté, au moins pour les langues indo-aryennes, que ce type de nasalisation semble être associé avec les fricatives adjacentes et les consonnes aspirées. Ohala (1975, 1980, 1983) a suggéré qu'il y a une raison acoustico-articulatoire plausible à cela : a) les segments avec un débit d'air élevé comme les fricatives dévoisées et les occlusives aspirées exigent pour leur production une ouverture glottale plus grande que pour les autres segments dévoisés comparables par exemple les occlusives dévoisées non aspirés ; b) cette ouverture 'plus-que-normale' de la glotte peut se propager via assimilation aux marges des voyelles adjacentes, même si ces voyelles peuvent rester complètement voisées ; c) la glotte légèrement ouverte durant la voyelle crée des effets acoustiques dus au couplage des cavités orale et sous-glottique ce qui mime les effets du couplage des cavités orale/nasale, c'est-à-dire, une amplitude plus basse et une largeur de bande de formant plus grande; d) les voyelles que les auditeurs entendent comme nasales, mêmes si physiologiquement elles ne le sont pas, peuvent être réinterprétées et produites comme nasales, précipitant ainsi un changement phonologique, la création de voyelles nasales par spirantisation contextuelle (et non pas par nasalisation contextuelle).

2.3 Définition articulatoire de la nasalité

L'ouverture du port vélopharyngé met en relation la cavité buccale et la cavité nasale et cela permet à l'air contenu dans le conduit vocal de passer par le conduit nasal et ainsi crée un couplage acoustique entre les deux cavités. Du point de vue articulatoire, un phonème est dit nasalisé lorsqu'il est articulé avec le voile du palais détaché de la paroi pharyngée, et abaissé vers le dos de la langue. Le passage est ouvert entre le larynx et les fosses nasales. L'air qui se trouve dans le conduit vocal peut alors passer soit par le conduit nasal uniquement (si le conduit oral est fermé, comme c'est le cas pour les consonnes nasales), soit par le conduit oral et le conduit nasal, comme c'est le cas pour les voyelles nasales pour lesquelles le conduit vocal est ouvert.

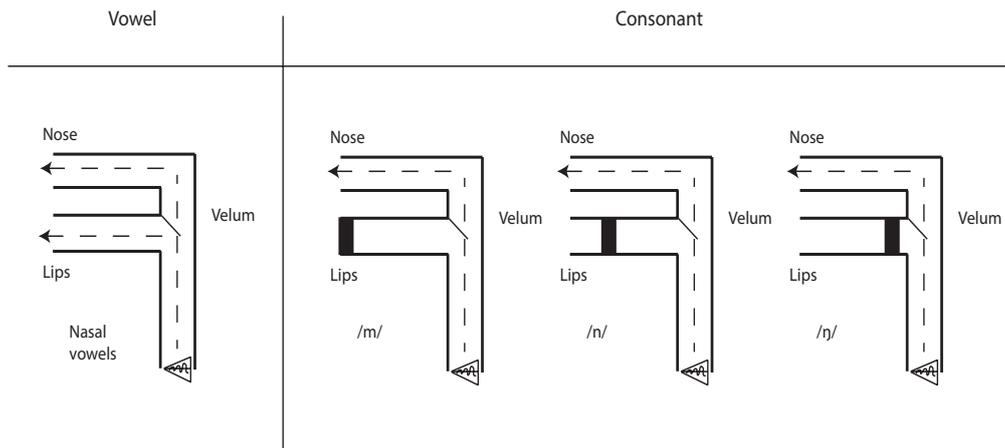


Figure 12 : Le schéma de la production nasale des voyelles (à gauche) et des consonnes (à droite) (Clements *et al*, 2015)

A la différence des autres traits, le trait marqué de nasalité est réalisé par la suppression de l'activité d'un muscle, le levator palatini, et non par une activité musculaire.

2.4 Définition aérodynamique de la nasalité

En aérodynamique, si un phonème est nasal, il a généralement un débit d'air nasal (DAN) positif. Il peut aussi y avoir un DAN positif, lorsque le voile du palais est fermé, et s'élève : l'air à l'intérieur des fosses nasales est chassé. Il peut y avoir un DAN négatif, lorsque le voile du palais s'abaisse, et l'air est aspiré à l'intérieur des fosses nasales.

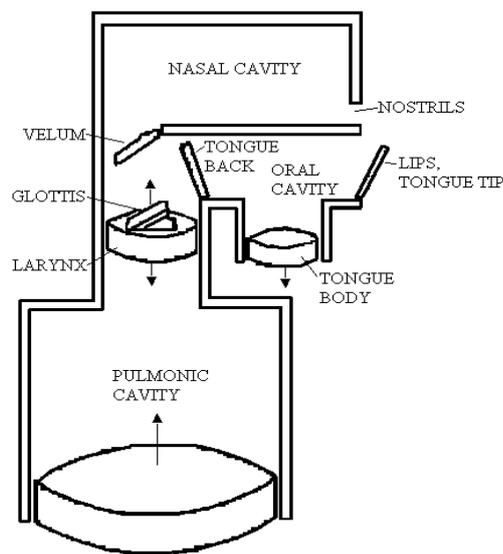


Figure 13 : Schématisation du conduit vocal, représenté comme un mécanisme de « robinet » : la cavité pulmonaire, le larynx et la glotte, le velum, la cavité nasale et les narines, la langue, la pointe de la langue et les lèvres (Ohala, 1983 p. 193).

Les poumons insufflent de l'air dans le conduit vocal, et selon l'étranglement de la constriction supraglottique, la pression buccale est modifiée : elle s'élève si la constriction est étroite (et si le conduit nasal est fermé).

Le volume d'air total est difficile à estimer. Pour la production des consonnes nasales, le volume de flux d'air total utilisé est compris entre 15 et 30 cm³ (Krakow *et al.*, 1993). L'air ne sort que par le nez.

Pour estimer le flux d'air nasal total, Krakow *et al.*, (1993) proposent la formule suivante : Rapport flux d'air nasal sur flux d'air oral = quantité de flux d'air nasal / (flux d'air nasal + flux d'air oral). Ce résultat sera affecté par les changements du port vélopharyngé et/ou de l'étranglement de la constriction orale mais il ne sera pas affecté par les changements de flux d'air dans leur ensemble (Krakow *et al.*, 1993).

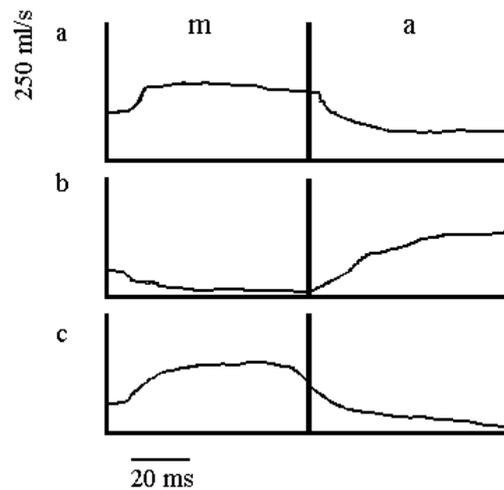


Figure 14 : (a) flux d'air nasal brut, (b) flux d'air oral et (c) flux d'air proportionnel pour le segment /ma/. (Krakow *et al.*, 1993 p. 35)

Quel serait le rapport idéal entre les mouvements articulatoires et le débit d'air nasal ? L'ouverture minimale du port vélopharyngé pour laquelle l'air peut passer par le conduit nasal est d'environ 0,4 cm² (Warren, 1964 ; Warren et al, 1987). Si l'air passe par les deux cavités (cas des voyelles nasales), le flux d'air oral va diminuer proportionnellement à l'augmentation du débit d'air nasal. Pour une voyelle nasale, nous obtiendrions dans l'idéal le schéma suivant :

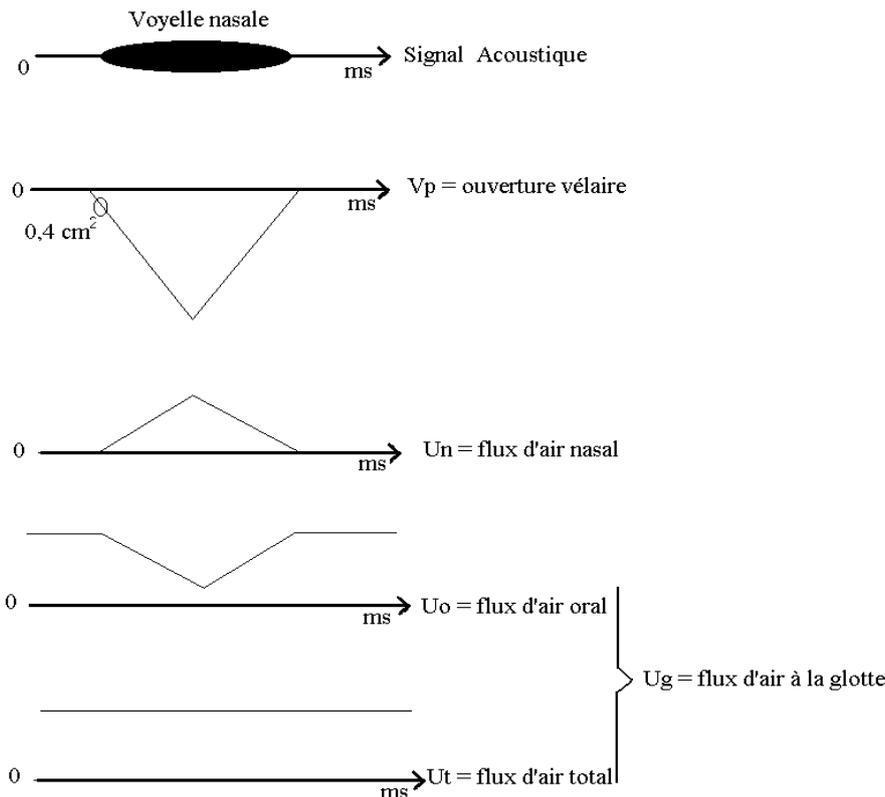


Figure 15 : Schéma idéalisé du rapport entre les mouvements vélaire et les flux d'air sortants. (Amelot, 2004 p. 34)

L'ouverture vélaire minimum n'implique pas obligatoirement que l'air va passer, il faut que la pression dans le conduit vocal soit suffisante pour « pousser » l'air dans la cavité nasale, comme déjà mentionné auparavant. La quantité de flux d'air varie en fonction de la pression intra-orale, et cette pression est fonction de la constriction dans le conduit oral liée à la production des phonèmes, et fonction de l'effort vocal. Bien que Baken (1987) emploie le terme de "constriction" et de "résistance" indifféremment, nous préférons celui de "résistance" dans tous les cas (Baken, 1987 p. 408). Pour Baken, la quantité d'air nasal diminue si la résistance nasale augmente. Il est difficile de mesurer cette résistance et de savoir si elle est contrôlée.

Les données aérodynamiques ne renseignent donc pas directement sur la hauteur du voile du palais. Un résidu de flux d'air nasal est possible alors que le velum est complètement remonté. Une partie de l'air contenu dans les narines est expulsé au moment de la fermeture du velum (Benguerel, 1974).

2.5 Définition acoustique de la nasalité

Les consonnes nasales peuvent être définies comme ayant en commun une concentration de l'énergie dans la région 250-300 Hz. Cette concentration est plus élevée en fréquence et en intensité que la barre de voisement des occlusives et fricatives voisées. Il y a présence d'énergie dans les fréquences moyennes (contrairement aux occlusives) et une énergie réduite dans les fréquences plus hautes. /m/ et /n/ se distinguent des consonnes occlusives voisées /b/ et /d/ par la présence de formants dans les fréquences moyennes et par plus d'énergie dans les basses fréquences. Les fréquences naturelles sont relativement stables

et il a été montré qu'elles se produisent dans la région de 250 à 300 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz et 3000 Hz (Fant, 1960 ; Fujimura, 1962 ; Stevens, 2000).

L'acoustique des consonnes nasales est plutôt bien décrite grâce à des travaux comme ceux de Fujimura (1962) : le conduit principal est le conduit qui va de la glotte aux narines, et la cavité buccale est mise en dérivation. Le flux d'air ne passe que par un conduit. La forme de la cavité buccale dépend du lieu de constriction de la consonne, labiale, dento-alvéolaire ou vélaire, les résonances et les antirésonances nasales créées dépendent de la configuration (essentiellement la longueur) de la cavité buccale, longue dans le cas de /m/ et la plus courte dans le cas de la nasale vélaire. Il existe donc une différence de position des antiformants entre les consonnes nasales. Le zéro est situé entre 750 Hz et 1250 Hz pour /m/ et entre 1450 Hz et 2200 Hz pour /n/ et au-dessus de 3000 Hz pour /ŋ/ (Fujimura, 1962). La fréquence des antiformants varie inversement avec la longueur de la cavité orale (Fant, 1960), ce qui explique qu'elle est plus élevée pour la vélaire que pour la coronale (la cavité orale est plus courte), et la plus basse pour la labiale /m/ (la cavité orale est plus longue).

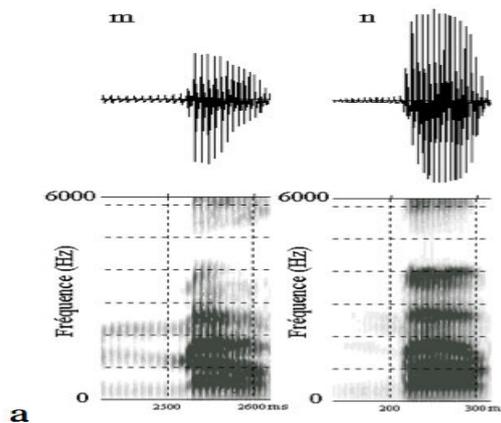


Figure 16 : Spectrogramme de /m/ et /n/ prononcés devant le phonème /a/ (Amelot, 2004 p. 27)

Les voyelles nasales phonologiques ou nasalisées phonétiquement (dans le cas d'un contexte de consonnes nasales) ont un spectre plus compliqué que les consonnes nasales, ou du moins plus difficilement modélisable car la configuration des voyelles varie à l'infini. Ce spectre est composé de formants venant de la cavité nasale et de formants et d'antiformants venant de la cavité orale. Quand les deux cavités sont séparées, les paires de formants et antiformants de la cavité nasale se neutralisent et n'ont pas d'effet sur les formants de la cavité buccale. Comme le couplage augmente, les paires de formants et antiformants de la cavité nasale se séparent de plus en plus et s'ajoutent au spectre de la cavité orale et cela crée un spectre très complexe qui varie dans le temps, avec le degré de magnitude du couplage (House et Stevens 1956 ; Fant 1960 ; Stevens 1997 ; Maeda 1993). C'est la région du premier formant qui change le plus acoustiquement quand on parle de la nasalité des voyelles (House, 1957). Selon Delattre (1954), la nasalité vocalique est caractérisée du point de vue acoustique par une faible intensité du premier formant, vers 250 Hz et l'apparition d'un formant vers 2000 Hz qui est d'autant plus faible que la voyelle est plus ouverte. De nombreux changements se voient aussi sur le spectre de la nasale au niveau du troisième et quatrième formant. On observera sur la figure ci-dessous l'affaiblissement du premier formant et la « disparition » du troisième formant buccal dans les trois cas, due à la présence d'un antiformant nasal.

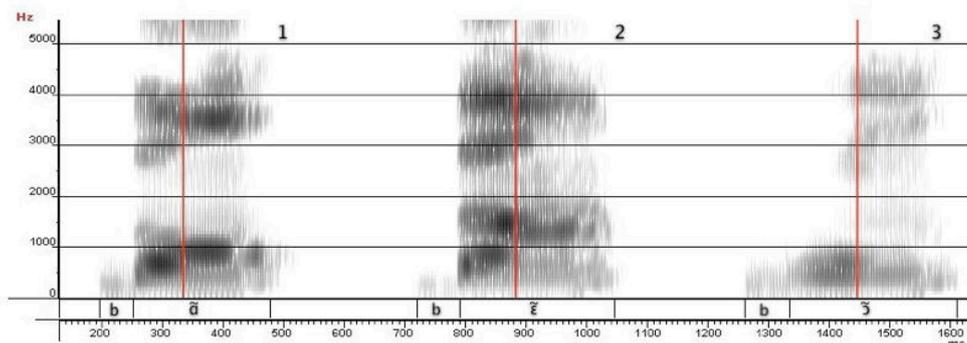


Figure 17 : Spectrogramme des syllabes françaises « ban, bin, bon » : la ligne rouge indique approximativement le point dans le temps où la voyelle nasale devient très nasalisée acoustiquement. La première partie de la voyelle est phonétiquement orale. Les logatomes ont été prononcés par une locutrice de français native. (Clements *et al.*, 2015)

En 1982 et 1993, Maeda, à l'aide d'une modélisation, insiste sur une tendance globale à l'aplatissement du spectre dans la zone du premier et second formant (de 200 à 2000 Hz), ce qui serait une caractéristique commune à plusieurs timbres nasals. Le modèle propose une augmentation de l'aire vélopharyngée proportionnellement à l'affaiblissement de l'aire du passage oral. Elle est déterminée par la position articulaire pour la production de la voyelle. Pour identifier la nasalisation, Maeda (1993) a identifié quatre types différents de modification spectrale qui varient selon la voyelle :

1) Cas d'une voyelle nasalisée avec un formant nasal en dessous de 400 Hz. Les voyelles ayant un F1 (oral) en dessous de 400 Hz, auront un formant nasal au dessus de F1. C'est le cas pour la voyelle /i/ par exemple. Pour la voyelle /i/, l'antiformant est accompagné par une antirésonance dans les hautes fréquences. La région de F2 est relativement stable pour /i/.

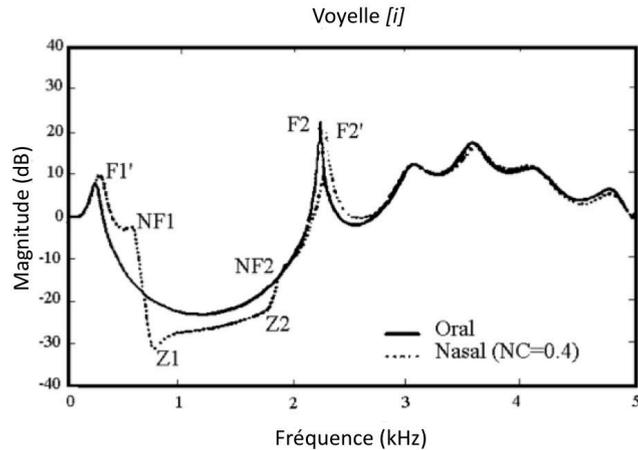


Figure 18 : Identification des formants oraux (F_n), nasals (NF_n) et des anti-formants nasals (Z_n) après modélisation de la voyelle /i/, (Maeda, 2000, cours SL444 sur la nasalité)

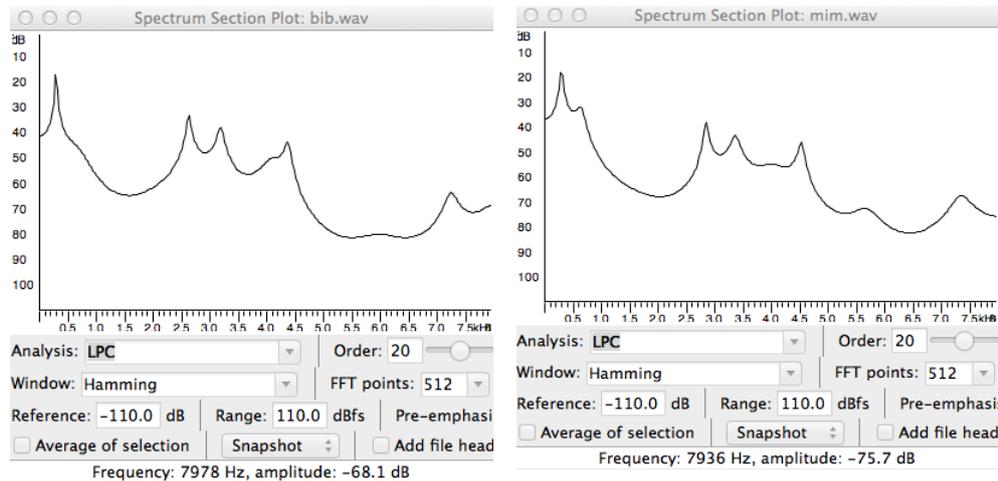


Figure 19 : Spectres des voyelles /i/ dans /bib/ à gauche et /i/ dans /mim/ à droite, spectres extraits au début des voyelles. Syllabes prononcées par la locutrice 1 d'ourdou.

2) Dans le cas de la voyelle /u/, la première résonance est basse, et sa basse fréquence est due à l'arrondissement des lèvres et le recul de la langue qui allongent la cavité antérieure. L'affaiblissement des pics de F_1 et F_2 n'est pas significatif. Le couplage de la paire antiformant et formant nasal implique une modification autour de 2000 Hz et des changements de F_3 , créant ce que Jacqueline Vaissière appelle, l'œil nasal (une absence de présence d'énergie entre 2000 et 3000 Hz).

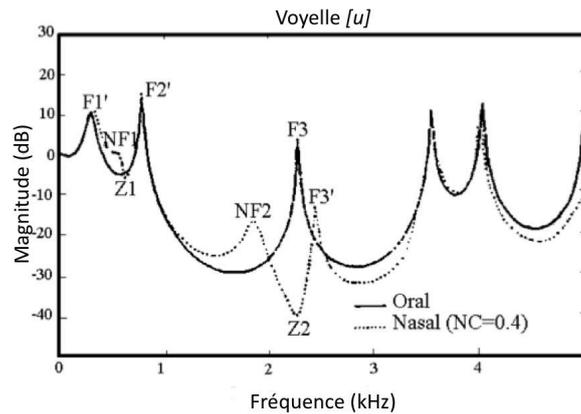


Figure 20 : Identification des formants oraux (F_n), nasals (NF_n) et des anti-formants nasals (Z_n) après modélisation de la voyelle /u/ (Maeda, 2000, cours SL444)

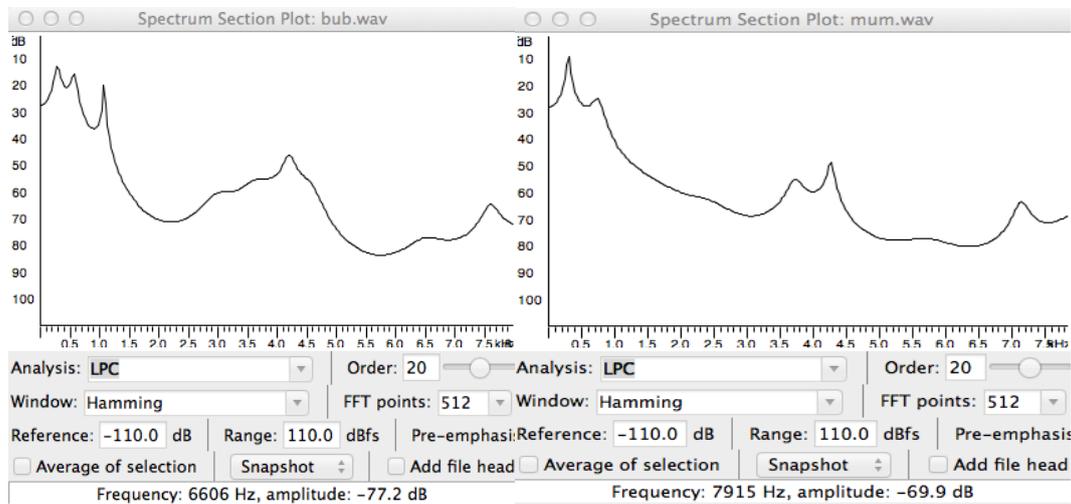


Figure 21 : Spectres des voyelles /u/ dans /bub/ à gauche et /u/ dans /mum/ à droite. Spectres extraits au début des voyelles. Syllabes prononcées par la locutrice 1 d'ourdou.

3) Les voyelles ayant un F_1 au-dessus de 400 Hz auront un F_1 affecté par l'antiformant qui se situe vers 400 Hz. On observe une différence entre les voyelles antérieures et postérieures. Les voyelles antérieures ont une fréquence de F_2 supérieure au premier antiformant (Z_1) et le F_2 ne sera pas alors affecté par cet antiformant (Z_1). Le Z_1 affaiblira le pic du F_1 .

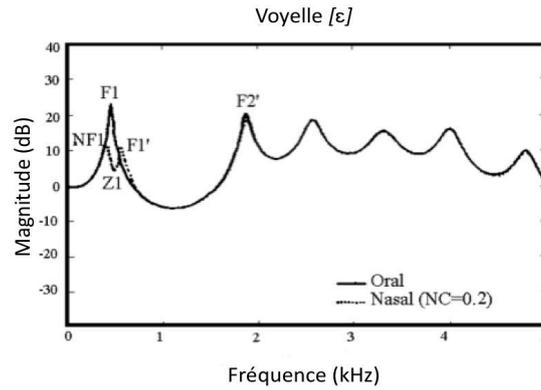


Figure 22 : Identification des formants oraux (Fn), nasals (NFn) et des anti-formants nasals (Zn) après modélisation de la voyelle /ε/ (Maeda, 2000, cours SL444).

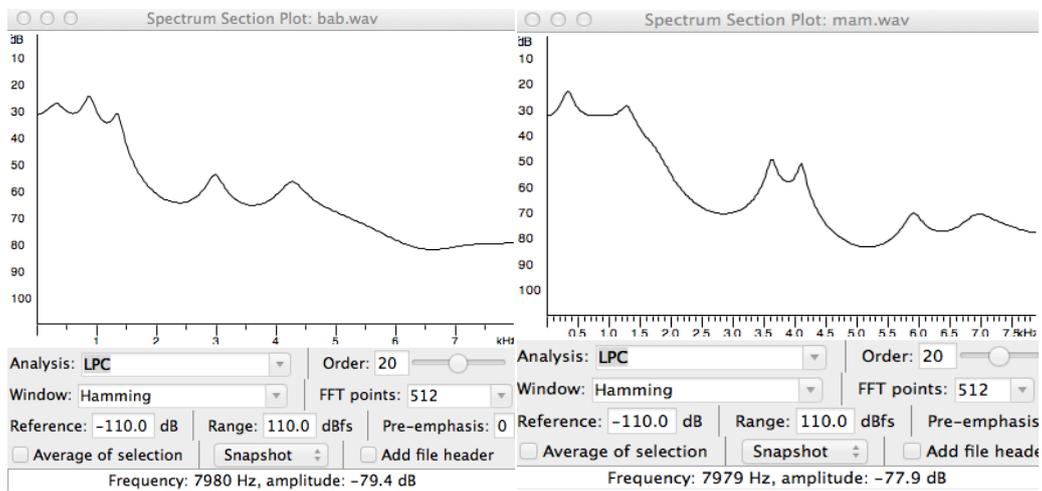


Figure 23 : Spectres des voyelles /a/ dans /bab/ à gauche et /a/ dans /mam/ à droite. Spectres extraits au début des voyelles. Syllabes prononcées par la locutrice 1 d'ourdou.

4) F1 et F2 peuvent être influencées par Z1 dans le cas des voyelles postérieures. On peut observer un affaiblissement du pic F2 pour la voyelle /o/. On observera des modifications dans la région du F3 à cause du second antiformant.

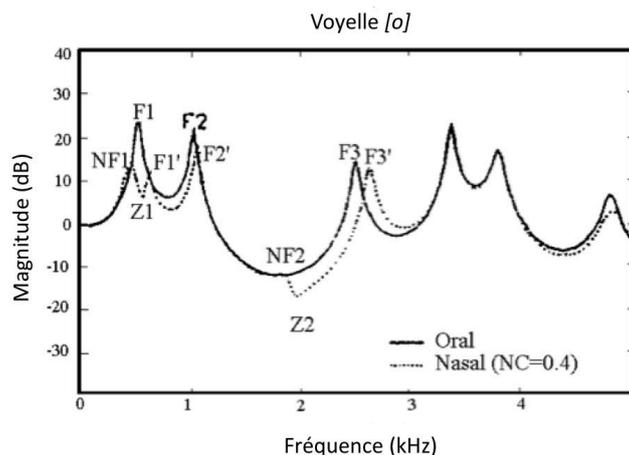


Figure 24 : Identification des formants oraux (Fn), nasals (NFn) et des anti-formants nasals (Zn) après modélisation des voyelles (o) Maeda (2000, cours SL444)

A la question : Est-ce le trait nasal a un comportement quantique ? La réponse est complexe. Les traits ont été définis soit dans le domaine *articulatoire* (Chomsky et Halle 1968), soit dans le domaine *acoustique* ou *auditif* (Jakobson *et al.*, 1952). Les rapports entre les modifications du conduit vocal et les paramètres acoustiques qui leur sont associés ne sont pas monotoniques et les rapports entre les paramètres acoustiques et les réponses auditives qui leur sont associées ne sont pas toujours linéaires.

La théorie ‘quantique’ des traits est développée par Stevens (1972). Selon cette théorie, ce sont les régions de stabilité acoustique ou auditive dégagées qui définissent les traits distinctifs et l’inventaire de sons de chaque langue est ainsi construit.

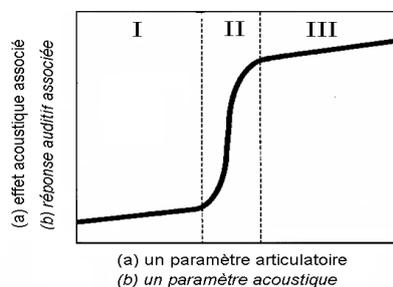


Figure 25 : a) rapports entre articulatoire et acoustique; b) rapports entre acoustique et audition (Stevens, 1972 p. 64)

Pour certains types de paramètres articulatoires, il y a des plages de valeurs pour lesquelles le signal acoustique a des attributs bien définis (I, III), et ces plages sont délimitées par des régions dans lesquelles les propriétés du signal sont relativement sensibles aux perturbations dans l'articulation (II). Les attributs acoustiques du signal à l'intérieur de l'une de ces régions qui ressemblent aux plateaux (« plateau-like regions ») semblent définir les corrélats acoustiques d'un trait phonétique (Stevens, 1972 p. 64).

On peut dire que l'étude acoustique des voyelles nasales et nasalisées est très compliquée à cause du couplage progressif de la cavité orale et de la cavité nasale. Des résultats quantitatifs significatifs sont difficiles à obtenir. On verra dans la suite tous les instruments possibles pour étudier la nasalité vocalique.

3. Instrumentations pour étudier la nasalité

Nous avons élaboré cette partie à l'aide du premier chapitre de « Nasals, Nasalization and the Velum » de Krakow *et al.* (1993) et du chapitre « Instruments utilisés pour étudier la nasalité », de la thèse de doctorat d'Amelot (2004).

Il existe aujourd'hui de nombreuses techniques pour étudier la nasalité. Malheureusement, les techniques les plus performantes sont invasives. Les techniques invasives limitent la quantité de locuteurs voulant participer aux expériences. Certaines de ces techniques peuvent aussi être inconfortables. Certaines nécessitent la disponibilité d'un praticien hospitalier pour insérer correctement certains dispositifs comme le vélotrace, le fibroscope ou les électrodes intramusculaires. Les sujets doivent en être informés en détail avant d'entamer toute expérience invasive.

Dans les sections qui suivent, notre discussion sur les techniques et l'instrumentation est organisée en fonction du niveau de production de la parole que l'on étudie. Nous discutons :

- 1) des méthodes pour l'étude des mouvements via l'activité musculaire - physiologie
- 2) des méthodes pour l'étude des mouvements articulatoires - articulatoire
- 3) des méthodes pour l'étude des conséquences aérodynamiques et acoustiques des mouvements
- 4) des méthodes pour l'étude perceptive

Dans ces trois groupes, chaque technique ou instrument est décrit individuellement.

Tableau 9 : Tableau récapitulatif des instrumentations utilisées pour l'étude de la nasalité

Méthode	Etude	Instrumentation	Avantages	Inconvénients
Physiologie	- Mouvements via l'activité musculaire	- Electromyographie	- Permet d'avoir une indication des mouvements de plusieurs muscles en même temps	- Procédure inconfortable et invasive
Articulatoire	- Mouvements articulatoires du voile du palais et de la paroi latérale pharyngienne	- Fibroscopie - Radiographie - IRM - Echographie - Suivi de points - Vélotrace - Strain-gauge - Photodétection	- Visualisation des structures internes	- Procédures invasives et/ou inconfortables - Si non, visualisation limitée (ex. ultrasons) - Nombre de données limité - Analyses fastidieuses
Aérodynamique	- Débits d'air - Pression sonore - Vibrations nasales	- EVA ² - Microphone - Masque - Accéléromètres	- Procédures non invasives et sans gêne pour les sujets - Equipement peu coûteux et/ou portable - Grand nombre de données	- Problème de calibration des données
Acoustique	- Formants - Antiformants - Changements dynamiques	- Analyse spectrale du conduit vocal - Simulation de l'acoustique du conduit vocal	- Procédures non invasives et sans gêne pour les sujets - Equipement peu coûteux et portable - Grand nombre de données	- Problèmes pour repérage des indices acoustiques des voyelles - Résultats quantitatifs significatifs difficiles à obtenir
Perceptif	Identification discrimination	Synthèse articulatoire type Maeda Synthèse à formants type Klatt		

3.1 Méthodes pour l'étude des mouvements via l'activité musculaire

3.1.1 Electromyographie (EMG)

Il s'agit d'une exploration électrophysiologique permettant d'appréhender l'aspect fonctionnel du système musculaire. Lors de la contraction d'un muscle, un changement chimique produit une activité électrique dont la quantité dépend de la taille et de la fonction du muscle. Un muscle est composé par un ensemble de fibres musculaires. Plus il y a de fibres activées, plus la contraction du muscle est augmentée, et plus le signal EMG est important. L'EMG utilise des électrodes qui détectent et enregistrent la variation de l'activité

² La station EVA est constituée par un micro-ordinateur de type PC, auquel sont associés des capteurs acoustiques et aérodynamiques ainsi que des instruments de mesures

électrique associée à la contraction du muscle. Bien que la première utilisation de cette technique a été conçue à des fins médicales, depuis les années 1950, des techniques d'EMG ont été utilisées dans de nombreuses études pour examiner une série de muscles actifs dans la parole, y compris ceux qui contrôlent l'ouverture du port vélopharyngé (ex. Bell-Berti, 1976, Fritzel, 1969, Hirano et Ohala, 1969 ; Benguerel *et al.*, 1977b ; Kuenzel, 1978 ; Ushijima *et al.*, 1974).

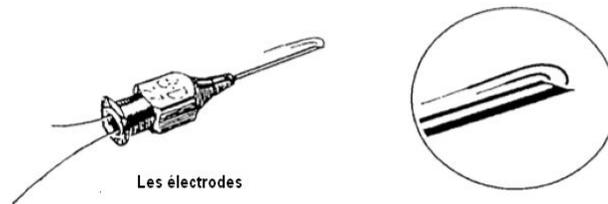


Figure 26 : Les électrodes (Krakow, 1993 p. 6)

Les électrodes EMG sont utilisées par paires si bien que l'on obtient des informations sur l'activité électrique en deux points et l'on compare l'activité à ces deux endroits. Après l'application d'une anesthésie locale, les électrodes sont placées dans les muscles et repliées sur elles-mêmes, laissant une longueur de fil enfoncée dans le muscle. Afin d'avoir un signal correct, il est important de mettre les électrodes au bon endroit et de bien les fixer.

Il existe trois types d'électrodes : électrodes de surface, aiguille et « hook wire ». Les électrodes de surface, quoique non-invasives, ne peuvent être utilisées que pour les muscles de surface. Pour étudier les groupes de muscles, par exemple des muscles qui contrôlent la fonction vélopharyngée, il faut utiliser des électrodes invasives aiguilles ou « hook wire » qui sont des électrodes intramusculaires. La différence entre les électrodes « hook wire » et les électrodes à aiguilles est que les électrodes « hook wire » sont plus fines et elles sont utilisées pour les muscles qui ont une grande amplitude du mouvement car elles gardent bien leur position.

La méthode EMG permet d'avoir une indication des mouvements de plusieurs muscles en même temps. Cependant, la procédure est inconfortable et une longue session peut causer un grossissement des tissus et une distorsion de la parole. La reproduction des expériences n'est pas facile. Beaucoup de bruit rend l'interprétation du signal difficile.

3.2 Méthodes pour l'étude des mouvements articulaires

3.2.1 Fibroscopie ou endoscopie par fibre optique

Les endoscopes flexibles ont été utilisés dans un grand nombre d'études visant à obtenir des images de structures à l'intérieur du conduit vocal.

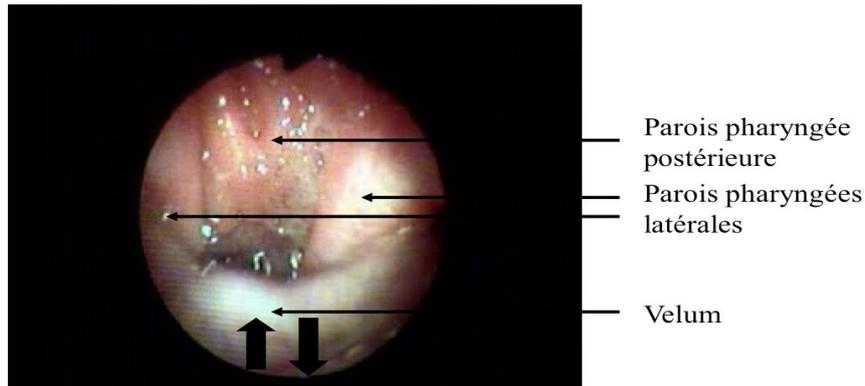


Figure 27 : Vue du dessus du port vélopharyngé (Amelot, 2004)

L'endoscopie consiste à insérer un tube flexible relié à une optique et une caméra dans une narine du sujet.

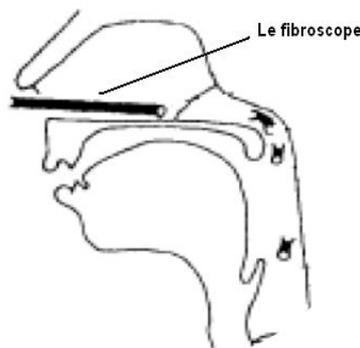


Figure 28 : Amalgame du fibroscope inséré par le nez (Sawashima, 1971 p. 31)

Dans les recherches sur la parole, les endoscopes fiberoptiques ont d'abord été utilisés pour examiner le larynx, puis pour examiner le mécanisme vélopharyngé (ex. Bell-Berti, 1980 ; Bell-Berti *et al.* 1979 ; Bell-Berti et Hirose 1975 ; Benguerel *et al.* (1977) ; Sawashima et Ushijima, 1971 ; Sawashima, 1977).

Pour étudier le velum, l'endoscope, inséré par le conduit buccal ou par le conduit nasal, est posé sur le palais dur, à la limite du palais mou si on veut voir les mouvements du velum. Si on veut voir les mouvements du velum et les mouvements des parois-vélopharyngées, l'endoscope est descendu plus en avant sur le palais mou.

La fibroscopie est une technique invasive mais elle permet aux chercheurs de visualiser les structures internes sans radiation si l'appareil est inséré correctement. Une gêne peut être réduite ou éliminée simplement par l'utilisation d'une anesthésie locale. N'ayant pas de risque inhérent aux rayons X, cette technique permet des expériences plus longues et donc de prendre beaucoup de données. Cependant, comme avec les images des rayons X, l'analyse image par image est nécessaire avec les images de fibroscopes, ce qui rend l'analyse fastidieuse.

La taille différente de la cavité nasale de chaque locuteur, l'endroit où est positionnée la caméra fait que l'information sur la hauteur du voile du palais, et sur la taille de l'ouverture vélopharyngée reste relative (données en pixels). Il n'est pas possible de comparer les locuteurs entre eux. Pour les données sur la nasalité, la fibroscopie donne une vue frontale d'un demi-voile (pour la plupart de locuteurs), ce qui peut occasionner des difficultés pour savoir avec exactitude à quel moment le voile du palais est fermé.

3.2.2 Radiographie

La radiographie a fourni une grande quantité d'informations concernant l'activité articulatoire de la parole, y compris l'activité vélopharyngée. De nombreux chercheurs ont utilisé la radiographie pour étudier l'activité articulatoire de la parole en français (Brichler-Labaeye, 1970 ; Delattre 1968 ; Straka 1965 ; Zerling 1984). La contribution de l'Institut de Phonétique de Strasbourg est essentielle.

Des études articulatoires dynamiques peuvent être faites avec la radiographie. La cinéradiographie permet une approche dynamique. On peut projeter sur du papier ou sur un écran d'ordinateur les images du film, échantillon par échantillon. Ainsi, il est possible de tracer les structures des articulateurs avec la référence de la structure osseuse.

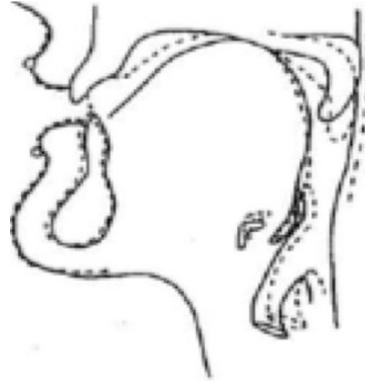


Figure 29 : Image radiographique. Locutrice française prononçant la phrase “La bague nacre” /gn/. Les traits pleins: vitesse d'élocution normale. Les traits pointillés: vitesse d'élocution rapide. (Vaxelaire, 1977).

Il subsiste des problèmes. Les tissus denses, par exemple les os, produisent des images plus sombres et ils peuvent masquer la visualisation des tissus plus mous. Certains chercheurs placent alors un support comme la pâte de sulfate de baryum ou une chaîne en or fin sur les structures articulatoires étudiées.

La radiographie est une technique invasive et elle est désormais interdite maintenant sauf pour l'étude des cas pathologiques. La quantité de données est limitée et l'analyse prend beaucoup de temps.

3.2.3 Imagerie par résonance magnétique

L'imagerie par résonance magnétique (IRM) est une technique relativement nouvelle qui peut fournir des informations en deux ou trois dimensions détaillées sur les structures articulatoires et les voies respiratoires.

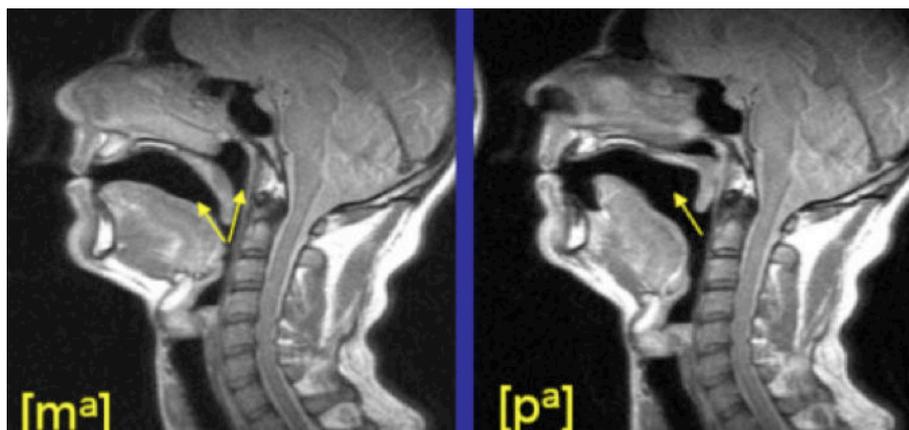


Figure 30 : Image IRM, prononciation du /ma/ à gauche et du /pa/ à droite (Serrurier, 2006). Image prise durant la production de la consonne.

IRM produit des images tomographiques de tissu humain dans le plan sagittal, coronal, oblique ou transversal. Chaque image est stockée directement sur un ordinateur comme une matrice de nombres qui fournit des données de haute résolution en pixels de différents degrés de gris.

Contrairement aux techniques de rayons X, l'IRM ne comporte pas de rayonnement ionisant et offre également une excellente distinction des tissus mous. Bien que développée à des fins d'imagerie médicale, l'IRM a été utilisée dans un certain nombre d'études de la forme du conduit vocal pour les sons de la parole différents (Baer *et al.*, 1987 ; Baer *et al.*, 1991). Les images sont obtenues en enregistrant le comportement des noyaux atomiques dans le champ électromagnétique.

Les sujets doivent être dans une position couchée sur le dos, une position courante pour l'imagerie médicale, mais une position rare pour la production de la parole. Les effets de la gravité sur les structures de la parole dans cette position doivent donc être évalués. La quantité de temps nécessaire pour obtenir une image nette avec l'IRM est significativement diminuée à présent par rapport au passé. Autrefois, le temps d'acquisition d'image pouvait varier de quelques dizaines de secondes à plusieurs minutes, ce qui limitait les recherches à des données statiques du conduit vocal. La nécessité de maintenir longtemps la production d'un phonème est un inconvénient aussi car c'est un son peu naturel. Aujourd'hui, la technique d'imagerie en temps réel est perfectionnée. La capture d'images est beaucoup plus rapide et permet d'étudier la dynamique d'ouverture et de fermeture du port vélopharyngé. Les séquences de 15 images/secondes nettes peuvent être enregistrées. Demolin (2003) a réussi à obtenir des données d'IRM dynamiques, souvent au détriment de la netteté de l'image. Dang *et al.* (1994) ont utilisé l'IRM pour mesurer le volume des fosses nasales qui sont fixes. Ils ont montré que la présence des muqueuses diminue l'aire des cavités nasales.

3.2.4 Ultrasons

Tout comme avec la radiographie et l'IRM, l'échographie, permet d'obtenir des images de structures internes (et externes) du conduit vocal sans insertion d'instruments à l'intérieur.

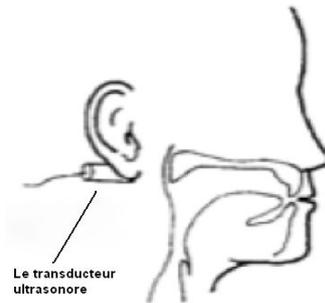


Figure 31 : à gauche : le transducteur ultrasonore (Krakow, 1993 p. 17)

L'échographie emploie des ondes sonores à hautes fréquences. Les ultrasons produisent une image en utilisant la propriété réfléchissante des ondes sonores. Grâce à un conducteur placé au contact de la peau, les ondes sonores traversent les tissus mous et sont retransmises quand elles atteignent une surface différente (os). Les hautes fréquences retransmises sont transformées en signaux électriques, traités sur ordinateur.

Pour visualiser les mouvements du velum, le placement de l'appareil à ultrasons se fait derrière le lobe de l'oreille, sur le cou. La méthode consiste à suivre un point sur cette paroi à différents temps. Quand le conducteur est positionné correctement pour voir les mouvements de la paroi pharyngée, l'écho du mouvement du tissu est retransmis par une différence d'amplitude sur l'onde en fonction de la distance relative du tissu, les discontinuités dans la forme d'onde sont dues aux discontinuités du tissu. L'échographie ne provoque pas de gêne pour le sujet et le risque d'exposition (s'il y en a) est minime. La collecte de données est rapide, le matériel est moins cher que les rayons X ou l'équipement d'imagerie IRM, et certains appareils à ultrasons sont portables. La nature de la technique limite clairement ce que l'on peut voir, toutefois, puisque les ultrasons ne donnent aucun résultat sur le palais dur, et ne passent pas au-delà des structures osseuses. Il est aussi difficile de distinguer les tissus qui sont petits (d'environ 1 cm).

Dans la recherche de la parole, l'échographie a été particulièrement utile pour obtenir des informations variant dans le temps sur la position et la forme de la langue (Stone *et al.* 1988, Shawker *et al.* 1984). L'échographie a également contribué à la compréhension de l'ouverture du port vélopharyngé en fournissant des informations sur les mouvements de la paroi pharyngée latérale (Kelsey *et al.* 1969 ; Minifie *et al.*, 1970 ; Parush, 1984 ; Ryan et Hawkins, 1976).

3.2.5 Suivi de points

Le suivi de points (en anglais « fleshpoint-tracking ») implique l'identification de points sur une structure articulaire qu'on étudie (par exemple, les lèvres, la langue, la mâchoire, le voile du palais), puis le contrôle par la suite de la position des points variables dans le temps dans le plan horizontal et/ou vertical.

La radiographie, bien que largement connue comme une technique d'imagerie, peut être adaptée pour le suivi de points. Des plombs de 2 ou 3 mm sont fixés à l'aide d'un adhésif sur un ou plusieurs articulateurs. Des rayons X traversent la tête et détectent la densité du métal. On peut voir la sortie en deux dimensions sur un ordinateur. Il est important, tout comme pour l'électromyographie, de bien connaître l'anatomie afin de placer correctement les pastilles.

Le système le plus connu, développé par les chercheurs de l'Université de Tokyo s'appelle le Microbeam System dans les années soixante dix et délaissé depuis les années 2000.

Le risque d'exposition aux rayons X est minimisé ce qui permet de collecter plus de données. Les rayons X du système Microbeam passent à travers un petit trou d'épingle en direction du sujet. Le rayon est ensuite enregistré sur un ordinateur. La représentation est basée sur le déplacement des pastilles, leur vitesse et leur accélération. Chaque pastille est scannée. Sur l'ordinateur apparaît le mouvement des articulateurs sur lesquels les pastilles ont été fixées. Cette méthode a l'avantage d'être rapide. L'équipement pour ce genre d'expérience est important et coûteux, notamment les pastilles qui sont en or. Kent et al. (1974) ont utilisé cette technique pour examiner les mouvements du voile du palais, de la langue et de la mâchoire.

La recherche avec les techniques X-ray microbeam pour étudier les mouvements du voile du palais ont été faites par Vaissière (1988), Fujimura (1990), Fujimura, Miller et Kiritani (1975, 1977).

Une autre méthode qui permet l'étude dynamique de mouvements des articulateurs (les lèvres, la langue, la mâchoire, le velum) à partir de suivi de points est l'articulométrie électromagnétique (EMMA ou EMA). Cette méthode a été utilisée dans de nombreuses études : Katz *et al.*, (1990) ; Rossato, (2000) ; Rossato *et al.* (2000); Rossato *et al.* (2003) ; Rossato *et al.* (2006) ; Amelot et Rossato, (2006).

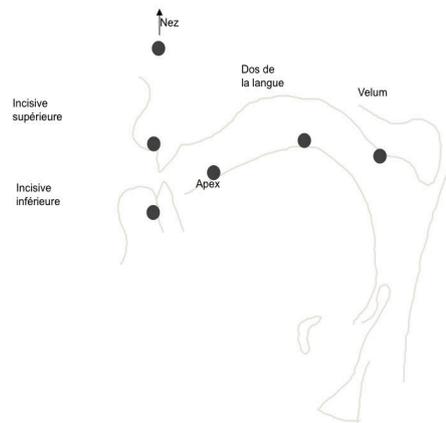


Figure 32 : image obtenue par la technique EMMA (d'après Amelot, 2011).

De petites bobines réceptrices sont fixées sur les articulateurs étudiés. Ces bobines réceptrices interceptent le champ magnétique alternatif émis par des bobines transmettrices. Cette méthode ne provoque pas de gêne pour les sujets et permet de collecter un grand nombre de données. Cette méthode est moins chère que le Microbeam. Néanmoins c'est une instrumentation qui demande un temps de préparation et de mise en place assez long et les bobines sont parfois difficiles à mettre en place sur le velum.

3.2.6 Vélotrace

Le Vélotrace est un instrument mécanique, développé par Horiguchi et Bell-Berti (1987), qui permet de suivre la position de voile dans le temps.

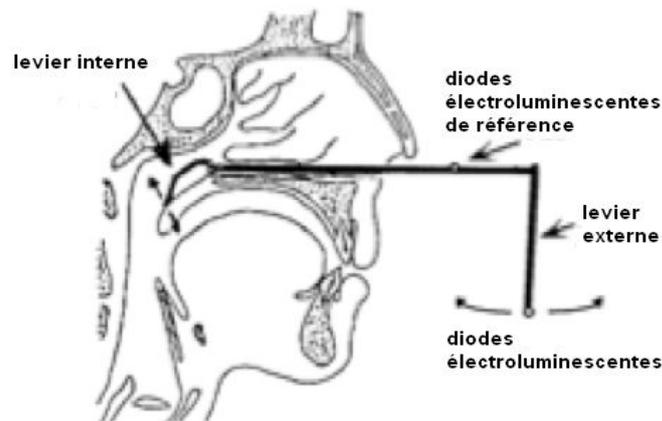


Figure 33 : Vélotrace inséré par le nez (Krakow, 1993 p. 26).

L'instrument, inséré par le nez, se compose de trois parties principales : un levier interne courbé qui reste sur la surface du velum, un levier externe qui reste complètement visible à l'extérieur du nez, et un bâtonnet qui relie les leviers internes et externes. On peut ajouter des diodes électroluminescentes sur l'extrémité du levier externe. Ces diodes permettent de suivre les mouvements de la lèvre inférieure ou de la mâchoire.

Le vélotrace est inséré après d'administration d'une anesthésique locale et décongestionnement des muqueuses nasales et des parois pharyngées.

Les signaux de vélotrace ont l'avantage de ne pas impliquer de suivi image par image. Le dispositif ne peut pas, cependant, être calibré avec certitude, parce que comme le voile se déplace, le point précis sur sa surface qui est suivi par le niveau interne du voile va changer. Néanmoins, la comparaison des données de vélotrace avec les données à fibres optiques et cinéfluorographiques indique une concordance importante sur le déplacement vertical du voile (Horiguchi et Bell-Berti, 1987). Les études utilisant le vélotrace comprennent Bell-Berti et Krakow (1991) ; Horiguchi et Bell-Berti (1987), entre autres).

3.2.7 Strain Gauge

« Strain gauge » ou « capteur de force » est une méthode pour calculer une résistance électrique ou mécanique. Cette méthode a été utilisée dans un grand nombre d'études des lèvres (supérieures et inférieures) et des mouvements de la mâchoire (ex. Abbs et Watkin, 1976 ; Hixon, 1972) et quelques études de mouvements du voile du palais (ex. Hixon, 1970 ; Moller *et al.*, 1971 ; Christiansen et Moller, 1971).

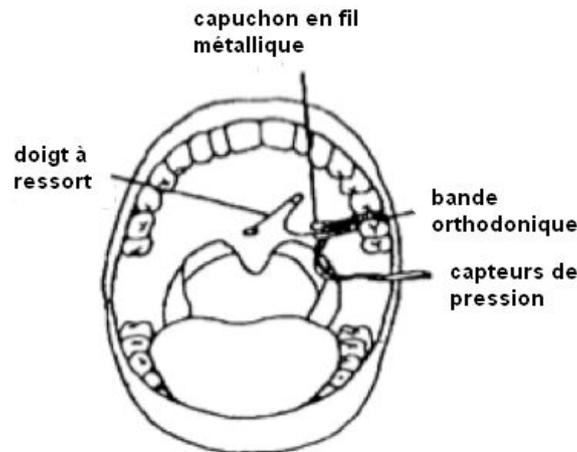


Figure 34 : de gauche à droite : doigt à ressort, capuchon en fil métallique, bande orthodontique, capteurs de pression (Krakow, 1993 p. 28).

Indépendamment de l'articulateur étudié, le principe général de la transduction « capteur de force » est le même. Ils sont montés en paires sur l'extrémité d'une bande métallique flexible (une sur le dessus et une sur le dessous) et l'autre extrémité de la bande est accrochée à un support stable. L'extrémité libre de la bande de métal est déformée lorsqu'elle est pressée par un articulateur en mouvement, créant une tension au début et à la fin de la bande. Ces effets sont alors analysés. Pour l'étude du velum, le fil est prévu pour prolonger en son centre le voile du palais dans le conduit vocal. Les mouvements verticaux du velum modifient la courbature du fil, causant un changement de résistance au niveau du capteur de force. L'utilisation est limitée car il n'est pas facile de connaître l'exactitude des données relevées.

3.2.8 Photodétection

La photodétection permet en général d'obtenir des informations sur l'ouverture et la fermeture d'une région du conduit vocal, comme par exemple de la glotte ou du port vélopharyngé. Pour étudier la nasalité, on observera l'ouverture du port vélopharyngé.

Ces instruments détectent la quantité relative de lumière qui passe quand une ouverture a lieu, lorsque la source de lumière est située au-dessus ou au-dessous de l'ouverture avec un détecteur de lumière (une cellule photoélectrique) de l'autre côté. Plusieurs de ces instruments ont été conçus pour déterminer l'étendue relative de l'ouverture du port vélopharyngé (le nasographe, Ohala, 1971 ; l'instrument de Dalston, 1982 ; le vélographe, Kuenzel, 1977).

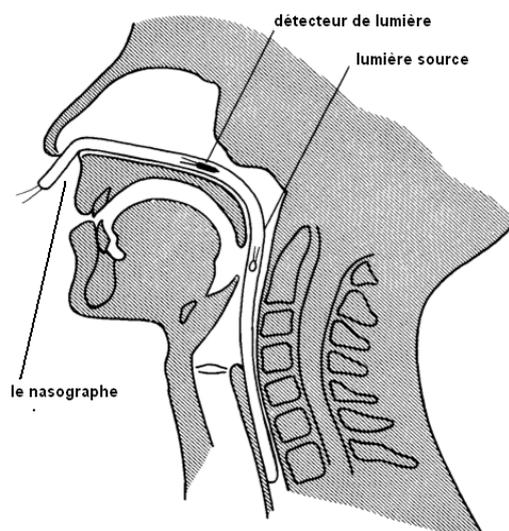


Figure 35 : nasographe introduit par la narine (Ohala, 1971 p. 2)

Le nasographe (Ohala, 1971) est constitué d'un tube compressible en polyéthylène contenant à la fois la source de lumière à courant continu et le photodétecteur. Le tube, de 4 mm de diamètre externe est introduit à travers la narine, et l'extrémité interne est avalée et arrive dans l'œsophage, ce qui permet de stabiliser le nasographe, et d'avoir la lumière source au dessous du port vélopharyngé et le détecteur de lumière juste au-dessus. Des informations variant dans le temps sur l'ouverture du port vélopharyngé sont obtenues à partir de la lumière qui arrive, celle-ci est ensuite transformée en voltage. Plus le port vélopharyngé s'ouvre, plus il y a de la tension. Même si l'instrument n'est pas calibré, il fournit des informations utiles sur l'ouverture du port vélopharyngé dans le temps (Ohala, 1971 ; Clumeck, 1976).

Un autre instrument qui place une source de lumière au-dessous du port vélopharyngé et un détecteur de lumière au-dessus de port vélopharyngé a été développé par Dalston (1982). L'instrument est construit en couplant une source de lumière à fibres optiques et un ensemble de photodétection intégrés en une seule fibre revêtue de matière plastique, d'un diamètre externe de 0,75 mm. Les deux fibres sont collées ensemble à l'extrémité qui est insérée dans le nez de sujets avec une source de lumière s'étendant au-delà de 30 mm de l'extrémité interne de la fibre photodélectrice de lecture.

Contrairement au nasographe d'Ohala et à l'instrument de Dalston, le vélographe, le photodétecteur développé par Kuenzel (1977), a été conçu pour être sensible aux changements de position du voile (élévation vélaire) plutôt que d'ouverture du port. Le vélographe est constitué de deux tubes flexibles terminés par une cellule photo à une extrémité et une source lumineuse à l'autre. Contrairement aux photodétecteurs de Dalston et Ohala, aucune partie de l'instrument ne passe par le port vélopharyngé, et le vélographe produit des données qui montrent les effets de la hauteur des voyelles pour voyelle orales.

Parce que le voile continue à monter même après que la fermeture du port a été atteinte, instruments qui détectent la hauteur vélaire ont été généralement plus sensibles aux différences entre les segments oraux que des appareils conçus pour détecter l'ouverture du port vélaire.

En général, les photodétecteurs sont sans danger, et avec les procédures d'insertion et d'emplacement appropriés, il n'y a pas de risque physique pour le sujet et, l'inconfort est minime. Ainsi, de grandes quantités de données peuvent être obtenues. L'instrumentation est également peu coûteuse. Cependant, la technique ne permet pas de détecter une trop faible ouverture du voile du palais et nécessite la présence d'un praticien.

3.3 Méthodes indirectes, basées sur les conséquences aérodynamiques et acoustiques

Des techniques pour étudier des conséquences aérodynamiques et acoustiques des mouvements articulatoires sont la mesure de flux d'air, la mesure de pression sonore avec un microphone sonore, mesure de vibrations de l'air dans les cavités nasales avec un accéléromètre, mesure des caractéristiques spectrales des sons de la parole.

Les procédures de collecte des données aérodynamiques et/ou acoustiques sont généralement non invasives, ne provoquent pas de gêne ni de danger pour les sujets. Cela signifie que des études avec plus de données peuvent être menées en y incluant plus de sujets (y compris les enfants) et plus de langues. En outre, l'équipement nécessaire pour enregistrer les données aérodynamiques et acoustiques est plus portable que celui utilisé dans les études physiologiques de la parole.

3.3.1 Mesures du flux d'air

L'aérodynamique est l'étude des mouvements de l'air. Lorsque le port vélopharyngé est ouvert pendant le discours, dans des conditions normales, le flux d'air passe par le nez. Le volume d'air qui circule à travers les cavités nasales est lié à l'ouverture du port vélopharyngé et l'impédance à l'intérieur de la cavité buccale. Ainsi, le flux d'air nasal est un indicateur de la fonction vélopharyngée chez les sujets normaux et peut être utilisé pour mieux comprendre les facteurs linguistiques et physiologiques affectant la fonction vélopharyngée normale (voir, par exemple, Benguerel 1974 ; Cohn, 1990).

Les mesures aérodynamiques sont : la pression intra-buccale, la pression d'air prise dans le pharynx, la pression sous glottique, le débit d'air nasal et le débit d'air oral. Les mesures de flux (ou débit) d'air et de pression sont obtenues par un appareil qui transforme l'air en un signal électrique. Les données de flux sont récoltées à l'aide d'un masque.



Figure 36 : enregistrement de données aérodynamiques (Brkan, 2009)

Les appareils de mesures sont reliés à différents pneumotachographes qui captent les mouvements d'air. Les tubes, liens entre l'appareillage et le sujet, doivent être assez courts. Les tubes trop longs se comportent comme des filtres acoustiques et suppriment les petites variations de pression associées au voisement. Dans la plupart des cas, il est possible de séparer le flux d'air nasal du flux d'air buccal. Le flux d'air peut être capté par un masque de Rothenberg (1977).

Avec les mesures aérodynamiques, il est possible d'enregistrer de longues séquences de parole continue et de collecter beaucoup de données. Cependant, l'utilisation d'un masque souple soulève un problème. Comme le masque est semi rigide, il suit plus ou moins bien les mouvements de la mâchoire, il peut y avoir pour certains sons très ouverts comme le /a/ des fuites qui s'identifient par une légère perte du débit d'air oral. Le masque semi-rigide ne

plaque pas assez le visage et se déforme durant la production de la voyelle. La présence du masque peut gêner l'articulation.

La quantité d'air mesuré dépend de la morphologie des locuteurs. Il n'est pas possible de diminuer le débit d'air maximal des capteurs, ce qui pourrait être très utile pour les sujets féminins, qui ont un débit nasal plus faible que les hommes (Delvaux, 2003 p. 22). Cela pose un problème pour obtenir des valeurs absolues. Par conséquent, il est difficile de comparer les mesures quantitatives de débit d'air nasal si les sujets ne sont pas de même sexe. Le masque pose aussi des problèmes pour l'acoustique car il bloque le passage de l'air et assourdit les sons, ce qui rend impossible d'utiliser les enregistrements pour des tests fins de perception. On observe généralement un abaissement du troisième formant lors d'analyses acoustiques dû à la présence du masque. Le masque est donc contraindiqué si l'on souhaite faire des tests de perception.

3.3.2 Mesures de pression sonore : l'accéléromètre piézoélectrique (AP)

L'accéléromètre piézoélectrique (AP), instrument utilisé dans cette étude de thèse, permet d'enregistrer les vibrations de la paroi nasale lorsqu'il est placé au niveau de l'os latéral du nez. Cette instrumentation couplée à un signal acoustique issu d'un microphone serre-tête apporte des indices sur la propagation de la nasalité. C'est un instrument non invasif, transportable, facilement utilisable. Il permet d'étudier des aspects temporels et quantitatifs de la nasalité. L'accéléromètre piezoélectrique a été utilisé avec succès par Stevens *et al.*, (1975) ; Stevens *et al.*, (1976) ; Horii (1980, 1981) ; Lippman (1981) ; Tronnier (1995).



Figure 37 : AP fixé de chaque côté de l'os latéral du nez ; locutrice 2 du bosnien.

L'accéléromètre piézoélectrique (K&K Sound modèle utilisé dans notre étude), pourvu de deux pastilles d'un diamètre de 0,5 cm constituées en Quartz, est fixé au moyen d'un adhésif double face de chaque côté de l'os latéral du nez (Lippman, 1981). Il est relié à un préamplificateur (40dB), lui-même relié à une carte d'acquisition (MOTU UltraLite mk3 hybride) et à un ordinateur. Le signal acoustique nasal issu de l'accéléromètre piézoélectrique est enregistré en simultané avec le signal acoustique oral issu d'un microphone serre-tête (AKG C520L).

La pression nasale peut être détectée par un microphone positionné à l'intérieur de la narine. Quand le microphone nasal est placé à l'intérieur du nez, il y a un certain nombre de problèmes, notamment une difficulté pour maintenir le microphone dans la même position.

Les microphones sont aussi affectés par les changements de débit d'air. Par conséquent, le passage de débit d'air nasal sur le microphone se confond avec les variations de pression acoustique. Ce problème ne se produit pas avec des accéléromètres piézoélectriques (AP), qui diffèrent des microphones nasals standard en ce qu'ils sont conçus spécifiquement pour le suivi et la transduction des vibrations des surfaces sur lesquelles ils sont fixés, plutôt que d'enregistrer directement les variations de pression de l'air. Cette méthode permet de récolter une grande quantité de données (Tronnier, 1998).

Malgré ces avantages, l'accéléromètre a ses inconvénients qui doivent être considérés lors de la planification des expériences avec cet instrument. Premièrement, les accéléromètres indiquent une certaine sensibilité à la résonance de la voie orale, le niveau du signal de l'accéléromètre a été observée augmenter avec une diminution du premier formant (F1), Larson et Hamlet (1987) ; Stevens *et al*, (1976). La diminution de l'aire de la constriction orale aurait donc une influence sur l'intensité des vibrations relevées par l'accéléromètre. Cela signifie que l'on doit éviter de comparer les niveaux absolus de signaux accélérométriques pour les sons qui ont des valeurs de F1 différentes. Cela signifie également que l'on doit être prudent dans l'interprétation des signaux de l'accéléromètre dans des périodes de parole quand F1 change rapidement relié par exemple au degré de constriction de la voie orale au cours de la transition entre une consonne occlusive et une voyelle (voir Larson et Hamlet, 1987), car dans un tel cas, un changement dans le signal accélérométrique peut ne pas indiquer un changement de l'ouverture du port vélopharyngé ou de la résonance nasale. Des données supplémentaires telles que l'enregistrement audio peuvent aider à l'interprétation du signal de l'accéléromètre en fournissant des informations supplémentaires sur les changements dans la constriction orale.

Comme le microphone de pression d'air, l'accéléromètre qui mesure les vibrations nasales devrait donc être utilisé simultanément avec un appareil qui peut fournir des informations sur la production vocale totale, pour aider à identifier les changements dans les vibrations nasales qui sont exclusivement dus à des changements dans l'ouverture du port vélopharyngé. Avec un système d'accéléromètre, cela se fait généralement en faisant un enregistrement supplémentaire avec l'accéléromètre placé sur le cou du locuteur au niveau de la glotte (même si on peut aussi utiliser un enregistrement acoustique régulier fait avec un microphone près de la bouche, comme dans Larson et Hamlet (1987). Le signal glottique peut alors être comparé au signal nasal, ou il peut être utilisé pour calculer le rapport de l'amplitude du signal oral avec le signal nasal. Deuxièmement, l'accéléromètre est sensible à des différences dans les propriétés mécaniques des tissus auxquels il est attaché (Baker, 1987). Cela signifie qu'il est difficile de comparer les valeurs absolues de l'amplitude du signal entre les locuteurs, ou d'ailleurs, entre les sessions différentes avec le même locuteur, car le placement de l'accéléromètre varie entre les sessions expérimentales. Cependant, Horii (1980), a proposé une stratégie pour corrélérer le signal oral et le signal nasal de l'accéléromètre, qui offre un contrôle des changements dans la production vocale et aussi, selon lui, permet des comparaisons significatives entre les locuteurs et entre les sessions. Dans le calcul de cet indice de couplage oral/nasal d'Horii (Honc : Horii Oral Nasal Coupling), la valeur de Root Mean Square (RMS) de l'amplitude du signal nasal est divisée par la quantité qui est la valeur RMS de l'amplitude du signal oral multipliée par une constante. La constante est déterminée pour chaque session expérimentale de sorte que l'index HONC est 1 pour nasalisation maximale produite par le sujet au cours de la procédure de calibrage de la session. Comme l'échelle totale utilisée (0 à 1) est la même pour chaque session d'enregistrement, Horii suggère que les résultats des différentes sessions devraient être comparables, qu'il s'agisse du même locuteur ou de locuteurs différents.

Horii (1983) et Redenbaugh et Reich (1985) signalent que les valeurs HONC sont bien corrélées avec la nasalité perçue. Il y a une tendance générale en ce qui concerne la comparaison du rapport de pression ou de l'amplitude de voyelles dans des systèmes vocaliques différents. Les voyelles fermées et antérieures semblent avoir un rapport d'amplitude plus élevé que les voyelles ouvertes et basses, Hirano *et al.* (1966) ; Clarke et Mackiewicz-Krassowska (1977) ; Larson et Hamlet (1987). Il convient de noter cependant qu'une variabilité inter-locuteurs importante a été observée dans ces études.

En conclusion, il n'existe pas une instrumentation parfaite qui permettrait d'étudier des mécanismes de la nasalité. Chaque instrumentation a des avantages et des inconvénients. Pour cette étude de thèse, nous avons choisi d'utiliser l'accéléromètre piézoélectrique pour plusieurs raisons :

- 1) Cet instrument est facilement transportable et il nous a permis de voyager et d'enregistrer des locuteurs dans différents pays, sur place
- 2) L'instrument est non-invasif et il ne crée absolument aucune gêne pour les locuteurs, il nous a été possible d'enregistrer beaucoup de données,
- 3) L'instrument a bien servi le but de notre étude qui est la comparaison de nasalisation contextuelle dans cinq langues enregistrées avec le même appareil dans des conditions identiques. Nous avons tenu compte de ses deux principaux inconvénients (voir plus haut) et nous avons pris des précautions nécessaires afin de minimiser les conséquences de ces inconvénients sur nos mesures (voir plus bas dans la description de la méthodologie et des mesures).

3.3.3 Analyses spectrales

Des enregistrements nez/bouche séparés ou pas permettent de faire des analyses spectrales. On utilise cette méthode fréquemment pour étudier acoustiquement la parole. La discrimination des consonnes nasales est relativement simple mais ce n'est pas le cas pour les voyelles nasales et les voyelles nasalisées par le contexte.

Le repérage des indices acoustiques durant ces voyelles pose encore de nos jours beaucoup de problèmes. Les différents degrés de nasalisation acoustique peuvent être quantifiés par le spectre. Mais il ne s'agit pas de résultats quantitatifs fermes qui peuvent être réutilisés par d'autres chercheurs. Comme déjà mentionné, le couplage de la cavité nasale et la cavité orale est complexe et les degrés de nasalisation acoustique ne dépendent pas seulement de la cavité nasale, mais de la configuration de la cavité orale.

Le niveau général d'énergie dans les fréquences au dessus du premier par rapport à l'amplitude du premier pic est inférieur pour la voyelle nasalisée et pour la voyelle nasale par rapport à la voyelle orale à cause de l'affaiblissement de F1 dû à la présence d'un anti-formant.

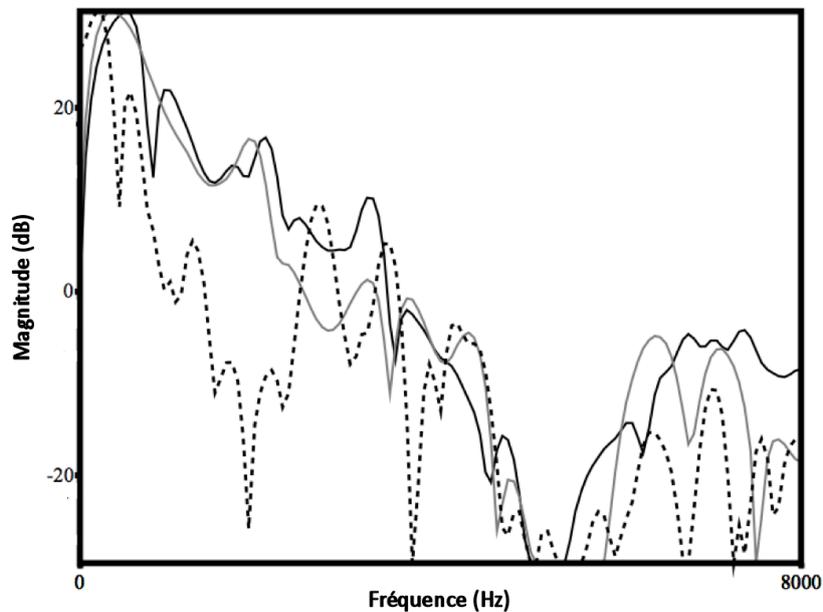


Figure 38 : spectres relatifs des voyelles : /e/ oral dans /ses/ en noir, /e/ nasalisé dans /sems/ en gris et /ẽ/ nasal dans /sẽs/ en pointillé ; locutrice 1 d'ourdou. Dans le cas de voyelle nasale, un antiformant a créé deux pics spectraux dans la zone de F1 et un autre antiformant a affaibli l'énergie spectrale autour de 2000 Hz. Les deux spectres ont été alignés par rapport à la valeur d'amplitude maximale.

Nous observons que dans le cas de voyelle nasale, un antiformant a créé deux pics spectraux dans la zone de F1 et un autre antiformant a affaibli l'énergie spectrale autour de 2000Hz.

3.4 Méthodes pour l'étude perceptive

Pour les études perceptives, on peut utiliser des tests d'identification, des tests d'évaluation du niveau de nasalité perçue et des tests de discrimination. La synthèse articulatoire du type Maeda (1992) et la synthèse à formants du type Klatt (1980) peuvent être très utiles pour créer des stimuli pour les études perceptives, car il n'est pas possible de demander à un locuteur de contrôler la hauteur de son voile du palais.

Nous venons de traiter dans ce chapitre la nasalité sous ses divers aspects : articulatoires, aérodynamiques, phonologiques, acoustiques, anatomiques et physiologiques en décrivant aussi toutes les instrumentations possibles pour l'étude de la nasalité avec leurs avantages et inconvénients.

Dans le chapitre suivant, nous parlerons de la coarticulation en général et de la coarticulation nasale en particulier.

Chapitre 2 : Coarticulation nasale

Résumé du chapitre 2 : La coarticulation se réfère au fait qu'un même segment phonologique ne s'actualise pas physiquement de manière identique dans tous les contextes : il tend à partager des corrélats acoustico-articulatoires relatifs à la réalisation des traits des segment(s) adjacent(s) et ce partage de corrélats peut être perceptible, perçu ou non. La coarticulation vélopharyngée (ou nasale) est la propagation de la nasalité articulaire due à la réalisation du trait nasal sur des segments adjacents oraux. Et la coarticulation peut être régressive ou progressive. La propagation de nasalité se traduit par un abaissement précoce ou un relèvement tardif du voile du palais. Les trois modèles les plus connus de coarticulation nasale anticipatoire sont les suivants : le modèle « look-ahead » de Henke (1966), le modèle « time-locked » de Bell-Berti *et al.* (1981) et le modèle « temporal aligned » de Beddor (2007).

Les effets de la coarticulation contextuelle sur les changements phonétiques étaient connus depuis fort longtemps. Grâce aux avancées technologiques de la seconde moitié du XX^{ème} siècle, les phonéticiens ont pu approfondir l'étude du comportement du voile du palais et ils ont montré que la propagation spatiale et temporelle de la nasalisation dépend, entre autres, du contexte phonétique, de la structure prosodique et de la langue. Leurs conclusions dépendent aussi de l'instrumentation utilisée et par exemple, les conclusions tirées à partir de données aérodynamiques ne vont pas de pair avec celles qui renseignent sur la configuration réelle du voile du palais. La non linéarité entre l'articulaire, l'acoustique, l'aérodynamique et la perception a été mise ainsi à découvert. Cette section concerne a) l'histoire de la coarticulation, b) la présentation des trois modèles principaux concernant la coarticulation nasale et c) des principaux résultats des recherches sur la coarticulation nasale au niveau physiologique, acoustique et perceptif, dans leur disparité.

Nous avons élaboré cette partie principalement à l'aide de l'ouvrage "Coarticulation" (1999) : à partir des chapitres «*The origin of coarticulation*», Kuhnert et Nolan et «*Velopharyngeal coarticulation*», Chafcouloff et Marchal et de l'article «*Nasalité, coarticulation et anticipation*», Vaissière et Amelot (2008).

1. Qu'est-ce que la coarticulation ?

Les organes de la parole ne peuvent pas se déplacer instantanément d'une cible articulatoire à l'autre. Les mouvements des organes de la parole sont obligatoirement continus. La nécessaire continuité des gestes des articulateurs, l'indépendance entre la langue, les lèvres et le voile du palais, et la rapidité de l'élocution font que les mouvements articulatoires liés à l'instanciation d'un trait phonologique pour un phonème peuvent se chevaucher dans le temps avec d'autres gestes liés à la réalisation des traits des phonèmes environnants. Les indices acoustiques corrélats de chaque trait sont alors distribués au-delà des « frontières » acoustiques du phonème auquel le trait est attaché³. Les phonèmes en séquence tendent alors à se ressembler, et ce faisant, à s'éloigner de leur prototype, celui qui est réalisé quand on demande à un locuteur de prononcer un phonème de façon isolée de façon hyper-articulée. La coarticulation se réfère au fait qu'un segment phonologique ne s'actualise pas de manière identique dans tous les contextes et il tend à ressembler au(x) segment(s) adjacent(s). Par exemple, le phonème /d/, sera articulé plus en avant de la bouche s'il se trouve devant une voyelle antérieure /di/ et plus en arrière de la bouche s'il se trouve devant une voyelle postérieure /du/. De même la configuration des lèvres sera influencée par la présence ou non du trait labial dans la voyelle suivante (en particulier, un certain arrondissement durant /d/ dans /du/ et in étirement dans /di/).

2. L'histoire de la coarticulation

Le terme «*coarticulation*» date des années 1930 quand Menzerath et Lacerda ont publié «*Steuerung und Lautabgrenzung* » (1933) mais le fait que les sons cibles en séquence s'influencent mutuellement et varient souvent considérablement, avec des changements selon le contexte phonétique adjacent était déjà connu depuis longtemps, en particulier dans le domaine de la phonétique historique et des changements de sons. D'un point de vue théorique, Paul, 1898, *Prinzipien der Sprachgeschichte* (3^{ème} édition), (1898 p. 48) a écrit :

« Une réelle dissection du mot en ses éléments est non seulement très difficile, est presque impossible. Le mot ne correspond pas à une séquence composée d'un nombre spécifique de sons indépendants, chacun d'entre eux pouvant être représenté par un signe de l'alphabet, mais il correspond, en effet, toujours à une ligne continue d'un nombre infini de sons. »

Avant l'apparition de techniques expérimentales pour l'étude des sons de la parole, les outils principaux d'investigation étaient l'«*observation directe*» et l'introspection. Il n'est pas étonnant que les premiers phonéticiens aient émis l'hypothèse que les phonèmes ont des réalisations physiques indépendantes du contexte. Notamment, les observations de Bruke (1856) et de Bell (1867) sur l'allemand et l'anglais étaient que chaque son a une phase statique positionnelle stable et que de différents sons sont reliés par de courtes périodes transitoires. Mais Sievers (1876) a montré, en décrivant la syllable 'al' qu'il n'existait pas de

³ Le phonème est une unité abstraite, un faisceau de traits pertinents et n'a pas de « frontières »

son statique 'a' pur ou de son statique 'l' pur qui seraient séparés par des transitions mais une série continue de sons transitoires qu'on appelle 'glides'. Les cibles fixes ne seraient donc pas atteintes à cause de la coarticulation.

La démonstration que la chaîne parlée ne peut pas être divisée en segments distincts correspondant à des «sons» (ou «lettres») a coïncidé avec la mise en place de la phonétique expérimentale comme une discipline indépendante. Historiquement, la recherche expérimentale en phonétique a démarré à la fin du dix-neuvième siècle. La kymographie a permis l'enregistrement mécanique de signaux variant dans le temps y compris le signal acoustique, le flux d'air et (via ampoules sensibles à la pression du caoutchouc dans la bouche), et les mouvements de la langue. Initialement, les instruments ont été introduits dans la discipline afin de trouver des mesures objectives de ce qui avait été plus ou moins considéré pour acquis : les événements individuels de parole. Dès que les moyens techniques ont été adoptés pour étudier la langue parlée, cependant, les prémonitions sur l'absence de zones statiques correspondant aux cibles qu'on vient de mentionner ont été confirmées et les tentatives d'imposer des frontières linguistiques strictes dans les événements articulatoires ou le signal de parole ont été problématiques (Kuhnert et Nolan, 1999, p. 12).

Rousselot (1897-1901) fut le premier à faire usage du kymographe, un appareil nouvellement disponible pour l'étude de la parole à son époque. Rousselot partageait toujours l'opinion que les signaux de la parole pourraient, et devraient être divisés en sons distincts. Mais, comme l'écrit Tillmann (1994), cette hypothèse a conduit dans certains cas à une méthodologie plutôt discutable et expéditive ! Quand les frontières entre segment ne pouvaient pas être clairement localisées en comparant les signaux, on supposait qu'il y avait une « erreur d'enregistrement » et on remplaçait les kymogrammes. Rousselot a cependant clairement reconnu que, à un moment donné, les mouvements des articulateurs s'influençaient, soulignant que l'étude des sons à l'isolé devrait être remplacée par l'étude des sons dans leur contexte (Kuhner et Nolan, 1999 p. 12)

Le résultat le plus remarquable pour le concept de coarticulation provient d'une étude de Lacotte (Dans *Scripture*, 1902 p. 372). Lacotte a constaté qu'une voyelle pouvait influencer non seulement la cible de la consonne précédente, mais aussi la cible de la voyelle précédant la consonne. Les données sur la coarticulation linguale, par exemple /eli/ et /ela/ ou /ebi/ et /eba/ ont montré que l'ajustement articulatoire pour /e/ était différent en fonction de la seconde voyelle dans la séquence. La voyelle /e/ était réalisée comme plus fermée en contexte avec le /i/ dans /eli/ (/i/ est une voyelle fermée : /e/ se ferme par anticipation) ou /ebi/ qu'en contexte avec le /a/ dans /ela/ ou /eba/ (/a/ est une voyelle ouverte ; /e/ s'ouvre par anticipation). Cette coarticulation de voyelle à voyelle a été par la suite, illustrée par les travaux de Öhman en Suède (1966). Dans une étude à partir de données cinéradiographiques et de données acoustiques Vaxelaire et al. (1999, 2003) ont observé l'influence d'une voyelle sur une autre voyelle en français dans des séquences V1CV2 où la voyelle V1 était une voyelle /i/ ou /a/, la voyelle V2 était une voyelle arrondie /u/ ou /y/ et la consonne était /p/, /k/, /t/, /d/, /b/, /g/. Ils ont observé que le geste labial de la voyelle arrondie pouvait s'étendre au-delà du début de la consonne intervocalique. Le geste du corps de la langue peut également s'étendre à la première voyelle quand il n'est pas sollicité pour la production de la consonne. Par exemple pour la séquence /atu/, le geste d'élévation du corps de la langue pour la voyelle arrondie /u/ peut s'étendre à travers la consonne intervocalique jusqu'à la première voyelle /a/. Dans le cas où le geste du corps de la langue est sollicité avec la consonne, par exemple dans la séquence /aku/, l'anticipation de voyelle à voyelle n'est pas observée.

L'anticipation d'arrondissement vocalique et la récupération auditive de cette anticipation a été mise en évidence en français par Hecker *et al.* (2001). L'étude a montré que l'anticipation était maximale avec des consonnes intervocaliques fricatives plutôt qu'occlusives.

Sur la base de l'étude de Lacotte et d'autres présentées dans son livre, *Scripture* (1902) a supposé que le caractère d'un mouvement dépendait d'autres mouvements qui se produisent en même temps et que dans le discours et qu'il n'y a guère de postures statiques des articulateurs. «La langue n'est jamais immobile et n'occupe jamais exactement la même position pendant une période de temps» (p. 325). Ainsi, pour la première fois, la compréhension de la parole en tant que séquence d'éléments individuels reliés par des transitions rapides a été rejetée. «Le discours ne peut pas être considéré comme constitué d'éléments séparés placés côte à côte comme des lettres. Dans le flux de la parole, il est tout aussi arbitraire de considérer certaines parties comme les sons séparés comme de marquer par une ligne où une colline commence et où une plaine se termine » (*Scripture* 1902, p. 446). Ainsi, bien que les premiers phonéticiens expérimentaux n'aient pas eu de concept de coarticulation cohérent, ils étaient bien au courant de son existence et de ses conséquences. L'utilisation de la terminologie dans le domaine, cependant, était encore assez vague. Des termes comme « *assimilation* » et/ou « *adaptation* » ont été vaguement appliqués à toutes sortes de phénomènes, allant du traitement des changements sonores historiques aux mécanismes articulatoires décrits précédemment.

La différence entre coarticulation et assimilation est terminologique. La coarticulation est un terme que l'on utilise plutôt en phonétique et l'assimilation est un terme que l'on utilise plutôt en phonologie. C'est quand les effets de coarticulation peuvent être perçus du point de vue auditif et sont la cause d'un changement d'identification de phonème, que le terme assimilation est en général employé. On parle d'assimilation dans les cas où l'auditeur ne peut arriver à distinguer entre :

- « Jeanne met » et 'J'admets' car dans 'J'admets', le /d/ est nasalisé et il est perçu comme /n/.
- 'acheté » et « à jeter » car dans « à jeter » le /z/ est dévoisé et il est perçu comme un /ʃ/
- On parle alors d'assimilation car les segments sont identifiés comme un autre phonème. Une voyelle ou une consonne *nasalisée* phonétiquement par le contexte du point de vue articulatoire (voile du palais abaissé) peut être perçue ou non comme *nasalisée* et vice versa (Basset *et al.*, 2001 pour la parole spontanée). Le trait de nasalisation est actif en français, pour distinguer /b/ et /m/ : la nasalisation de /b, d/ est facilement perçue par un auditeur car les nasales /m, n/ existent en français. La nasalisation de certaines voyelles ou certaines consonnes est par contre difficile à percevoir, comme par exemple la nasalisation phonétique d'une fricative, car le trait de nasalisation n'est pas actif pour les fricatives en français (Vaissière et Amelot, 2008). Tous les organes de la parole peuvent subir la coarticulation : la langue, des lèvres, les plis vocaux, et le voile du palais. Le voile du palais n'est pas une exception.

3. Coarticulation vélopharyngée (ou nasale)

La coarticulation vélopharyngée est la propagation de l'abaissement du voile du palais sur des segments adjacents au phonème nasal.

Nous distinguons ici les phonèmes « *nasals* » (phonologiques) et les voyelles ou consonnes « *nasalisées* » phonétiquement par le contexte. Tout phonème oral peut être nasalisé du fait de la présence du trait « nasal » dans l'un des deux phonèmes environnants ou dans les deux. Cette précision dans l'utilisation des termes de « nasalisé » et de « nasal » est nécessaire car les deux termes sont souvent confondus dans les articles en anglais sous le terme générique de « *nasalized* » (en anglais, il n'existe pas de voyelles nasales phonologiques, la distinction n'est pas nécessaire, d'où un certain manque de précision dans le terme). La première voyelle du mot « *maman* » est en général nasalisée (c'est une voyelle orale phonétiquement nasalisée à cause de la présence de deux consonnes nasales environnantes et avec le voile du palais qui reste abaissé durant la production de la voyelle orale /a/) et la seconde voyelle est une voyelle nasale phonologique. Dans la littérature anglaise, les deux voyelles seraient traitées indifféremment de voyelles « *nasalisées* » (*nasalized*).

Comme noté auparavant, il existe deux types de coarticulation nasale selon le sens : *l'anticipation* ou nasalisation anticipatoire (propagation contextuelle régressive de la nasalité) où le segment nasal qui suit influence ou 'nasalise' le segment oral qui précède (comme dans le mot « *panne* ») et la *persévération* ou nasalisation régressive (propagation contextuelle progressive de la nasalité) où le segment nasal qui précède influence ou 'nasalise' le segment oral qui suit (comme dans le mot « *neuve* »).

Lors de la réalisation d'un phonème nasal, il y a toujours un mouvement d'abaissement du voile du palais suivi d'un mouvement de relèvement. Le voile du palais se relève rarement complètement durant une voyelle orale encadrée de deux consonnes nasales. Une consonne nasale ou une voyelle nasale ne sont pas les seules à provoquer une nasalisation anticipatoire : en fin de phrase ou avant une pause, en ce qui concerne la suite NV#, le mouvement de relèvement du voile du palais peut être absent durant la voyelle orale V ; la pause se comporte comme un phonème nasal.

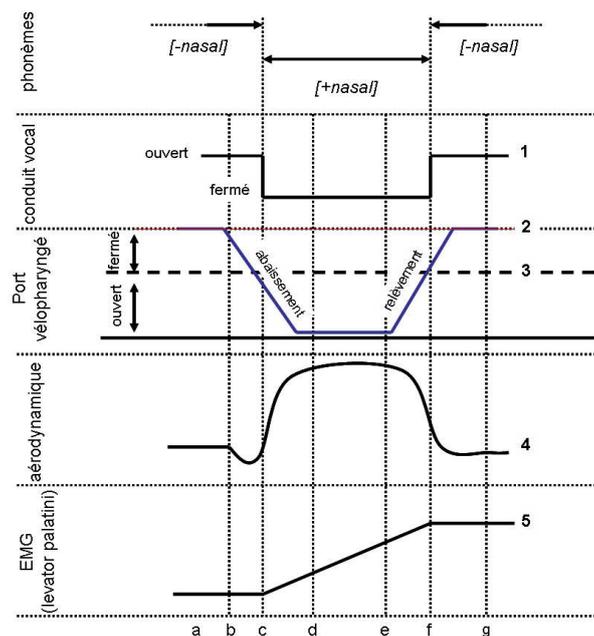


Figure 39 : Cas idéal pour la réalisation d'un phonème nasal, par exemple /ama/, sans anticipation du mouvement d'abaissement du voile du palais et sans persévération de nasalité, « Nasalité, coarticulation et anticipation » Vaissière et Amelot (2008 p. 4).

La figure ci dessus illustre le cas idéal de la réalisation d'une consonne nasale en contexte oral sans anticipation du mouvement d'abaissement du voile du palais et sans persévération du flux nasal. On observe les données fibroscopiques (le mouvement d'abaissement et de relèvement du voile du palais : 2); l'ouverture résultante du port vélopharyngé 3); les données aérodynamiques (le flux nasal : 4) et les données électromyographiques (le levator palatini : 5). Dans ce cas idéal qui est plausible physiologiquement, les mouvements du voile sont concomitants à ceux des lèvres (pour la réalisation de la labiale /m/) ou de la langue (pour la réalisation de /n/) : l'ouverture du port vélopharyngé est concomitante avec la fermeture du conduit buccal ; le port vélopharyngé est ouvert uniquement durant la réalisation de la consonne nasale (zones de c à f sur la figure), durant laquelle le conduit buccal (b) est fermé, et l'air ne sort que par le nez (d). La durée articulaire totale du mouvement du voile du palais (de b à g), du début de l'abaissement du voile du palais, à l'achèvement de son relèvement, est nécessairement plus longue que sa durée acoustique (de c à f) : il faut un certain temps pour que le voile du palais s'abaisse, et glisse le long de la paroi vélopharyngée (de b à c) avant que ne s'ouvre le port vélopharyngé (au point c). Les temps (bd) et (fg) schématisent respectivement les mouvements d'ouverture et de fermeture les plus rapides possible. Quand le voile s'abaisse et que le port est encore fermé, l'air extérieur tend alors à pénétrer dans la cavité nasale et le flux nasal est négatif. Quand le voile du palais se relève, alors que le port vélopharyngé est déjà fermé, l'air à l'intérieur de la cavité nasale est expulsé et le flux nasal est positif (bien que le port soit fermé). Il ne s'agit donc pas à proprement parler de coarticulation, mais d'un temps minimal physique de transition entre un port vélopharyngé ouvert et un port vélopharyngé fermé. » (Vaissière et Amelot, 2008)

4. Modèles de coarticulation nasale anticipatoire

Les trois modèles les plus connus de coarticulation nasale anticipatoire sont : le modèle « look-ahead », de Henke (1966), le modèle « time-locked » de Bell-Berti *et al.* (1981) et le modèle « temporal aligned » de Beddor (2007).

- 1) *le modèle « look-ahead », de Henke (1966)*, postule que le voile du palais s'abaîsserait aussitôt que possible (« as soon as it can ») en vue de la réalisation prochaine du trait nasal. Par exemple, en français, les lèvres s'arrondissent déjà durant la réalisation de la consonne initiale /s/ du mot *structure*, et elles s'étirent durant cette même consonne dans le mot *stricture* : les trois phonèmes /s/, /t/ et /r/ qui précèdent la voyelle arrondie /y/ ou étirée /i/ ne sont pas marqués du point de vue du trait phonologique arrondi : ils sont arrondis phonétiquement. Selon ce modèle, toute voyelle orale suivie d'une consonne nasale dans une langue qui n'a pas de voyelles nasales phonologiques serait entièrement nasalisée.
- 2) *le modèle « time-locked » de Bell-Berti et al. (1981)* postule que le voile du palais s'abaisse à une distance temporelle fixe par rapport au début de la consonne nasale indépendamment du contexte. Selon ce modèle, une voyelle orale longue devant une consonne nasale serait proportionnellement moins nasalisée qu'une voyelle brève : seule sa partie finale serait nasalisée.
- 3) *le « temporal aligned » modèle de Beddor (2007)* postule que l'étendue temporelle et spatiale du geste nasal est relativement constante à travers des contextes différents bien que l'alignement temporel du geste nasal et oral peut varier selon les contextes de façon prévisible : plus la consonne nasale est courte, plus la durée de la coarticulation nasale durant la voyelle orale est longue.

5. La coarticulation nasale du point de vue physiologique

Comme déjà noté, jusqu'à la fin du XVIII^{ème} siècle, la recherche phonétique a été de nature qualitative, basée sur la perception de l'expérimentateur, et non quantitative. Cependant, les chercheurs en phonétique historique étaient déjà fort conscients de l'influence du contexte consonantique, de l'influence de leur position par rapport aux frontières de mot et la position de l'accent sur l'évolution des voyelles et les « changements de sons » (« sound changes »). Peu de données étaient disponibles concernant l'influence quantitative des sons nasals sur les phonèmes environnants. Avec l'introduction de la méthode graphique dans la seconde partie du XIX^{ème} siècle, à partir de l'observation de données kymographiques, il a été montré que le contexte travaillait dans les deux sens, c'est-à-dire que les consonnes nasales influençaient les voyelles et les voyelles nasales influençaient les consonnes environnante. En traitant des tracés nasals, Weeks (1893, cité par Scripture 1902) a montré que dans le mot anglais «banana», les trois voyelles étaient plus ou moins nasalisées à cause de la présence des consonnes /n/. Au début du XX^{ème} siècle, des informations importantes ont été acquises concernant la nasalisation dans d'autres langues. Pour la revue de ce travail sur les autres langues, voir Scripture (1902).

Plus tard, la cinéradiographie a confirmé que les consonnes nasales avaient un effet contextuel sur la production de la voyelle précédente. Au début des années 1960, il a été observé que le voile du palais était dans une position plus basse pour les voyelles orales dans le contexte de consonnes nasales que pour ces mêmes voyelles dans un contexte non-nasal (Dickson, 1961 ; Moll, 1962). Ce constat de base a été confirmé par d'autres chercheurs utilisant une technique combinant ciné-radiographie-électromyographie (EMG) (Lubker, 1968) qui a travaillé sur l'anglais américain ou par endoscopie (Ushijima et Sawashima, 1972) qui ont travaillé sur le japonais.

Toutes les voyelles orales sont théoriquement prononcées avec un voile du palais relevé mais le degré de relèvement du voile du palais dépend en partie de l'identité de la voyelle. Il a été observé que les voyelles basses orales étaient prononcées avec le voile du palais plus abaissé que les voyelles hautes. Le phénomène a été souligné par Durand (1953) en français d'après les radiographies statiques de Chlumsky (1938). Il a été observé qu'en anglais-américain lu, les locuteurs réalisaient les voyelles basses dans un contexte non-nasal avec un voile du palais abaissé (données issues d'un X-ray microbeam system, parole lue, prise de données en continu, Vaissière, 1988), voir aussi Ohala (1971, données issues d'un nasographe, parole lue de mots dans une phrase cadre) et Clumeck (1976, données issues d'un nasographe, parole lue de mots dans une phrase cadre). Les voyelles basses seraient donc plus propices à une nasalisation contextuelle que les voyelles hautes. Les raisons peuvent être physiologiques : le muscle palatoglosse relie la langue au velum quand celui-ci s'abaisse lors de la production d'un phonème nasal. Cela implique que la langue s'abaisse aussi et que la mâchoire s'ouvre (Carton, 1974, p. 18).

Toutes les consonnes nasales sont théoriquement prononcées avec un voile du palais abaissé mais le degré d'abaissement du voile du palais dépend en partie de l'identité de la voyelle. Il a aussi été observé par cinéradiographie (Moll et Shriner 1967) et l'endoscopie (Bell-Berti *et al.*, 1979) que le voile du palais était plus élevé pour les consonnes nasales dans le contexte avec une voyelle fermée que dans le contexte avec une voyelle ouverte.

Quel type de coarticulation, anticipatoire ou persévératrice, a prévalu dans la propagation de la nasalité vers les unités voisines ? Les deux types de coarticulation nasale, anticipatoire et persévératrice, sont présents dans les langues. Ferguson (1975) a comparé la littérature sur plusieurs études et sur plusieurs langues, et a conclu que la nasalisation régressive ou anticipatoire serait plus répandue que la nasalisation progressive ou persévérante. Preuve en est que la plupart des voyelles nasales sont une conséquence du phénomène de nasalisation anticipatoire (comme en français). Des effets importants d'anticipation ont été trouvés par l'observation directe des mouvements de voile du palais par cinéradiographie X-ray (Moll et Daniloff, 1971), l'endoscopie par voie orale (Benguerel *et al.*, 1977a ; Bell-Berti 1980), la mesure de l'activité EMG du muscle levator palatini (Ushijima et Hirose, 1974) ; Benguerel *et al.* 1977b) et la mesure du niveau de pression acoustique nasale (Clarke et Mackiewicz-Krassowka, 1977).

L'étude de Cohn (1993) sur la nasalisation fournit un aperçu de la co-occurrence des inventaires et des règles à partir d'une grande base de données comprenant 165 langues. Son étude suggère aussi que la nasalisation anticipatoire est plus importante que la nasalisation persévérante. Amelot (2004) a, d'un autre côté, montré dans son étude *aérodynamique* qu'en français (où l'opposition phonologique entre voyelles orales et nasales

existe), le débit nasal était plus élevé après qu'avant la consonne nasale. La fermeture progressive du conduit pour la production de la consonne nasale fait qu'une plus grande quantité d'air est dérivée vers le conduit nasal : cela mène à la conclusion que du point de vue du point de vue aérodynamique, le débit nasal progressif ou persévérant est plus grand que le débit nasal régressif ou anticipatoire. Mais la différence entre les deux débits, progressif ou persévérant, est essentiellement liée à la différence du degré de constriction dans la cavité buccale qu'au degré d'abaissement du voile du palais. Le débit nasal dépend non seulement du degré d'aperture du voile du palais, mais aussi du degré de fermeture de conduit vocal : il s'élève dès que le conduit vocal se ferme par la production d'une consonne orale. Sa mesure ne donne donc pas une indication directe du degré d'aperture du voile du palais. L'étude de Amelot pointe sur le fait qu'il faut être très prudent avant de conclure, et de prendre en compte l'instrumentation utilisée. Les études de Basset et al. (2001) sur la parole spontanée ont confirmé ces résultats (voir aussi Delvaux, 2008). En utilisant la dernière technique avec l'aérodynamique, Farnetani (1986b) a constaté qu'en italien, la nasalité de la consonne /n/ s'étendait plus sur la voyelle qui suit que sur la voyelle qui précède. Il faut être très prudent dans les conclusions.

Il a été constaté que la coarticulation anticipatoire ne se limitait pas uniquement à un seul son adjacent mais pouvait aussi affecter plusieurs segments précédents, malgré la présence de frontières syllabiques ou frontières de mots. Moll et Daniloff (1971) ont montré que dans la séquence CVVn, l'ouverture du port vélopharyngé peut être déclenchée dès la première consonne. Il a été montré que cette observation, valable pour la langue anglaise, s'applique également au français (Benguerel *et al.*, 1977a). Il a été trouvé que la coarticulation nasale n'est pas bloquée par la présence de frontières syllabiques ou frontières de mots dans plusieurs langues, y compris l'anglais américain (Moll et Daniloff, 1971), français (Benguerel *et al.*, 1977a) ou le hindi (Dixit et MacNeilage, 1972). Les données cinéroradiographiques de Daniloff et Moll (1968) ont montré l'arrondissement anticipatoire des lèvres lors de la production du /n/ dans 'since true'. L'arrondissement des lèvres pour la voyelle /u/ a donc commencé déjà durant la consonne nasale /n/ ce qui signifie que la protrusion des lèvres s'étend sur quatre consonnes malgré la présence d'une frontière de mot. Pris ensemble, ces résultats suggèrent qu'il existe une forte interaction entre les sons oraux et nasals, par delà les frontières de syllabes et de mots dans certaines langues. En revanche il a été signalé qu'en japonais, la présence d'une frontière syllabique peut empêcher la propagation de la nasalité aux segments précédents (Ushijima et Sawashima, 1972). Les résultats diffèrent selon les langues et selon les auteurs. Des expériences comparatives, avec des corpus similaires et la même instrumentation seraient utiles pour conclure de façon définitive qu'une langue se comporte différemment des autres.

En ce qui concerne la relation entre l'inventaire phonologique des voyelles dans une langue et la quantité de la coarticulation nasale, il est généralement admis que les phénomènes de coarticulation, anticipatoires et persévérateurs devraient être plus limités dans les langues qui possèdent des voyelles nasales phonologiques que dans celles qui n'en possèdent pas. Si les effets phonétiques de la coarticulation nasale peuvent mettre en danger des contrastes phonétiques d'une langue, ils devraient être évités (Manuel, 1990). Les résultats de l'étude aérodynamique comparative sur le français et sur l'anglais de Cohn (1990) vont dans ce sens : les voyelles en anglais sont plus sujettes à des phénomènes de coarticulation nasale que les voyelles orales en français et en sudanese. Ci-dessous une figure souvent reprise de la thèse de Cohn (1990). Comme représentées sur cette figure, les voyelles orales adjacentes à une consonne nasale ont tendance à être nasalisées en anglais, et non en français.

(3) Hypothetical phonetic output

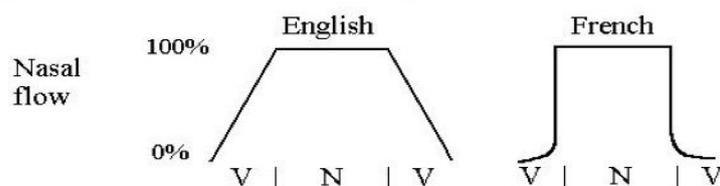


Figure 40 : Le schéma hypothétique de la propagation du débit d'air nasal en anglais (sans voyelles nasales phonologiques) et en français (avec voyelles nasales phonologiques) en contexte VNV (Cohn, 1990 p. 89)

Il s'agit très certainement d'une tendance universelle. Cependant, d'autres études ont montré que le système de contraste phonologique entre voyelles nasales et voyelles orales dans une langue n'avait pas forcément d'influence prévisible sur la propagation de la nasalité. L'étude de Clumeck (1979) montre en effet qu'en hindi, suédois, chinois, et français, il y avait peu de nasalisation anticipatoire dans les séquences CVN tandis qu'en anglais et en portugais du Brésil (qui possèdent des voyelles nasales), il y en avait plus. Ces résultats n'ont pas pu être expliqués seulement par la présence ou non des voyelles nasales phonologiques dans les langues. Les résultats de Solé et Ohala (1991) et Solé (1992) sur les phénomènes de coarticulation nasale en espagnol et en anglais américain montrent plus de coarticulation nasale en anglais américain qu'en espagnol. Aucune des deux langues ne possède de voyelles nasales phonologiques. Les espagnols nasalisent partiellement les voyelles orales suivies de consonnes nasales contrairement aux américains qui nasalisent complètement et intentionnellement les voyelles orales dans le même contexte.

Il a déjà été noté qu'en anglais américain, la nasalisation des voyelles orales suivies de consonnes nasales, comme dans le mot « can't » est considérée par certains comme « phonologisée » (Malécot, 1956).

Rossatto *et al.* (2003) ont montré à partir de données EMA pour une étude sur les mouvements vélaire sont influencés par les voyelles et les consonnes adjacentes par exemple, il partira d'une position plus basse pour une voyelle basse que pour une voyelle haute. Par ailleurs, ils montrent que le mouvement vélaire est plus persévérant qu'anticipant.

6. Sur la coarticulation nasale au niveau acoustique

Des études acoustiques sur l'influence des voyelles sur les consonnes ont été réalisées en utilisant des techniques d'analyse différentes comme la spectrographie, l'analyse par synthèse et des mesures de balayage tonale (sweep-tone). Des décalages notables de fréquence de résonances nasales et d'anti-résonances dans les spectres de consonnes ont été trouvés dans plusieurs langues, l'anglais américain (Fujimura, 1962), le français (Delattre 1954), le russe (Fant, 1960) et le suédois (Fant 1973). En outre, Su *et al.* (1974) ont montré que la consonne /m/ est plus sensible au contexte vocalique que la consonne /n/ en raison de l'la plus grande liberté de la langue à anticiper la position de la voyelle.

L'influence contextuelle de consonnes nasales sur les fréquences des formants de voyelles est encore plus difficile à évaluer en raison du changement du lieu d'articulation consonantique et du couplage oral/nasal intrinsèque des différentes voyelles.

Enfin, encore plus problématique est l'analyse des voyelles nasales dans les langues où l'opposition oral/nasal est distinctive. La plupart des enquêtes sont basées sur l'utilisation de la spectrographie pour le français (Delattre, 1954) et pour le portugais (Lacerda et Head, 1963).

Des informations sur les caractéristiques spectrales des voyelles nasales ont été recueillies en français par l'analyse acoustique des voyelles naturelles (Lonchamp, 1978) et par simulation (Maeda, 1984 ; Feng, 1986). Aucune étude acoustique extensive sur l'influence contextuelle des voyelles nasales n'a été menée jusqu'à présent. Détecter le début et la fin de la nasalité acoustique par l'étude des modifications spectrales a toujours été le problème majeur dans les recherches acoustiques (Fant, 1960). Par conséquent, peu d'études ont été menées pour comparer les effets de coarticulation anticipatoire et persévératrice à partir des données acoustiques. Des anti-formants peuvent être créés dès lors qu'une cavité est mise en dérivation : cette cavité peut être la cavité nasale, mais aussi le tube sous-glottique si la glotte est ouverte (comme dans le cas des voyelles breathy phonologiquement, ou en contexte avec un h aspiré), et une cavité latérale (comme lors de la production des consonnes latérales).

En ce qui concerne les caractéristiques spectrales de la consonne /m/ dans divers contextes vocaliques, Su *et al.* (1975) ont montré qu'il existe une relation étroite entre les frontières majeures et la réduction concomitante des effets d'anticipation. Les frontières mineures marquées par de courtes pauses n'empêchent pas la coarticulation nasale. Mais les frontières du plus haut niveau comme par exemple les frontières entre les propositions ou les phrases extraposées et le corps d'un énoncé sont le plus souvent marquées par de longues pauses et on observe alors la réduction concomitante des effets de la coarticulation.

En utilisant une méthode acoustique visant à mesurer la 'nasalance', c'est à dire le rapport entre l'intensité sonore irradiant aux lèvres et celle au nez, Flege (1988) a déterminé la durée de la nasalisation des voyelles avant et après le /n/. Son étude a montré que, contrairement à ce qu'on s'attend, en se fondant sur des découvertes physiologiques antérieures (Moll et Daniloff, 1971), l'étendue de la coarticulation nasale persévératrice est supérieure à celle de la coarticulation nasale anticipatoire pour les deux vitesses de discours : normal et rapide.

En utilisant le nasomètre (Kay Elemetrics Nasometer), Rochet et Rochet (1991) ont comparé les modèles d'assimilation en français et en anglais en fonction de l'aperture de la voyelle. Dans les deux langues, les voyelles hautes étaient exposées à une assimilation de nasalité plus importante que les voyelles basses. La comparaison des effets proportionnels de coarticulation nasale persévératrice et de coarticulation nasale anticipatoire entre les langues ont révélé des différences importantes. Tandis que les effets d'anticipation ont prévalu en anglais, plus d'effets de persévération ont été trouvés en français, mais ceux-ci s'appliquant aux voyelles hautes uniquement et pas aux voyelles basses. En général, le français a montré moins de nasalité assimilatrice que l'anglais, ce qui a été attribué au fait que l'anglais n'a pas de voyelles nasales phonologiques et peut donc tolérer des niveaux plus élevés de l'assimilation de nasalité.

7. Sur la perception de la coarticulation nasale

La plupart des recherches sur la perception de la coarticulation nasale concernent l'influence du contexte vocalique sur l'identification des consonnes nasales /n, m, ŋ/. Les résultats ont montré que deux indices principaux, les transitions de formants et les caractéristiques spectrales murmures nasals durant la tenue de la consonne sont principalement responsables de l'identification du lieu d'articulation des consonnes nasales. Ouvaroff et Rossatto (2006) ont montré que la nasalisation de la voyelle n'est pas suffisante pour identifier le trait nasal de la consonne précédente une fois le murmure nasal disparu, tandis que le lieu d'articulation, porté par les transitions formantiques, reste perçu. Il a également été montré que la hauteur de la voyelle joue un rôle : des études montrent que les consonnes nasales sont mieux perçues dans le contexte de voyelles basses (Liberman *et al.* 1954, étude sur de la parole synthétique ; Kuehn et Moll 1972, étude sur de la parole

naturelle ; Zee (1981), étude sur de la parole naturelle). Ces études ont montré que les transitions de formants sont perceptivement plus saillantes dans le contexte d'une voyelle basse que dans le contexte d'une voyelle haute : les consonnes ont un F1 intrinsèquement bas (Fant, 1960), et les voyelles basses un F1 intrinsèquement élevé, d'où des transitions de plus grande ampleur que dans le cas des voyelles avec un F1 intrinsèquement bas. Selon Sharf et Ohde (1981), cette tendance peut être attribuée au fait que les voyelles basses ont une intensité intrinsèque supérieure. D'autres études, par contre, montrent que le lieu d'articulation des consonnes nasales /n, m, ŋ/ est mieux reconnu avec les voyelles hautes (Carlson *et al.*, 1972 ; Abramson *et al.*, 1981).

Des recherches sur l'influence du contexte consonantique sur l'identification des voyelles nasalisées ont montré que l'identification des voyelles ne dépendait pas uniquement des caractéristiques spectrales des voyelles mais aussi du contexte consonantique.

La possibilité que l'origine de la coarticulation ne réside pas uniquement dans les exigences du mécanisme articulaire, mais aussi dans celles de notre système perceptif, ne peut être écartée (Kuhnert et Nolan, 1999 p. 9). Par exemple, dans l'étude de Beddor et Krakow (1999) sur la perception de la nasalité des voyelles orales et nasalisées de l'anglais américain dans trois contextes différents : CVC, NVN et isolé, les réponses des auditeurs américains et thaïs dépendaient beaucoup du contexte. Les auditeurs ont été moins précis à juger les voyelles comme nasalisées dans le contexte nasal que dans le contexte non-nasal ou isolé. Pour expliquer certains des phénomènes qui peuvent donner lieu à la nasalité distinctive, Kawasaki (1986) a utilisé des énoncés naturels pour tester l'hypothèse de Hyman concernant la perception (1975), selon laquelle le phénomène de dénasalisation conduit au renforcement du contraste perçu entre les voyelles orales et nasales. Le niveau de l'amplitude des consonnes nasales initiales et finales des syllabes /mim, mam, mum/ a été progressivement réduit par rapport au noyau de la voyelle. Les résultats montrent que les stimuli avec la voyelle /i/ sont perçus comme étant moins nasals que ceux avec les voyelles /a/ et /u/. En outre, conformément à la théorie, le degré de nasalité perçu d'une voyelle est renforcé par la réduction de l'amplitude de la consonne nasale adjacente. Cette étude confirme l'hypothèse de Hyman (1975). La nasalisation contextuelle d'une voyelle dans un contexte nasal est donc plus facile à percevoir quand la voyelle est extraite (Kawasaki, 1986 ; Vaissière et Amelot, 2008). Il existe une interaction complexe entre les sons oraux et nasals au niveau perceptif.

La plupart des études sur la perception des effets de la coarticulation nasale ont essayé de déterminer les effets de la coarticulation nasale anticipatoire comme un indice supplémentaire pour la perception de segments contigus. Dans diverses études sur la parole naturelle, il a été montré que les effets de la coarticulation anticipatoire ont été utilisés par l'auditeur pour la perception des voyelles nasales et nasalisées et des consonnes nasales.

En utilisant la procédure de *tape-splicing* (*séparation et combinaison de segments d'énoncés enregistrés sur bande magnétique*), Malécot (1960) a trouvé qu'en anglais américain, une voyelle est toujours perçue comme nasalisée même quand la consonne nasale suivante a été complètement coupée. De tels effets perceptifs ont également été observés en français par Benguerel et Lafargue (1981) qui a montré que le degré de nasalisation perçue augmentait avec l'ouverture du port vélopharyngé, et que la perception de la qualité nasale était le résultat d'une intégration temporelle.

En ce qui concerne l'identification des consonnes nasales, il a été montré que les consonnes nasales coupées dans la position finale pouvaient être prédites à partir de l'information codée dans les transitions formantiques avec la voyelle précédente (Ali *et al.*,

1971). L'étude de Ostreicher et Sharf (1976) montre aussi l'importance des effets d'anticipation. Dans leur étude sur la perception de la voyelle en fonction du contexte consonantique et vice versa, les consonnes nasales /m, n/ ont été présentées dans divers énoncés syllabiques et supprimées à l'aide d'une procédure d'effacement de bande » (taperasing). Les résultats ont révélé des scores plus élevés d'identification des consonnes précédant la voyelle que des consonnes suivant la voyelle, en particulier dans le contexte avec une voyelle haute ; cela va dans le sens de la découverte antérieure obtenue par simulation vocale analogique (House et Stevens, 1956). Cela suggère que les effets de la nasalisation anticipatoire comme indice pour la perception de segments contigus sont plus importants que les effets de la nasalisation persévératrice.

Comme déjà mentionné plus haut, des études des phonéticiens réalisées grâce aux avancées technologiques de la seconde moitié du XX^{ème} siècle ont mis à découvert la non linéarité entre l'articulatoire, l'acoustique et la perception. Un abaissement anticipatoire du voile du palais, visible sur les données cinéradiographiques ou IRM, ou encore sur les données aérodynamiques ou nasographiques, peut être perçu ou non, selon l'identité du phonème nasalisé et de son entourage : par exemple, comme déjà mentionné auparavant, la nasalisation d'un /d/ est plus facile à percevoir que celle d'un /s/, car elle crée un son nasalisé contextuellement correspondant à un autre phonème de la langue : /n/. L'oreille est également plus sensible à la nasalisation des voyelles fermées, toutes choses égales par ailleurs (Maeda, 1993). Une voyelle haute nasalisée sera perçue plus rapidement comme nasalisée qu'une voyelle basse (Maeda, 1982-1993), à partir de simulations faites avec un modèle articulatoire, le modèle Maeda. Par exemple, la voyelle fermée /i/ sera perçue plus rapidement comme nasalisée que la voyelle ouverte /a/, avec un même abaissement simulé du voile du palais, toutes choses égales par ailleurs. En utilisant un modèle articulatoire pour synthétiser un continuum depuis la voyelle orale jusqu'à la voyelle nasale, Maeda montre qu'une faible ouverture vélopharyngée conduit à la perception de la nasalité pour la voyelle /i/ tandis qu'à ouverture similaire simulée, cela ne permet pas la perception de nasalité de la voyelle /a/. Le contraste de nasalité peut donc être décrit en terme de degré de couplage et non pas seulement en terme de fermeture et d'ouverture du port vélopharyngé. Maeda a montré le phénomène mais n'a pas su ou pu trancher sur les raisons de la différence du degré de nasalité perçue entre les voyelles ouvertes ou fermées. Comme les voyelles basses sont souvent nasalisées (abaissement naturel du voile du palais), elles seraient donc plus difficiles à être perçues comme nasales, à cause de l'habitude de les entendre sous une forme nasalisée?

Si la langue a une opposition phonologique entre les voyelles orales et les voyelles nasales, comme par exemple, l'hindi, la perception de la nasalité de voyelle serait plus catégorielle que dans une langue qui n'a pas d'opposition phonologique entre les voyelles orales et les voyelles nasales (Beddor, 1982) ; dans les autres cas, elle serait graduelle. Ceci est une hypothèse forte. Dans son étude sur la perception de la nasalité avec des auditeurs anglais et hindis, Beddor (1982), à partir de stimuli créés par synthèse articulatoire a montré que les auditeurs hindis n'ont généralement pas eu de difficultés à percevoir la différence entre /ba/ et /bã/ alors que les auditeurs anglais ont eu besoin d'un plus grand couplage de la cavité nasale (une ouverture vélaire plus importante) pour identifier la nasalité de la voyelle. Il n'y a pas eu de différence entre les deux groupes d'auditeurs quant à la perception de la différence entre /ba/ et /ma/.

Nous venons de voir dans ce chapitre que la coarticulation en général et la coarticulation nasale intéressent de nombreux chercheurs depuis très longtemps. La propagation de la nasalité dépend de nombreux facteurs et des études ont été faites pour traiter de tous ces facteurs. Nous avons vu aussi que des résultats contradictoires ont émergé de ces études, une des raisons semblant être des différences entre l'instrumentation utilisée. Nous allons décrire dans le chapitre suivant la méthodologie de notre étude : instrumentation utilisée, corpus et locuteurs, analyse.

Chapitre 3 : Instrumentation, locuteurs, corpus & mesures

Résumé du chapitre 3 : Dans ce chapitre, nous décrivons l'instrumentation utilisée pour l'enregistrement, le corpus lu, les locuteurs et l'analyse des données.

L'instrument utilisé pour la première étude est l'accéléromètre piézoélectrique (AP). La visualisation et les mesures à partir des valeurs de Root Mean Square (RMS - la racine carrée de l'écart quadratique moyen) ont été choisies pour analyser le signal acoustique nasal et le signal acoustique oral (Horii, 1980, Ramig *et al.* 1990, voir figure 5).

Le corpus utilisé pour cette thèse est composé de 48 logatomes CVNC en anglais américain, bosnien et français et 40 logatomes en norvégien et en ourdou et de 3 voyelles V à l'isolé en anglais américain, 5 voyelles en bosnien, français, norvégien et ourdou.

Cinq locuteurs natifs de chaque langue (5) ont été enregistrés (n=25). Tous les items ont été prononcés dans une phrase cadre et deux fois par l'ensemble des locuteurs.

Nous avons effectué deux études principales à partir de ce corpus : 1) une étude sur la coarticulation nasale dans les cinq langues et 2) une étude sur la perception de la nasalité.

Les stimuli pour la première étude sont tous les logatomes CVNC pour les cinq langues. Les stimuli pour les tests de perception (seconde étude) sont composés de voyelles extraites des logatomes CVNC produits par deux locutrices de français et d'ourdou. 5 auditeurs de chaque langue ont participé aux tests de perception.

1. L'instrumentation

Le principe de l'accéléromètre piézoélectrique est de capter les vibrations, la localisation devra donc permettre d'enregistrer les vibrations venant de la cavité nasale. L'accéléromètre piézoélectrique (K&K Sound), pourvu de deux pastilles d'un diamètre de 0,5 cm, a été fixé au moyen d'un adhésif double face de chaque côté de l'os latéral du nez (Lippman, 1981). Il a été relié à un préamplificateur (40dB) pour avoir une meilleure résolution du signal, lui-même relié à une carte d'acquisition (MOTU UltraLite mk3 hybride) et à un ordinateur. Le signal acoustique nasal issu de l'accéléromètre piézoélectrique a été enregistré en simultané avec le signal acoustique oral issu d'un microphone serre-tête (AKG C420L).

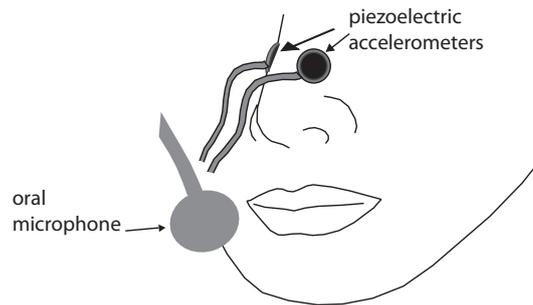


Figure 41 : à gauche : microphone serre-tête (AKG C420L) ; à droite : AP (K&K Sound) fixé de chaque côté de l'os latéral du nez

2. Locuteurs

Cinq locuteurs natifs de chaque langue ont été enregistrés (5x5 : n=25). Aucun des locuteurs n'a de pathologie nasale connue. Parmi eux, cinq apprenants de français langue étrangère norvégiens et cinq apprenants de français langue étrangère bosniens.

Les enregistrements ont été faits dans une chambre sourde ou dans une salle de cours très silencieuse.

Tableau 10 : Répartition des locuteurs dans les 5 langues étudiées

Anglais	Bosnien	Français	Norvégien	Ourdou
2 hommes		2 hommes	1 homme	1 homme
3 femmes	5 femmes	3 femmes	4 femmes	4 femmes
Ages : 21 à 25	Ages : 21 à 21	Ages : 23 à 36	Ages : 21 à 40	Ages : 22 à 29

3. Corpus

Il s'agit d'un corpus total de 20 heures environ (tous locuteurs confondus), composé de mots type CVN, NVC, NVN, de séquences VN, VVN, VVVN, de phrases contenant des consonnes nasales dans différentes positions, de logatome CVNC. Nous pensons exploiter l'ensemble de ces données dans nos futurs projets.

Le corpus extrait pour cette étude de thèse est composé de :

- 48 logatomes CVNC en anglais américain, bosnien et français et 40 logatomes en norvégien et en ourdou
- 3 voyelles V à l'isolé en anglais américain, 5 voyelles en bosnien, français, norvégien et ourdou, items prononcés dans une phrase cadre.

L'ensemble des phonèmes composant les logatomes CVNC en fonction des langues sont décrits dans le tableau ci-dessous.

Tableau 11 : Corpus de logatomes CVNC

Langue	C	V	N	Phrase cadre
Anglais américain	/p,t,k,b,d,g,f,s,ʃ,v,z,ʒ/	/i,e,a:,ʊ/	/m/	Repeat pimp Kate
Bosnien	/p,t,k,b,d,g,f,s,ʃ,v,z,ʒ/	/i,e,a,u/	/m/	Kazes pimp dva puta
Français	/p,t,k,b,d,g,f,s,ʃ,v,z,ʒ/	/i,e,a,u/	/m/	Je dis pimp deux fois
Norvégien	/p,t,k,b,d,g,f,s,ʃ,v/	/i,ɛ,a,u/	/m/	Si pimp Katharina
Ourdou	/p,t,k,b,d,g,f,s,ʃ,v/	/i,e,a,u/	/m/	Afak pimp kehta hai

Quelques remarques :

- /z/ and /ʒ/ ne font pas partie du système phonologique du norvégien et /ʒ/ ne fait pas partie du système phonologique d'ourdou. C'est pourquoi nous avons décidé d'exclure ces consonnes afin d'avoir les données aussi similaires que possible pour toutes les langues.
- Les séquences CVNC n'existent pas en français mais nous les avons incluses pour permettre une comparaison entre les langues. Les locuteurs français ont prononcé des logatomes CVNC sans difficulté (par exemple « Dites « pimp » deux fois). Chaque logatome a été prononcé dans une phrase cadre. Nous avons enregistré des logatomes avec d'autres consonnes et d'autres voyelles aussi mais nous ne les avons pas analysés dans cette étude.

Tableau 12 : Corpus des voyelles V prononcées à l'isolé

Langue	V	Phrase cadre
Anglais américain	/i:,a:,u:/	I say /u:/ like in food
Bosnien	/i,e,a,o,u/	Kazes /a/ kao /tata/
Français	/i,e,a,o,u/	Je dis /a/ comme dans /papa/
Norvégien	/i,e,a,o,u/	Jeg sier /u/ som i bukk
Ourdou	/i,e,a,o,u/	Afak /a/ kehta hai jasa ke ada mehai

Les voyelles dans la phrase cadres ont été prononcées deux fois par tous les locuteurs. A chaque fois, la voyelle se trouve aussi dans un mot prononcé à la fin de la phrase, par exemple « Je dis /a/ comme dans papa ».

Les stimuli pour les tests de perception (seconde étude) sont composés de CV extraites des logatomes CVNC produits par deux locutrices de chaque langue et de voyelles orales extraites des contextes CVC qui vont servir de distracteurs. Cinq auditeurs de français et d'ourdou ont participé aux tests de perception.

4. Mesures

Toutes les données ont été segmentées et étiquetées manuellement à l'aide du logiciel PRAAT (Boersma et Weenink, 2011).

4.1 RMS

La visualisation et les mesures à partir des valeurs de Root Mean Square (RMS - la racine carrée de l'écart quadratique moyen dont l'unité de mesure est le volt) a été choisie pour le signal acoustique nasal et le signal acoustique oral (Horii, 1980 ; Ramig *et al.*, 1990, voir figure 42) avec un fenêtrage de 10 ms pour ne pas perdre d'information essentielle lors du changement de mécanisme oral vers nasal.

Il est important de choisir une valeur de fenêtrage qui nous permettra d'avoir les détails suffisants de la courbe afin d'obtenir une finesse d'analyse suffisante (10 ms).

Le signal nasal peut être positif même si le voile du palais est relevé. Nous avons observé un certain taux de vibrations nasales pour les voyelles orales fermées dans un contexte non nasal, et ce taux est dépendant du lieu d'articulation de la voyelle : plus de vibrations nasales pour les voyelles postérieures que pour les voyelles antérieures, du degré de fermeture et de l'intensité tout comme Hirano *et al.* (1966) ; Clarke et Mackiewicz-Krassowska (1977) ; Larson et Hamlet (1987). C'est pourquoi nous avons pris la décision de déterminer un seuil de référence pour estimer la nasalité sur nos mesures, comme décrit précédemment.

Le seuil de nasalité a été estimé par le taux maximum de vibrations nasales observé durant la voyelle orale dans un contexte oral pour un même locuteur et un même enregistrement.

Par exemple, pour la séquence « dites “pump” deux fois », nous avons utilisé le seuil trouvé pour le /u/ dans un contexte non-nasal (par exemple dans une séquence comme « dites pup trois fois ») pour l'ensemble de la production du locuteur (la totalité du corpus ayant été enregistrée d'une traite sans changement dans les réglages d'enregistrement et sans toucher aux instruments), C_1VC_2 , C_1 pouvant être /p,t,k,b,d,g,f,s,ʃ,v,z,ʒ/ et C_2 pouvant être /p,t,k,b,d,g,f,s,ʃ,v,z,ʒ/, par exemple /"pup", "bug"/ Avant l'enregistrement du corpus, nous avons calibré les signaux. Les signaux ont été calibrés en réglant le gain sur la carte son.

Ainsi les gains des deux canaux sont réglés indépendamment afin que le niveau du signal acoustique oral durant une séquence orale [papapa] corresponde au niveau du signal acoustique nasal durant une séquence nasale /m̃m̃m̃/, où il est maximal.

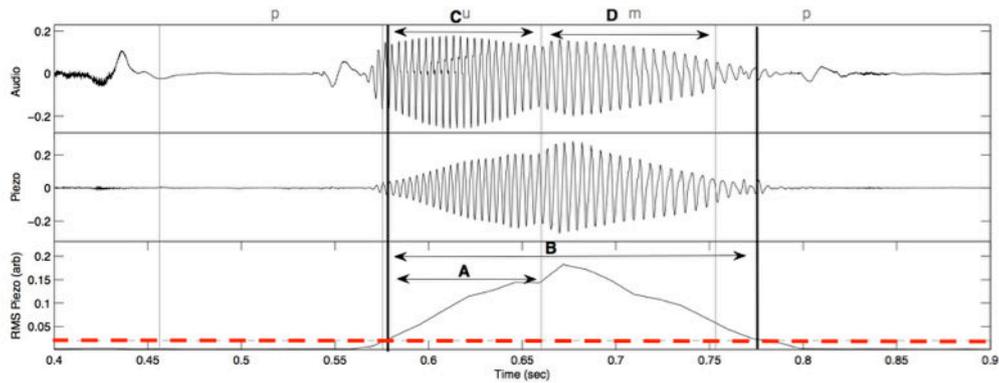


Figure 42 : Logatome “pump” prononcé par un locuteur bosnien. Du haut vers le bas : le signal oral, le signal nasal, la valeur RMS dérivée du signal nasal. La ligne en pointillé correspond au “seuil” trouvé pour cette voyelle quand elle a été produite dans un contexte oral.

La valeur maximale de vibrations (valeur extraire de la courbe RMS de AP), courbe en pointillés rouges sur la figure ci-dessus, a été prise comme le seuil de nasalité pour chaque voyelle orale. Nous avons estimé que le maximum de vibrations du RMS de cette voyelle produite dans un entourage totalement oral était une bonne indication de la vibration nasale intrinsèque de chaque voyelle. Cette vibration intrinsèque n’est pas liée à une quelconque nasalité mais elle est liée à la propriété vibratoire de la conduction osseuse. Ainsi nous pensons que ce seuil de vibrations est une bonne indication pour distinguer ce qui est lié à la conduction osseuse de ce qui est liée à la vibration nasale (vibration due au fait que de l’air passe par la cavité nasale) Brkan, *et al.* (2012).

4.2 Les mesures de durée

Dans les logatomes CIVNC2 nous avons mesuré :

- la durée acoustique de la voyelle V en ms à partir des représentations spectrographiques
- la durée acoustique de la consonne nasale N en ms à partir des représentations spectrographiques
- la durée de la nasalisation anticipatoire estimée à partir du signal nasal (courbe de RMS) sur la voyelle V précédant la consonne nasale N
- la durée de la nasalisation anticipatoire en fonction de la voyelle
- la nasalisation anticipatoire en % par rapport à la durée acoustique de la voyelle
- la nasalisation anticipatoire en % par rapport à la durée acoustique de la voyelle en fonction de la voyelle

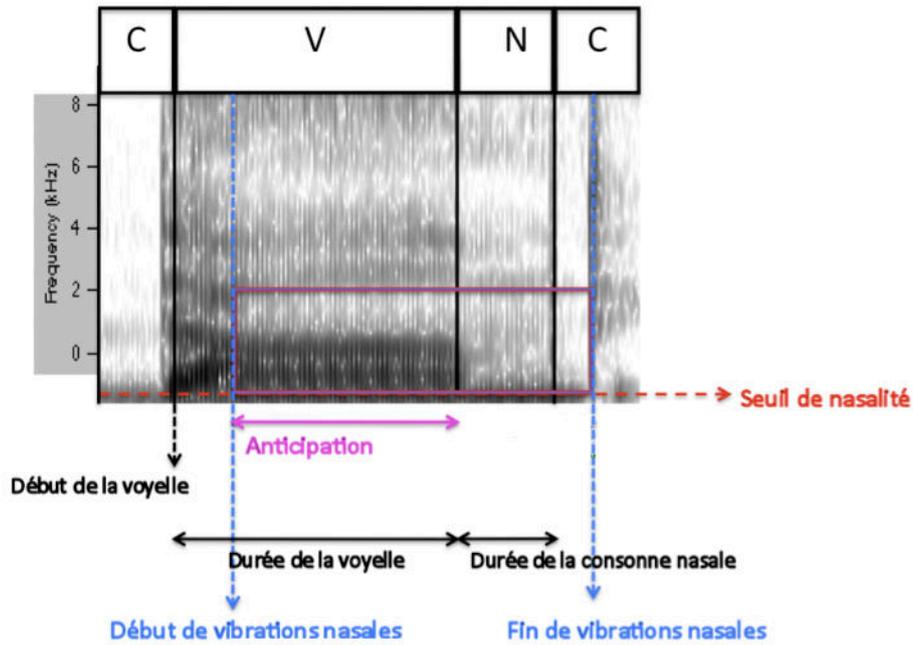


Figure 43 : Schémas indiquant les mesures de durées faites.

4.3 Les mesures de RMS

Nous avons mesuré la valeur RMS du signal nasal et du signal oral. Comme déjà expliqué dans 4.1.1. nous avons déterminé un seuil de nasalité pour chaque voyelle, chaque locuteur et chaque répétition, afin de déterminer la frontière entre les vibrations durant dans les voyelles orales voisées et les vibrations dues à la nasalité (voir figure 42). Le début et la fin des vibrations nasales ont été sélectionnés manuellement (voir figure 44 ci-dessous). Toutes les mesures ont été faites via un script Matlab⁴ (voir annexe 6).

⁴ Logiciel de programmation : <https://fr.mathworks.com/products/matlab.html>

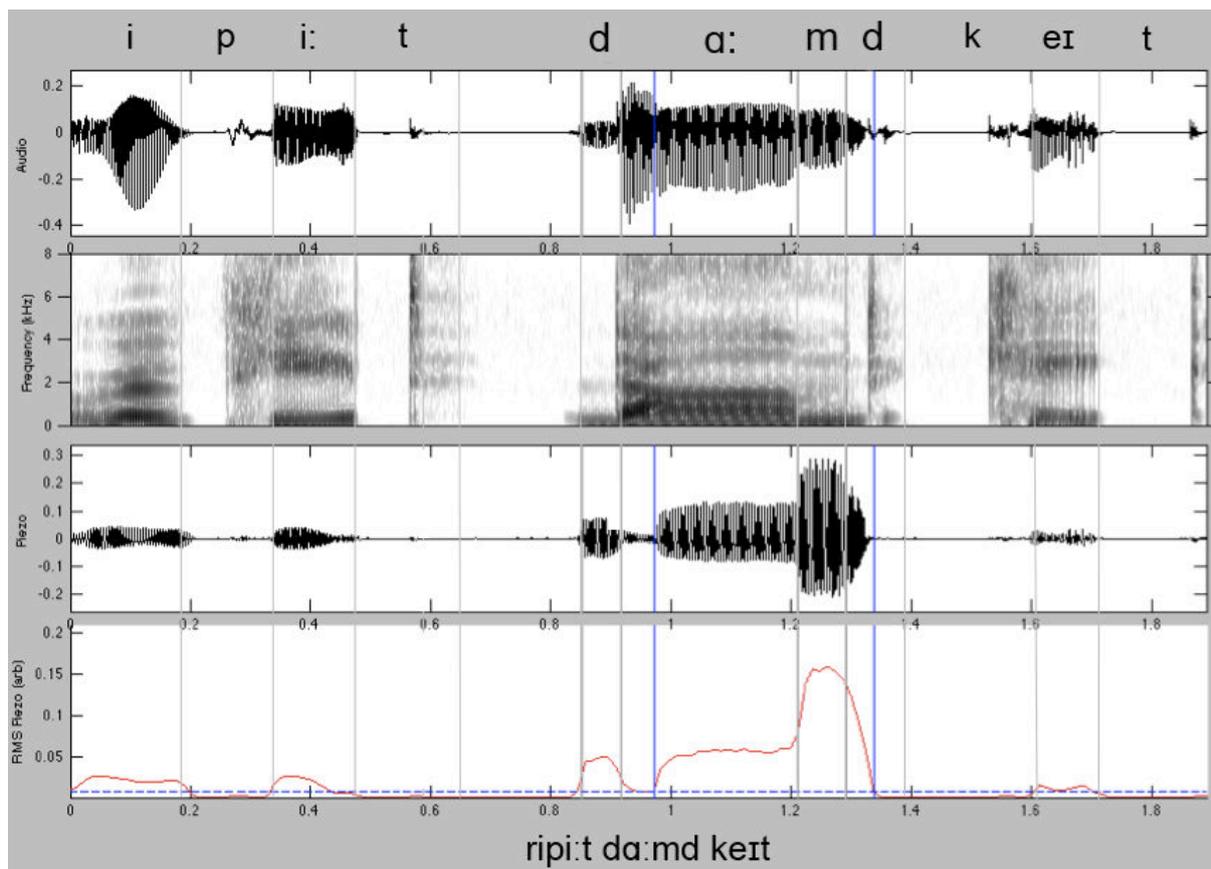


Figure 44 : Mesures de RMS et de durées. Logatome /da:md/ prononcé par le locuteur anglais. Du haut au bas : signal oral, spectrogramme, signal nasal, nasalisation anticipatoire à partir du signal nasal (en rouge), ligne bleu pointillée : seuil de nasalité pour la voyelle orale /ɑ:/, lignes bleues verticales : sélection manuelle du début et de la fin des vibrations nasales.

Nous avons ensuite traité les données statistiquement avec Statview⁵. Nous avons utilisé le test ANOVA ou ANCOVA.

Les cas où les consonnes finales C2 dans C1NVC2 n'ont pas été prononcées ont été éliminées, par exemple. pam#, cas où la consonne finale C2 /p/ n'a pas été prononcée.

La figure ci dessus illustre un exemple de nos données, que nous allons détailler. Le logatome est /da:md/.

/d/ : nous observons des vibrations au début de la réalisation de la consonne /d/. Ceci peut sembler inattendu. Ce retard est dû à un retard du relèvement du voile du palais après la pause : le voile du palais s'abaisse toujours pendant une pause dans la parole, que la pause soit respiratoire ou non. Ce début nasalisé de la consonne /d/ n'est pas perceptible. Seul compte le relâchement. La fin de la consonne (et son relâchement) et le début de la voyelle sont clairement oraux, sans vibration : un /d/ est perçu, non un /n/. Un relâchement oral est une condition nécessaire et suffisante pour qu'une consonne orale soit perçue.

⁵ logiciel d'analyses statistiques qui n'est plus maintenu depuis 2010

De tels phénomènes peuvent être par le « speech ready gesture ». Ci-dessous une figure qui illustre la grande variabilité du comportement du voile du palais après une pause (extrait de Vaissière, 1986, qui explique la plus grande variabilité du comportement du voile du palais après une pause que dans d'autres positions). La hauteur du voile du palais a été estimée à partir du système Microbeam. Le voile du palais est abaissé pendant la pause. Bien que le mot à prononcer commence par une consonne nasale, il se relève. Ce relèvement est interprété par Vaissière, 1986, comme un effet du « speech ready gesture » dont le timing par rapport au début du signal acoustique est relativement imprévisible. Les trois « mel », « melt » et « melt » ont été prononcés par le même locuteur. Dans le premier cas, le voile du palais se relève bien avant le début acoustique de /m/, alors que dans les autres cas, son relèvement est plus tardif. Le mouvement de la lèvre inférieure est par contre beaucoup plus uniforme, et il est remarquable que les mouvements des lèvres et du voile du palais ne soient pas coordonnés.

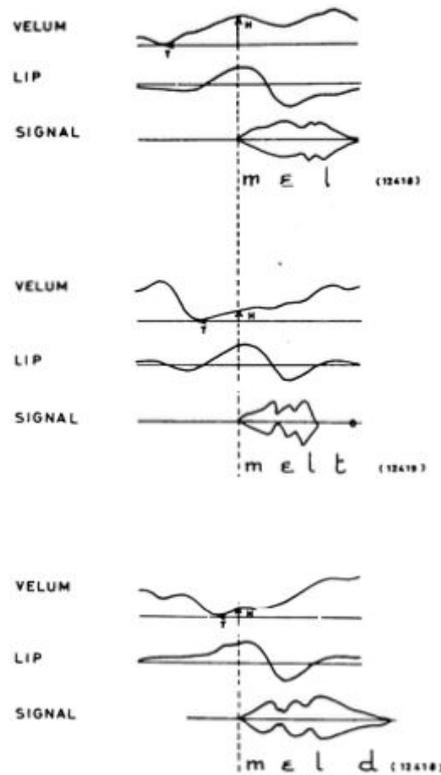


FIG. 10B.1. Time function of the vertical position of the velum pellet, the lower lip pellet, and envelope of the speech signal for three syllables with the initial consonant [m] and vowel [e]. T indicates the onset of the elevation of the velum, and H the height of the velum pellet at the voicing onset of the [m].

Figure 45 : Evolution de la position verticale du plomb collé sur le voile du palais en haut, et de la lèvre inférieure (milieu) et signal acoustique (bas) dans les mots “mel”, “melt” et “melt”, prononcés par un locuteur américain. Système Microbeam (Vaissière, 1986).

/a/ : Sur la figure 44, après un début oral, la voyelle est nettement nasalisée (nasalisation conservatrice).

/n/ : Les vibrations sont extrêmes durant la réalisation de la consonne /n/. Le surplus de vibrations durant la consonne /n/ est en grande partie dû à la fermeture du conduit oral : l'air sort uniquement par le nez, et le taux de vibrations augmente.

/d/ : la consonne finale est en grande partie nasalisée (nasalisation conservatrice).

Le chapitre suivant décrit les résultats.

Chapitre 4 : Résultats

Résumé du chapitre 4: Dans le contexte CVC, nous avons observé dans les cinq langues étudiées que la valeur RMS intrinsèque des vibrations nasales est plus élevée pour les voyelles hautes /I⁶/ et /U/ que pour les voyelles plus basses /E, A, O/ la voyelle /I/ ou la voyelle /U/ ayant le plus de vibrations nasales et voyelle /A/ ayant le moins de vibrations nasales dans la plupart des cas. Les mêmes résultats sont observés dans le contexte isolé dans toutes les langues.

Dans toutes les langues sauf l'anglais, les locuteurs n'ont pas été consistants lors des deux répétitions, surtout au niveau de la durée des voyelles.

3 langues sur les 5 produisent des voyelles plus longues acoustiquement que les consonnes en coda (anglais, bosnien et ourdou) et deux langues produisent des consonnes nasales plus longues que les voyelles (norvégien et français) dans les séquences CVNC.

Les locuteurs anglais réalisent la plus grande nasalisation anticipatoire et les locuteurs norvégiens et français réalisent la moins grande nasalisation anticipatoire.

Dans les 5 langues, la voyelle est nasalisée dans tous les cas au moins jusqu'à la moitié de celle-ci et la majorité des langues nasalise environ 80% des voyelles. Pour toutes les langues et tous les locuteurs, certaines voyelles qui ont été produites totalement nasalisées (100% visible dans les écarts types).

Nos résultats confirment ceux de Clumeck (1976) et Solé (1995), à savoir que la variation de la propagation de la nasalité observée dans les 5 langues étudiées ne peut pas être expliquée par la seule présence ou non des voyelles nasales phonologiques dans une langue donnée.

Les locuteurs anglais nasalisent plus la voyelle /A/ que les voyelles /E/ et /I/. Les locuteurs de bosnien, français et ourdou nasalisent plus la voyelle /A/ que la voyelle /I/. En norvégien, la différence pour la durée de la nasalisation anticipatoire en fonction de la voyelle n'est globalement pas significative.

Les tendances restent les mêmes pour la majorité des locuteurs dans chaque langue. Une stratégie unique de coarticulation nasale ne peut s'appliquer à toutes les langues. Plusieurs modèles peuvent être adéquats, et un modèle peut convenir à une langue mieux qu'un autre modèle. Les locuteurs de l'anglais américain ont tendance à réaliser une voyelle orale V longue suivie d'une consonne nasale N courte et nous retrouvons plus de nasalisation anticipatoire sur la voyelle orale V précédente. En norvégien où les locuteurs ont tendance à réaliser une voyelle orale V courte suivie d'une consonne nasale longue, on retrouvera moins de nasalisation anticipatoire sur la voyelle orale précédente qu'en anglais américain.

Les locuteurs d'ourdou ont aussi tendance à réaliser une voyelle orale V longue suivie d'une consonne nasale N courte tandis que les locuteurs français ont tendance à réaliser une consonne nasale N longue précédée d'une voyelle orale V courte. On observe plus de nasalisation anticipatoire en ourdou qu'en français.

Le modèle de Henke (1966) qui postule que la nasalisation commence aussitôt que possible peut être appliqué aux données d'anglais américain notamment si on le compare aux autres

⁶ Nous avons utilisé les archiphonèmes pour représenter les voyelles dans toutes les langues

langues. Le modèle de Beddor (2007) peut être appliqué aux données de norvégien. Le modèle de Bell-Berti (1981) semble mieux correspondre aux données du bosnien.

Les résultats du test de perception indiquent qu'il est difficile pour les auditeurs francophones de quantifier de façon continue un degré de nasalité. Pour eux soit la voyelle est orale soit elle est nasale mais ils ne perçoivent pas de la qualité nasale dans la voyelle nasalisée. Les auditeurs de l'ourdou semblent plus sensibles au degré de nasalité et pour eux il existe une corrélation entre la quantité de vibrations issue de l'AP et le degré de la nasalisation contextuelle perçue.

1. Valeurs intrinsèques RMS pour les voyelles orales dans les cinq langues

Nous présenterons dans les parties suivantes les résultats de deux études principales de cette thèse : 1) une étude sur la coarticulation nasale dans les cinq langues et 2) une étude sur la perception. Avant de présenter les résultats de ces deux études principales, nous présenterons ici, les résultats pour les valeurs intrinsèques RMS pour les voyelles orales dans les cinq langues. Le lecteur trouvera les résultats pour les valeurs intrinsèques RMS pour les voyelles orales présentés locuteur par locuteur dans chaque langue dans les annexes (voir annexe 1).

Nous allons présenter les valeurs moyennes de vibrations nasales (valeurs intrinsèques RMS) des voyelles orales dans le contexte isolé et dans le contexte CVC oral, C1 pouvant être : /p,t,k,b,d,g,f,s,ʃ,v,z,ʒ/ et C2 pouvant être : /p,t,k,b,d,g,f,s,ʃ,v,z,ʒ/, par exemple : « pup », « bug », etc.

Nous présentons les moyennes pour chaque langue (tous les locuteurs et les deux répétitions pris ensembles). Nous avons observé très peu de variations intra-locuteurs entre les deux répétitions. (Voir annexe 2).

Dans toutes les langues et pour les deux contextes, contexte isolé V et contexte CVC, nous avons observé en général plus de vibrations nasales pour les voyelles hautes que pour les voyelles plus basses. Notons toutefois que la voyelle /a/ en norvégien a, en contexte isolé des valeurs similaires à celles du /e/ et une valeur un peu plus élevée que celle pour la voyelle /o/.

1.1 Anglais américain

En anglais, nous avons calculé les valeurs intrinsèques RMS de vibrations nasales pour quatre voyelles orales /ɪ, e, ɑː, ʊ/ en contexte CVC. Nous n'avons pas analysé la voyelle /ɔː/ car nos locuteurs américains n'ont pas fait de distinction dans la prononciation de /ɑː/ et de /ɔː/ (Wells, 1982 p. 473-476). Les locuteurs n'ont pas réussi à prononcer correctement les voyelles relâchées /ɪ, e, ʊ/ en contexte isolé, car ces voyelles ne se trouvent jamais à l'isolé. C'est pourquoi nous avons éliminé les voyelles relâchées /ɪ, e, ʊ/ en contexte isolé et nous avons calculé les valeurs intrinsèques RMS de vibrations nasales pour ces trois voyelles orales /iː, ɑː, uː/ en contexte isolé.

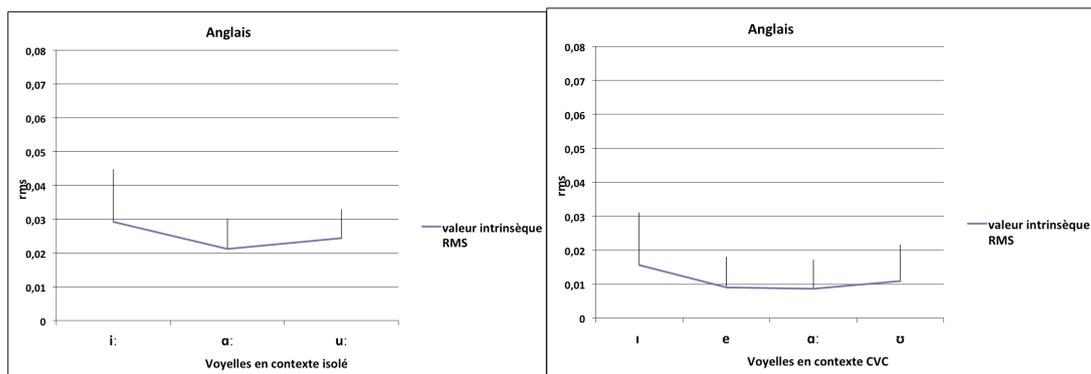


Figure 46 : La moyenne RMS (V_{RMS}) des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour l'anglais.

Nous avons observé en anglais pour les deux contextes, isolé et CVC, plus de vibrations nasales pour les voyelles hautes que pour les voyelles basses.

Tableau 13 : Valeurs RMS des voyelles orales en contexte isolé en haut et en context CVC en bas pour l'anglais (tous les locuteurs et les deux répétitions pris ensemble)

Anglais : contexte isolé				
Voyelle	i:	a:	u:	
Moyennes de RMS (V_{RMS})	0,0292	0,0211	0,0243	
Ecart-Types	0,0099	0,0085	0,0071	
Anglais : contexte CVC				
Voyelle	i	e	a :	u
Moyennes de RMS (V_{RMS})	0,0155	0,0090	0,0086	0,0108
Ecart-Types	0,0032	0,0017	0,0021	0,0043

Nous constatons que les voyelles ont globalement plus de vibrations nasales quand elles sont prononcées à l'isolé.

1.2 Bosnien

Nous avons calculé les valeurs intrinsèques RMS des vibrations captées avec l'AP pour cinq voyelles orales en bosnien /i, e, a, o, u/ en contexte isolé et en contexte CVC.

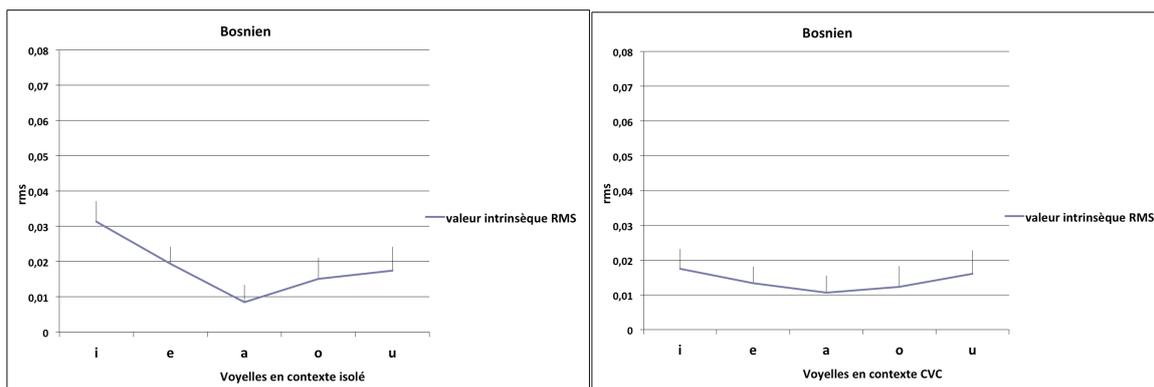


Figure 47 : La moyenne RMS (V_{RMS}) des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le Bosnien.

Nous avons observé en bosnien, pour le contexte CVC, plus de vibrations captées avec l'AP pour les voyelles hautes que pour les voyelles basses. Pour le contexte isolé, nous avons observé plus de vibrations nasales pour la voyelle haute /i/ que pour les autres voyelles, le classement donne : i>e>u>o>a. Nous observons en contexte isolé un peu plus de vibrations nasales pour la voyelle /e/ que pour la voyelle /u/.

Tableau 14 : Valeurs RMS des voyelles orales en contexte isolé en haut et en contexte CVC en bas pour le bosnien (tous les locuteurs et les deux répétitions pris ensemble)

Bosnien : contexte isolé					
Voyelle	I	e	a	o	u
Moyennes de RMS (V_{RMS})	0,0313	0,0193	0,0084	0,0150	0,0173
Ecart-Types	0,0105	0,0135	0,0052	0,0113	0,0084
Bosnien : contexte CVC					
Voyelle	I	e	a	o	U
Moyennes de RMS (V_{RMS})	0,0174	0,0144	0,0118	0,0135	0,0164
Ecart-Types	0,0057	0,0047	0,0049	0,0059	0,0068

Si en anglais, les voyelles produites à l'isolé étaient produites avec plus de vibrations captées avec l'AP, en bosnien, nous ne retrouvons pas cette distinction. Certaines voyelles ayant plus de vibrations à l'isolé et d'autres plus de vibrations en contexte.

1.3 Français

Nous avons calculé les valeurs intrinsèques RMS pour cinq voyelles orales en français /i, e, a, o, u/ en contexte isolé et en contexte CVC.

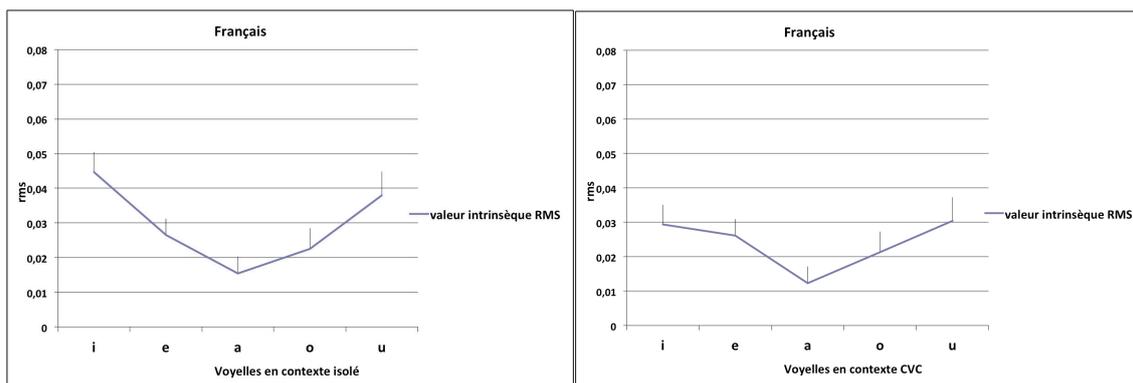


Figure 48 : La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le français

Nous avons observé en français, pour les deux contextes, isolé et CVC, plus de vibrations captées avec l'AP pour les voyelles hautes que pour les voyelles basses.

Tableau 15 : Valeurs RMS des voyelles orales en contexte isolé en haut et en contexte CVC en bas pour le français (tous les locuteurs et les deux répétitions pris ensemble)

Français contexte isolé					
Voyelle	i	e	a	o	u
Moyenne des deux répétitions	0,0447	0,0264	0,0153	0,0225	0,0379
Ecart-Types	0,0226	0,0129	0,0073	0,0092	0,0212
Français contexte CVC					
Voyelle	i	e	a	o	u
Moyenne des deux répétitions	0,0293	0,0261	0,0122	0,0213	0,0304
Ecart-Types	0,0122	0,0109	0,0039	0,0080	0,0124

En français, comme en anglais mais dans une moindre mesure, nous retrouvons plus de vibrations captées avec l'AP pour les voyelles à l'isolé.

1.4 Norvégien

Nous avons calculé les valeurs intrinsèques RMS pour cinq voyelles orales en norvégien /i, ε, a, o, u/ en contexte isolé et en contexte CVC. Le norvégien possède une distinction de longueur et toutes ces voyelles ont aussi leur voyelle correspondante longue /i:, e:, a:, o:, u:/. A l'isolé, les locuteurs n'ont pas vraiment réussi à prononcer les voyelles courtes comme courtes et les voyelles longues comme longues. Nous avons mélangé toutes les productions de ces voyelles à l'isolé. Dans les graphiques, nous avons mis les symboles /i,

e, a, o, u/ pour ces voyelles, sans distinction de longueur. En contexte CVC, les locuteurs n'ont pas eu de problèmes de prononciation et la valeur moyenne RMS de ces voyelles a été calculée pour les voyelles courtes /i, ε, a, ɔ, u/ uniquement.

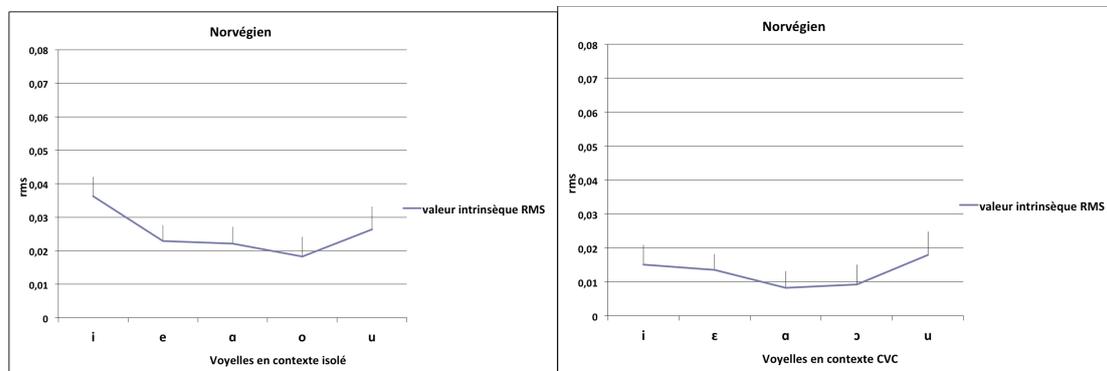


Figure 49 : La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le norvégien.

Nous avons observé en norvégien, en contexte CVC, plus de vibrations captées avec l'AP pour les voyelles hautes que pour les voyelles basses. Pour le contexte isolé, nous avons observé plus de vibrations captées avec l'AP pour la voyelle haute /i/ que pour les autres voyelles, le classement donne : i>u>e>o> a.

Tableau 16 : Valeurs RMS des voyelles orales en contexte isolé, en haut, et en contexte CVC, en bas, pour le norvégien (tous les locuteurs et les deux répétitions pris ensemble)

Norvégien : contexte isolé					
Voyelle	i	e	a	o	U
Moyennes	0,0362	0,0228	0,0221	0,0182	0,0263
Ecart-Types	0,0201	0,0159	0,0150	0,0168	0,0205
Norvégien : contexte CVC					
Voyelle	i	ε	a	ɔ	U
Moyennes	0,0151	0,0134	0,0082	0,0092	0,0180
Ecart-Types	0,0073	0,0038	0,0019	0,0025	0,0117

Le norvégien comme l'anglais montre plus de vibrations captées avec l'AP pour les voyelles à l'isolé.

1.5 Ourdou

Nous avons calculé les valeurs intrinsèques RMS pour cinq voyelles orales en ourdou /i, e, a, o, u/ en contexte isolé et en contexte CVC. L'ourdou possède la distinction de

longueur et toutes ces voyelles ont aussi leur voyelle correspondante longue /i:, e:, a:, o:, u:/. A l'isolé, les locuteurs n'ont pas vraiment réussi à prononcer les voyelles courtes comme courtes et les voyelles longues comme longues. Nous avons mélangé toutes les productions de ces voyelles à l'isolé. Dans les graphiques, nous avons mis les symboles /i, e, a, o, u/ pour ces voyelles. En contexte CVC, les locuteurs n'ont pas eu de problèmes de prononciation et la valeur moyenne RMS de ces voyelles a été calculée pour les voyelles courtes /i, e, a, o, u/.

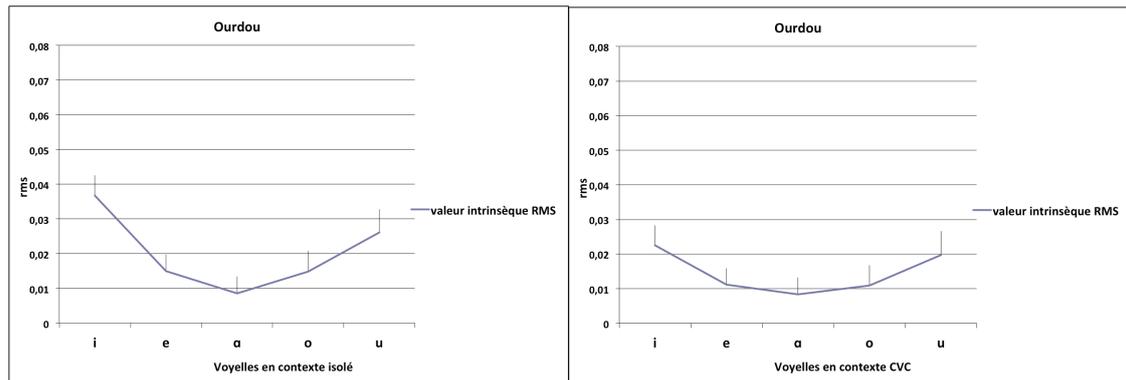


Figure 50 : La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour l'ourdou

Nous avons observé en ourdou, pour les deux contextes, isolé et CVC, plus de vibrations captées avec l'AP pour les voyelles hautes que pour les voyelles basses.

Tableau 17 : Valeurs RMS des voyelles orales en contexte isolé, en haut, et en contexte CVC, en bas, pour l'ourdou (tous les locuteurs et les deux répétitions pris ensemble).

Ourdou contexte isolé					
Voyelle	i	e	a	o	u
Répétition 1	0,0367	0,0150	0,0085	0,0148	0,0260
Ecart-Types	0,0179	0,0059	0,0035	0,0054	0,0141
Ourdou contexte CVC					
Voyelle	i	e	a	o	u
Répétition 1	0,0225	0,0111	0,0082	0,0109	0,0197
Ecart-Types	0,0117	0,0034	0,0023	0,0040	0,0130

Tout comme pour le bosnien, il n'y a pas de différence de vibrations captées avec l'AP entre les voyelles produites à l'isolé et celles produite en contexte.

Pour toutes les langues, nos résultats montrent que dans le contexte CVC, la valeur RMS intrinsèque des vibrations captées avec l'AP est plus importante pour les voyelles hautes que

pour les voyelles plus basses : /I/ et /U/ > /E/ >/O/ > /A/. Nos résultats sont en accord avec ceux trouvés par Hirano *et al.* (1966) ; Clarke et Mackiewicz-Krassowska (1977) ; Larson et Hamlet (1987).

Nos résultats montrent par ailleurs que, en général, dans le contexte isolé dans toutes les langues, la valeur RMS intrinsèque des vibrations captées avec l'AP est plus grande pour les voyelles hautes /I/ et /U/ que pour les voyelles plus basses /E/ et/ou /O/ et /A/, la voyelle /I/ ayant le plus de vibrations captées avec l'AP et voyelle /A/ ayant le moins de vibrations captées avec l'AP. En bosnien, la voyelle /E/ a plus de vibrations captées avec l'AP que la voyelle /U/. En norvégien, la voyelle /A/ a plus de vibrations nasales que la voyelle /O/. Nous observons, par ailleurs, que les vibrations captées avec l'AP sont en général plus importantes pour les voyelles à l'isolée que pour les voyelles en contexte CVC. Nous pouvons faire deux hypothèses :

- | | |
|----|--|
| 1) | les voyelles fermées sont articulatoirement plus fermées à l'isolé qu'en contexte : une plus grande fermeture implique plus de pression dans la cavité buccale et se traduit par une plus grande conduction osseuse qu'il est possible de visualiser via les vibrations captées avec l'AP, |
| 2) | le voile du palais est toujours abaissé pendant la pause, et la pause est équivalente à la présence d'une consonne nasale : la voyelle est nasalisée par anticipation de l'abaissement du voile du palais. Vaissière (1986) avait observé que dans la suite NC avant une pause, le voile du palais ne se relevait pas. |

Notons toutefois que nous avons observé des variations interlocuteurs, surtout pour le contexte isolé et en particulier en anglais où nous avons observé que la voyelle plus basse /ɑ:/ a une valeur RMS intrinsèque des vibrations captées avec l'AP plus grande que la voyelle plus basse /u:/ ou parfois même plus que la voyelle /i:/ chez certains locuteurs. Par exemple, chez le locuteur anglais 3, la voyelle /ɑ:/ a une valeur RMS de 0,0284, la valeur /i:/ 0, 0139 et la voyelle /u:/ 0,0121 (Voir annexe 2). En anglais néanmoins, la voyelle /u/ a un F1 plus élevé qu'en français ce qui peut impliquer une moins grande fermeture.

Dans la suite, le lecteur trouvera les résultats de deux études principales de cette thèse : 1) une étude sur la coarticulation nasale dans les cinq langues et 2) une étude sur la perception. Le lecteur trouvera dans le chapitre suivant les résultats les plus représentatifs. Tous les autres résultats se trouvent dans les annexes.

2. La coarticulation nasale en terme de vibrations nasales

2.1 Variabilité entre les deux répétitions pour les différents locuteurs et dans les différentes langues

Nous avons fait un test ANOVA avec un taux de significativité à $p < 0.05$ par défaut. L'ensemble des résultats statistiques pour chaque locuteur se trouve en annexe.

Nous avons observé que dans toutes les langues sauf l'anglais, bosnien, français, norvégien et ourdou, les locuteurs n'ont pas été consistants lors des deux répétitions, surtout au niveau de la durée des voyelles, ce qui a eu un impact sur les autres mesures. Ils ont produit une voyelle et une consonne nasale CVNC plus longues dans la première répétition par rapport à la seconde répétition (voir annexe 3) Nous pouvons émettre l'hypothèse que la première lecture a permis au locuteur de se familiariser avec le corpus.

2.2 Variabilité intra-langue

Nous avons fait une comparaison intra-langue pour les cinq langues étudiées. Etant donné que nous avons observé des variations entre les deux répétitions pour 4 langues sur 5, nous avons décidé de faire la comparaison intra-langue répétition par répétition séparément dans chaque langue. L'ensemble des résultats statistiques pour chaque langue se trouve en annexe.

Nous avons fait un test ANOVA avec un taux de significativité à $p < 0.05$ par défaut.

Pour l'ensemble de nos 5 locuteurs de chaque langue et pour les deux répétitions nous avons trouvé une différence significative pour chacune des 4 mesures dont nous parlons dans cette recherche. Ce qui montre une grande variabilité de production pour chaque locuteur. (Voir annexe 4)

Il est donc difficile de regrouper les mesures pour tous les locuteurs. Nous allons décrire les résultats de chaque locuteur et chaque répétition et voir si ces résultats sont reproductibles pour tous les locuteurs et pour toutes les répétitions.

2.1.1 Durée de la voyelle orale par rapport à la durée de la consonne nasale en coda

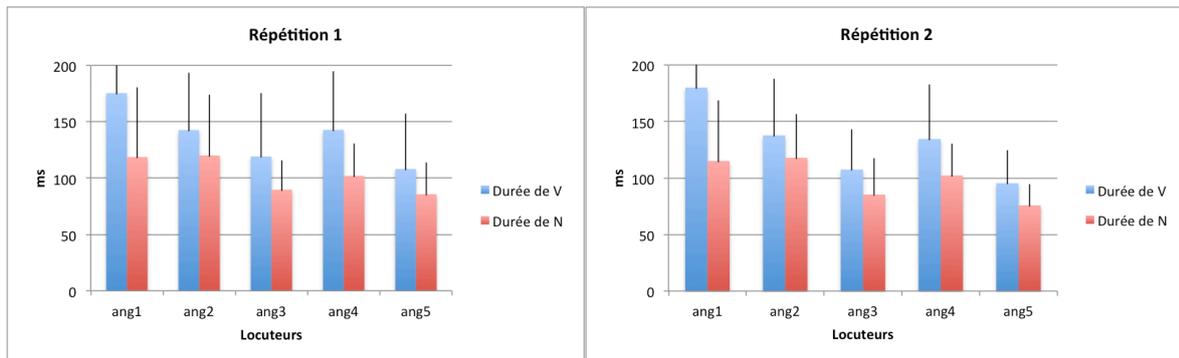


Figure 51 : Durée de la voyelle V en bleu et durée de la consonne nasale N en rouge pour les cinq locuteurs anglais : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.

Nous observons que tous les locuteurs anglais ont la même tendance à réaliser les voyelles V plus longues que les consonnes nasales N.

Tableau 18 : Différence entre la durée de la voyelle V et la durée de la consonne N en anglais. Les valeurs sont obtenues en soustrayant la valeur de la durée du N à la valeur de la durée de V

Répétition 1				
Loc. 1=56	Loc. 2=23	Loc.3=29	Loc.4=41	Loc.5=22
Répétition 2				
Loc.1=65	Loc.2=20	Loc.3=22	Loc.4 =32	Loc.5=19

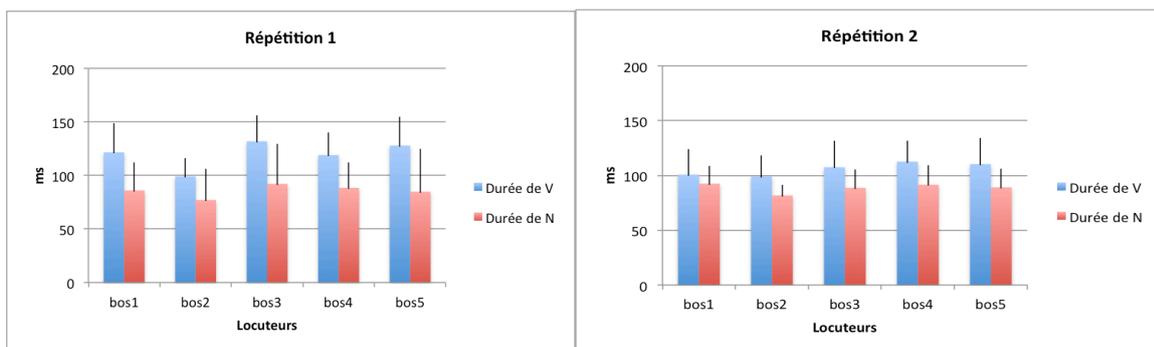


Figure 52 : Durée de la voyelle V en bleu et durée de la consonne nasale N en rouge pour les cinq locuteurs bosniens : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.

Nous observons que tous les locuteurs bosniens ont la même tendance à réaliser les voyelles V plus longues que les consonnes nasales N comme pour l'anglais.

Tableau 19 : Différence entre la durée de la voyelle V et la durée de la consonne N en bosnien. Les valeurs sont obtenues en soustrayant la valeur u de la durée du N à la valeur de la durée de V

Répétition 1				
Loc.1=36	Loc.2=22	Loc.3=40	Loc.4=31	Loc.5=43
Répétition 2				
Loc.1=9	Loc.2=17	Loc.3=18	Loc.4 =21	Loc.5=21

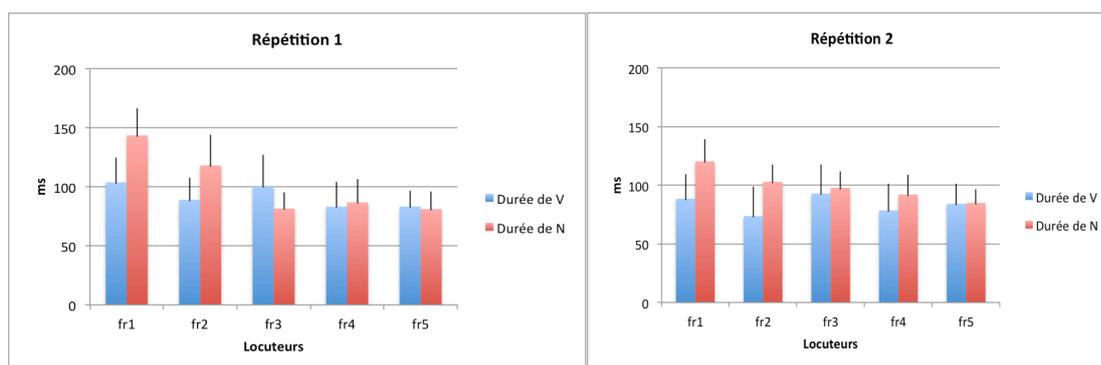


Figure 53 : Durée de la voyelle V en bleu et durée de la consonne nasale N en rouge pour les cinq locuteurs français : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.

En français, dans la 1^{ère} répétition, 3 locuteurs sur cinq (loc1, loc2 et loc4) ont tendance à réaliser une consonne nasale plus longue que la voyelle V. Dans la 2^{ème} répétition, tous les locuteurs ont tendance à réaliser une consonne plus longue que la voyelle V.

Nous pouvons donc en conclure que contrairement à l'anglais et le bosnien, le français a eu plus grande liberté dans la production de ses voyelles et consonne en ce qui concerne la durée acoustique. Cette liberté peut être due au fait que la suite CVNC n'est pas courante en français contemporain.

Tableau 20 : Différence entre la durée de la voyelle V et la durée de la consonne N en français. Les valeurs sont obtenues en soustrayant la valeur de la durée du N à la valeur de la durée de V.

Répétition 1				
Loc. 1= - 40	Loc. 2= - 29	Loc.3= 18	Loc.4= - 4	Loc.5= 2
Répétition 2				
Loc.1= - 32	Loc.2= - 29	Loc.3= - 3	Loc.4 = - 14	Loc.5= - 1

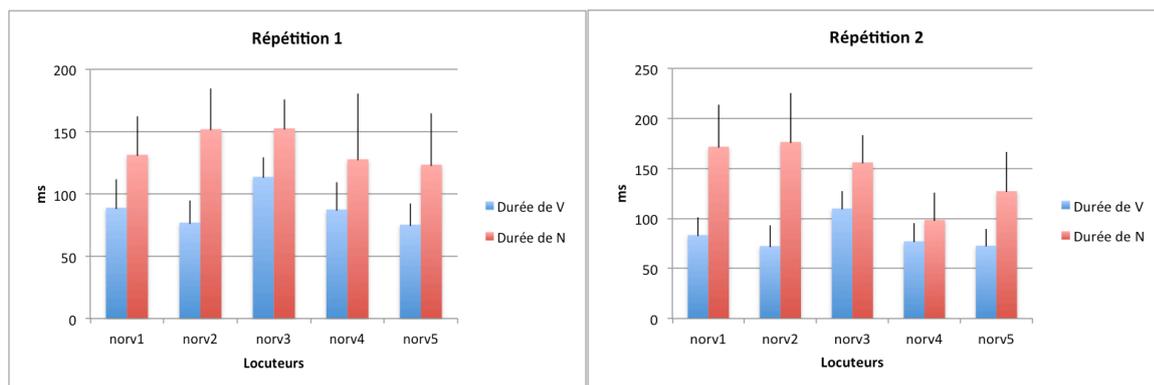


Figure 54 : Durée de la voyelle V en bleu et durée de la consonne nasale N en rouge pour les cinq locuteurs norvégiens : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite

Nous observons que tous les locuteurs norvégiens ont la même tendance à réaliser les consonnes nasales N plus longues que les voyelles V.

Tableau 21 : Différence entre la durée de la voyelle V et la durée de la consonne N en norvégien. Les valeurs sont obtenues en soustrayant la valeur de la durée du N à la valeur de la durée de V

Répétition 1				
Loc 1= - 42	Loc 2= -75	Loc3= -39	Loc4= - 41	Loc5= -49
Répétition 2				
Loc1= - 89	Loc2= - 104	Loc3= - 46	Loc4 = - 22	Loc5= -54

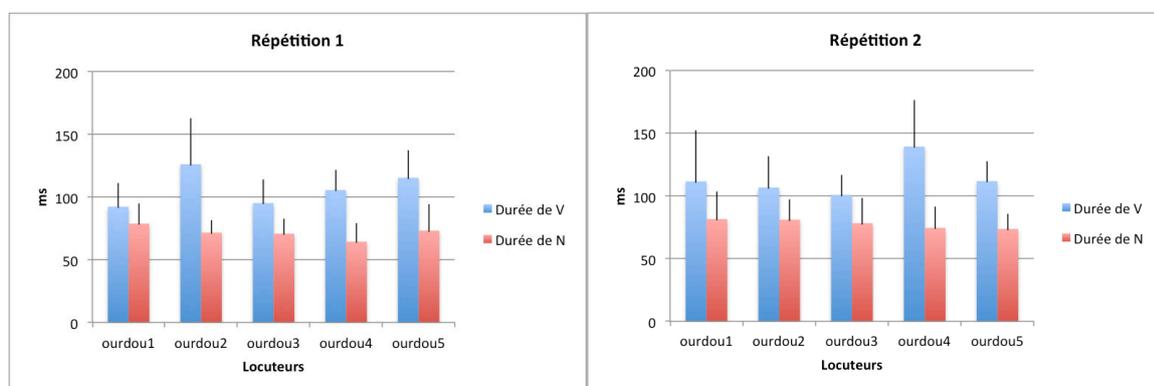


Figure 55 : Durée de la voyelle V en bleu et durée de la consonne nasale N en rouge pour les cinq locuteurs ourdous : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite

Nous observons que tous les locuteurs ourdous ont la même tendance à réaliser les voyelles V plus longues que les consonnes nasales N.

Tableau 22 : Différence entre la durée de la voyelle V et la durée de la consonne N en ourdou. Les valeurs sont obtenues en soustrayant la valeur de la durée du N à la valeur de la durée de V

Répétition 1				
Loc 1= 14	Loc 2= 55	Loc3= 25	Loc4= 42	Loc5= 42
Répétition 2				
Loc1= 30	Loc2= 26	Loc3= 23	Loc4 = 64	Loc5= 38

En ce qui concerne les langues, 3 langues sur les 5 produisent des voyelles plus longues acoustiquement que les consonnes en coda (anglais, bosnien et ourdou) et deux langues produisent des consonnes nasales plus longues que les voyelles (norvégien et français) dans les séquences CVNC.

Il est intéressant de voir qu'il n'existe pas une seule stratégie pour produire une séquence VN et que c'est lié à la langue. Ceci est peut-être dû à une syllabification différente dans les langues. Le français par exemple privilégie les séquences CV et une consonne nasale peut être plus aisément allongée qu'une consonne occlusive. Comme CVNC est peu commune, il se peut que les locuteurs aient joué sur la longueur pour maintenir une structure syllabique CVCV.

2.1.2 Durée de la nasalisation anticipatoire

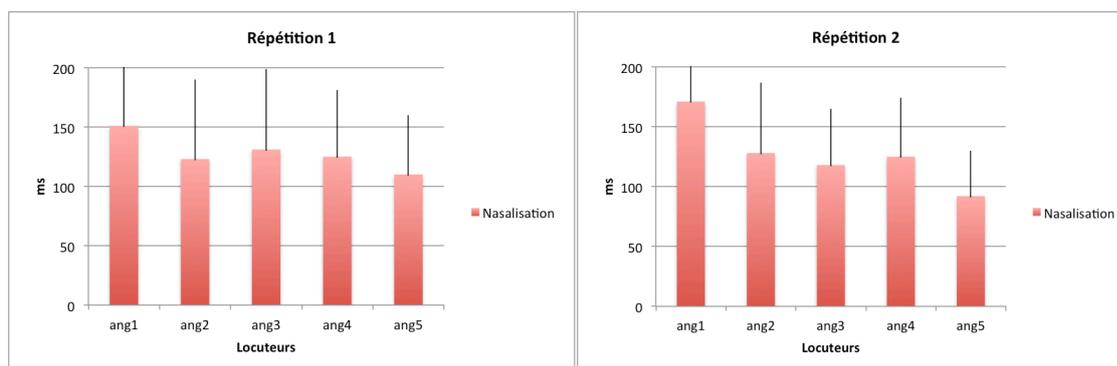


Figure 56 : Durée de la nasalisation anticipatoire en ms pour les cinq locuteurs anglais : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.

Nous observons une grande variabilité dans la production de la nasalisation anticipatoire en anglais.

Les anglais américains produisent dans l'ensemble une très grande nasalisation anticipatoire. Nous verrons en comparant dans les graphiques pour les autres langues que ce sont les locuteurs anglais qui nasalisent le plus la voyelle qui se trouve avant la consonne nasale.

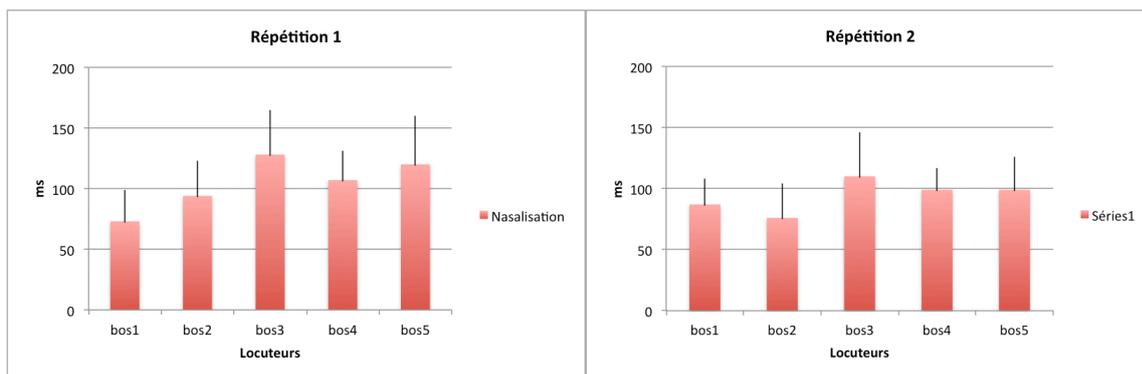


Figure 57 : Durée de la nasalisation anticipatoire en ms pour les cinq locuteurs bosniens : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite

Nous observons une grande variabilité dans la production de la nasalisation anticipatoire en bosnien.

Les bosniens produisent dans l'ensemble une nasalisation anticipatoire de longue durée mais cette durée est moins grande que celle que les locuteurs anglais produisent.

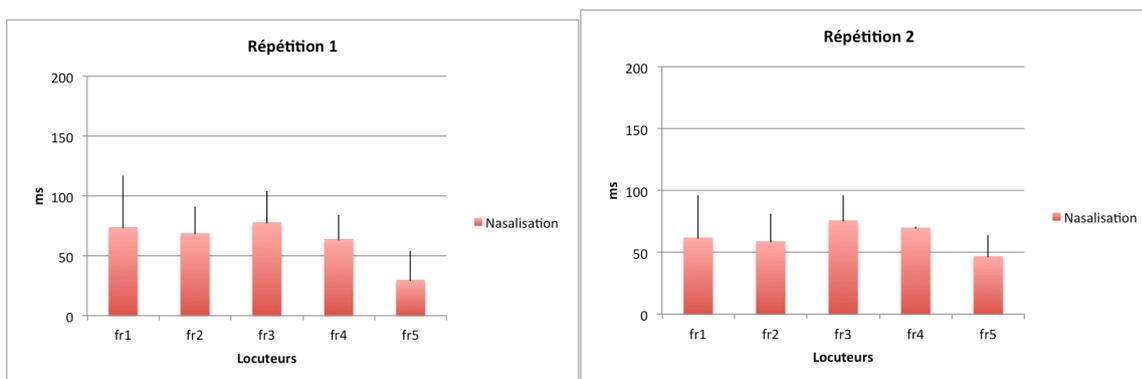


Figure 58 : Durée de la nasalisation anticipatoire en ms pour les cinq locuteurs français : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite

Nous observons une grande variabilité dans la production de la nasalisation anticipatoire en français.

Les français produisent dans l'ensemble une nasalisation anticipatoire d'assez longue durée mais son empan est moins long que celle que les locuteurs anglais et les locuteurs bosniens produisent. Il est intéressant de constater que la longueur des voyelles et de N du français se rapproche plus de celle du bosnien que de l'anglais et pourtant la stratégie de nasalisation est différente dans ces deux langues.

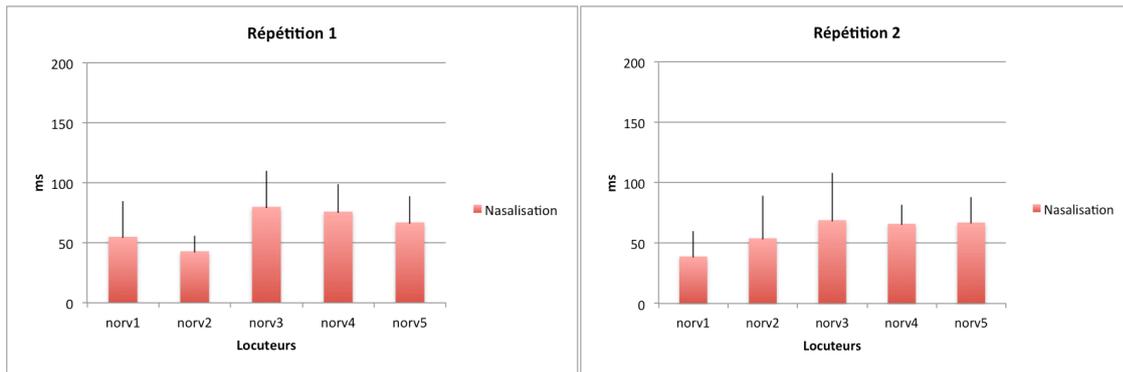


Figure 59 : Durée de la nasalisation anticipatoire en ms pour les cinq locuteurs norvégiens : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.

Nous observons une grande variabilité dans la production de la nasalisation anticipatoire en norvégien.

Les norvégiens produisent dans l'ensemble une nasalisation anticipatoire mais elle est moins grande que celle que les locuteurs anglais et les locuteurs bosniens produisent. Elle ressemble à celle que les locuteurs français produisent. Il est intéressant de noter que le norvégien se rapproche également du français en ce qui concerne la durée acoustique de V et N.

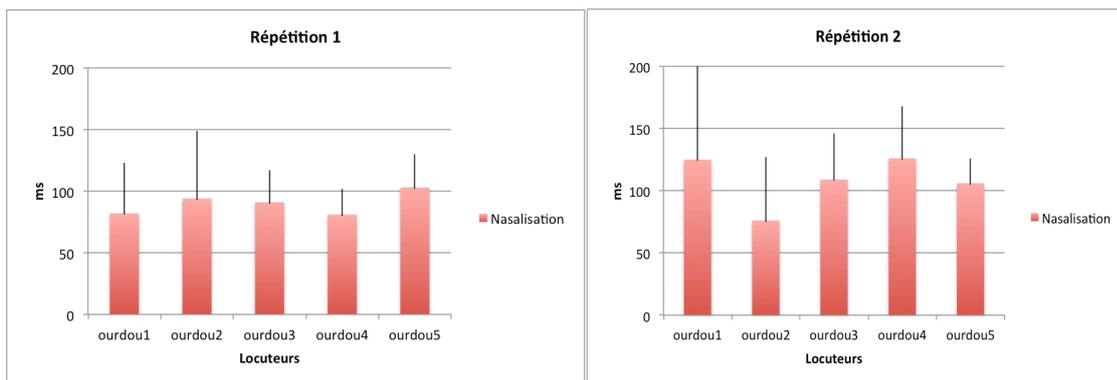


Figure 60 : Durée de la nasalisation anticipatoire en ms pour les cinq locuteurs ourdous : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite

Nous observons une grande variabilité dans la production de la nasalisation anticipatoire en ourdou.

Les ourdous produisent dans l'ensemble une grande nasalisation anticipatoire mais elle est moins grande que celle que les locuteurs anglais produisent. Elle ressemble à celle que les locuteurs bosniens. Et elle est plus grande que celle que les locuteurs norvégiens et les locuteurs français produisent.

En résumé, les locuteurs anglais réalisent la plus grande nasalisation anticipatoire et c'est également eux qui produisent les voyelles orales les plus longues et les locuteurs norvégiens et français réalisent la moins grande nasalisation anticipatoire, pour lesquels nous avons noté qu'ils produisaient une consonne nasale plus longue que la voyelle orale précédente.

2.1.3 Nasalisation anticipatoire en % par rapport à la durée de la voyelle

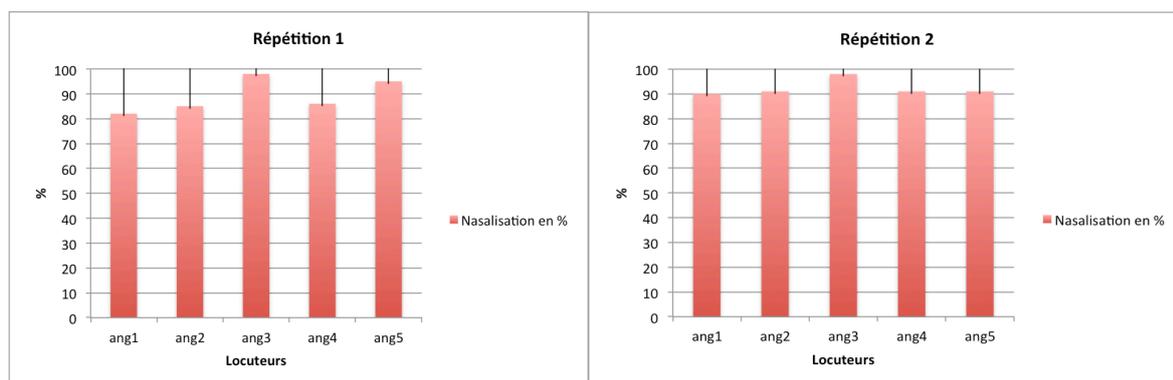


Figure 61 : Pourcentage de la nasalisation anticipatoire en % par rapport à la durée des voyelles pour les cinq locuteurs anglais : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.

Nous observons que tous les locuteurs anglais ont tendance à nasaliser la voyelle à 90% et plus (de 90 % à 98%) dans la 2^{ème} répétition. Dans la première répétition tous les locuteurs ont tendance à nasaliser la voyelle à 85 % ou plus (de 85 à 98) sauf le locuteur 1 qui nasalise la voyelle à 82 % dans la 1^{ère} répétition.

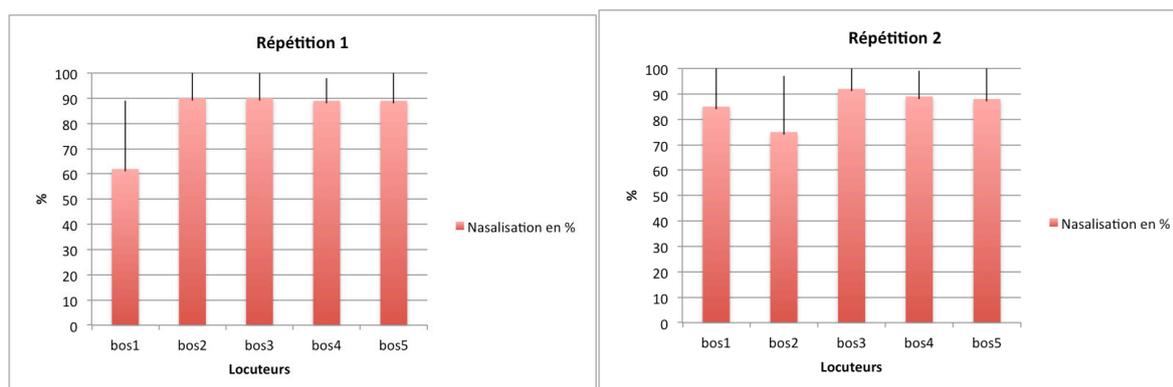


Figure 62 : Pourcentage de la nasalisation anticipatoire en % par rapport à la durée des voyelles pour les cinq locuteurs bosniens : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.

Nous observons que dans les deux répétitions, 3 locuteurs sur cinq (loc3, loc4 et loc5) ont tendance à nasaliser la voyelle de 88% à 92%. Le locuteur bosnien 1 nasalise la voyelle à 87% dans la 2^{ème} répétition et à 62% dans la 1^{ère} répétition. Le locuteur bosnien 2 nasalise la voyelle à 76% dans la 2^{ème} répétition et à 90% dans la 1^{ère} répétition.

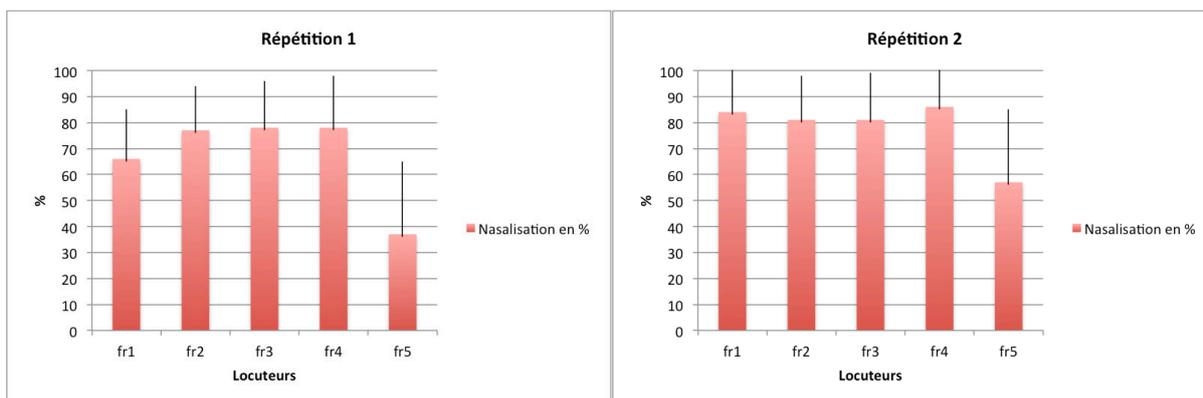


Figure 63 : Pourcentage de la nasalisation anticipatoire en % par rapport à la durée des voyelles pour les cinq locuteurs français : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.

En français, nous observons que la majorité des locuteurs (loc2, loc3 et loc4) nasalisent la voyelle à 77% ou 78% dans la 1^{ère} répétition. Le locuteur 1 nasalise la voyelle à 66% dans la 1^{ère} répétition et le locuteur 5 nasalise la voyelle à seulement 37% dans la 1^{ère} répétition. Dans la 2^{ème} répétition, la majorité des locuteurs (loc 2, loc3 et loc4) nasalisent la voyelle à 81% ou à 86%. Le locuteur 1 nasalise la voyelle à 84% dans la 1^{ère} répétition et à 57% dans la 2^{ème} répétition. Nous observons une grande variabilité interlocuteurs en français.

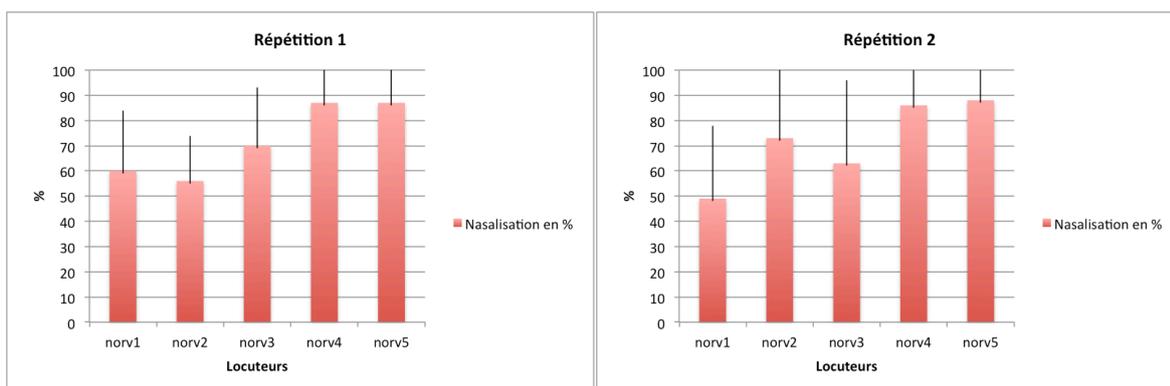


Figure 64 : Pourcentage de la nasalisation anticipatoire en % par rapport à la durée des voyelles pour les cinq locuteurs norvégiens : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.

Nous observons en norvégien, dans la 1^{ère} répétition que la majorité des locuteurs, 3 sur 5 (loc1, loc2 et loc3) nasalisent la voyelle de 56 à 70%. Dans la 2^{ème} répétition, ces mêmes locuteurs (loc1, loc2 et loc3) nasalisent la voyelle de 49 à 73%. Les locuteurs 4 et 5 nasalisent la voyelle de 86 à 88% dans les deux répétitions. Nous observons une grande variabilité interlocuteurs en norvégien.

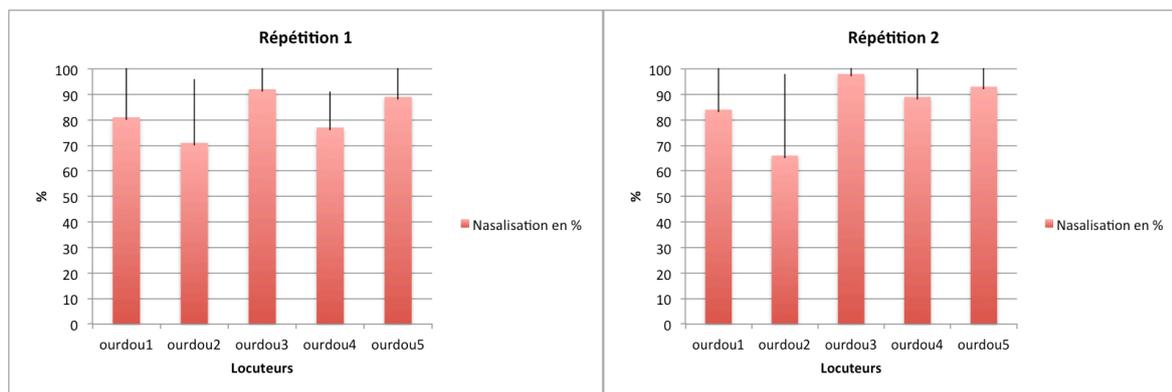


Figure 65 : Pourcentage de la nasalisation anticipatoire en % par rapport à la durée des voyelles pour les cinq locuteurs ourdou : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.

En ourdou, nous observons que dans la 1^{ère} répétition, les locuteurs nasalisent la voyelle de 71 à 92 % et dans la 2^{ème} répétition de 65 à 98 %. Nous observons une grande variabilité interlocuteurs en ourdou.

Dans les 5 langues, la voyelle est nasalisée dans tous les cas au moins jusqu'à la moitié de celle-ci et la majorité des langues nasalise environ 80% des voyelles. Pour toutes les langues et tous les locuteurs, certaines voyelles ont été produites totalement nasalisées (100% visible dans les écart types).

2.1.4 Durée de la nasalisation anticipatoire par rapport à la durée de la consonne nasale

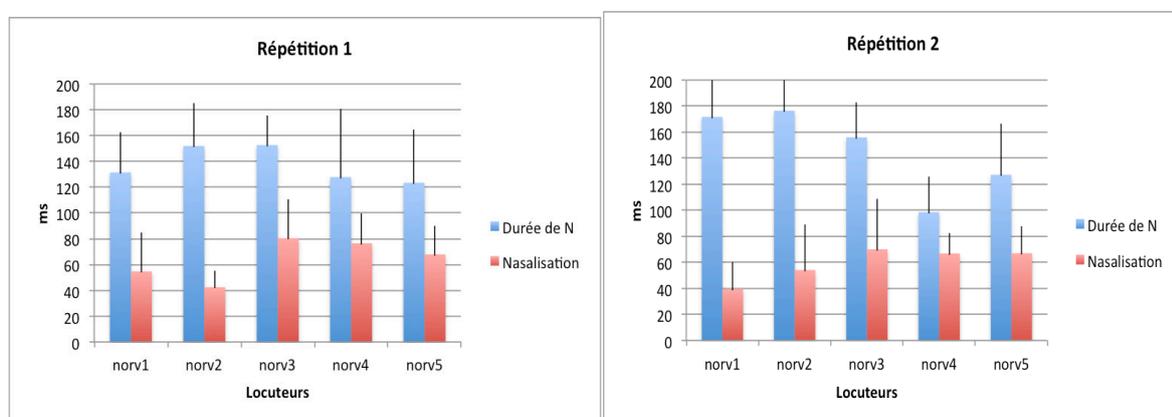


Figure 66 : Durée de la nasalisation anticipatoire en ms par rapport à la durée de la consonne nasale N pour les cinq locuteurs norvégiens : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.

Nous observons que, en norvégien, dans les deux répétitions, les locuteurs 5 et 4 qui ont réalisé les consonnes nasales plus courtes ont nasalisé les voyelles en ms et en % plus que les autres locuteurs qui ont réalisé des consonnes nasales plus longues (loc 1, loc 2 et loc 3).

Tableau 23 : La durée de la consonne nasale N, la durée de l'anticipation en ms (ANT) et l'anticipation en % (ANT%) en norvégien.

Différence entre la durée de l'anticipation et de la consonne N en norvégien				
Répétition 1				
Loc 5	Loc 4	Loc3	Loc 2	Loc1
N= 124	N= 128	N=153	N=152	N=131
ANT= 67	ANT= 76	ANT=80	ANT=43	ANT=55
ANT%=87	ANT%=87	ANT%=70	ANT%=56	ANT%=60
Répétition 2				
Loc 5	Loc 4	Loc3	Loc2	Loc1
N= 127	N= 99	N=156	N=176	N=172
ANT=67	ANT = 66	ANT=69	ANT=54	ANT=39
ANT%= 88	ANT%=86	ANT%=63	ANT%=73	ANT%=49

Dans les autres langues, nous n'avons pas trouvé de corrélation entre la durée de la consonne nasale N et la durée de nasalisation (Voir annexe 4).

2.1.5 Durée de la nasalisation anticipatoire en fonction de la voyelle

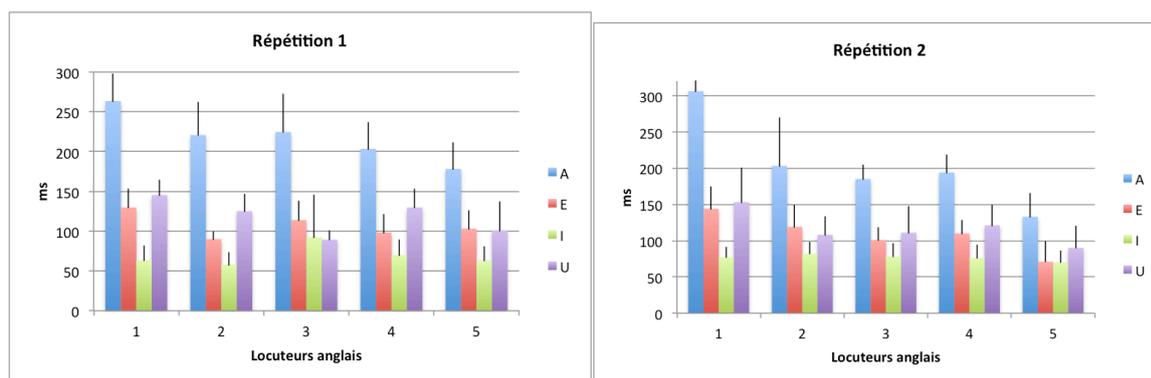


Figure 67 : Durée de la nasalisation anticipatoire en ms en fonction de la voyelle pour les cinq locuteurs anglais : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.

Nous observons que tous les locuteurs anglais dans les deux répétitions ont tendance à nasaliser plus la voyelle /A/ que la voyelle /E/ et /I/.

Tableau 24 : Différence entre l'anticipation en ms entre la voyelle /A/, la voyelle /E/ et la voyelle /I/. Les valeurs sont obtenues en soustrayant la valeur du /E/ à la valeur du /A/, la valeur du /I/ à la valeur du /A/ et la valeur du /I/ à la valeur du /E/.

Répétition 1				
Loc 1	Loc 2	Loc3	Loc4	Loc5
A et E= 134	A et E= 131	A et E= 111	A et E= 105	A et E= 75
A et I = 200	A et I = 163	A et I = 133	A et I = 133	A et I = 115
E et I= 66	E et I= 32	E et I= 22	E et I= 28	E et I= 40
Répétition 2				
Loc1	Loc2	Loc3	Loc4	Loc5
A et E= 162	A et E= 84	A et E= 84	A et E= 84	A et E= 61
A et I =229	A et I =121	A et I =107	A et I =118	A et I =63
E et I=67	E et I=37	E et I=23	E et I=34	E et I=2

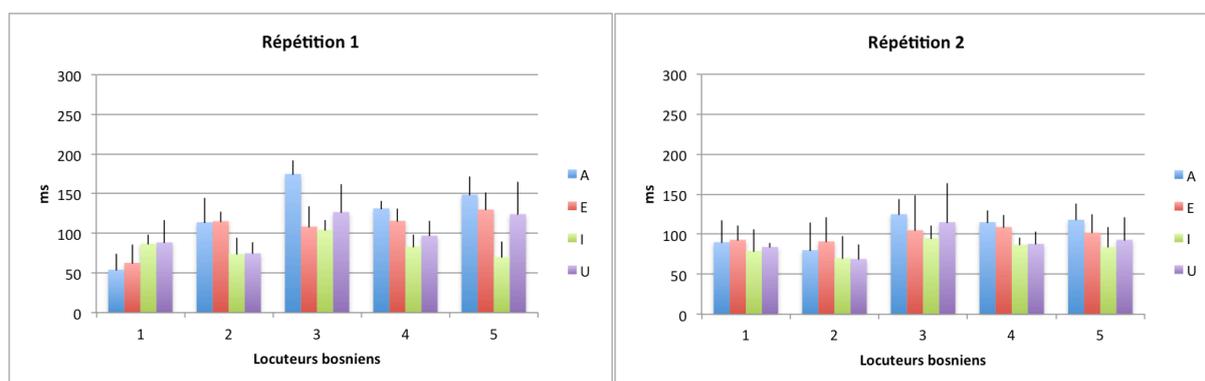


Figure 68 : Durée de la nasalisation anticipatoire en ms en fonction de la voyelle pour les cinq locuteurs bosniens : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite

Nous observons que la majorité des locuteurs bosniens dans les deux répétitions a tendance de nasaliser plus la voyelle /A/ que la voyelle /I/ (loc2, loc 3, loc 4 et loc 5).

Tableau 25 : Différence entre l'anticipation en ms entre la voyelle /A/ la voyelle /I/. Les valeurs sont obtenues en soustrayant la valeur du /I/ à la valeur du /A/.

Répétition 1				
Loc 1	Loc 2	Loc3	Loc4	Loc5
A et I = - 33	A et I = 40	A et I = 71	A et I = 48	A et I = 79
Répétition 2				
Loc1	Loc2	Loc3	Loc4	Loc5
A et I =12	A et I =10	A et I =30	A et I =28	A et I = 34

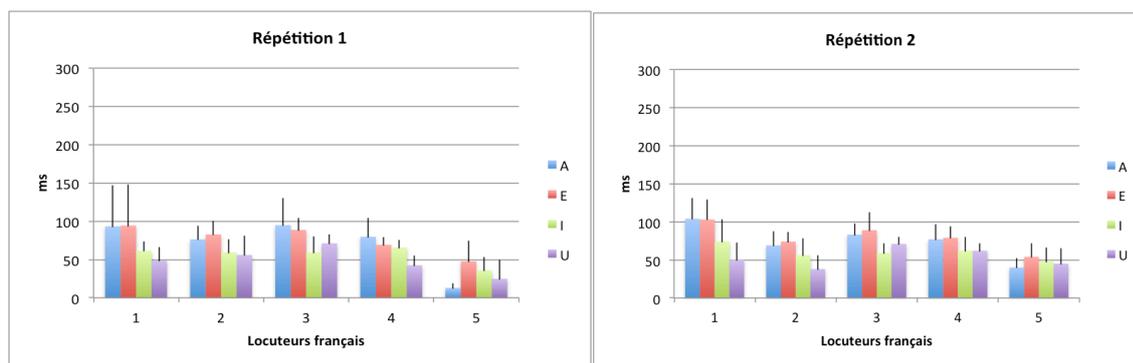


Figure 69 : Durée de la nasalisation anticipatoire en ms en fonction de la voyelle pour les cinq locuteurs français : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.

Nous observons que la majorité des locuteurs français dans les deux répétitions ont tendance de nasaliser plus la voyelle /A/ que la voyelle /I/ : loc 1, loc 2, loc 3, et loc 4.

Tableau 26 : Différence entre l'anticipation en ms entre la voyelle /A la voyelle /I/ en français. Les valeurs sont obtenues en soustrayant la valeur du /I/ à la valeur du /A/.

Répétition 1				
Loc 1	Loc 2	Loc3	Loc4	Loc5
A et I = 32	A et I = 17	A et I = 36	A et I = 14	A et I = - 32
Répétition 2				
Loc1	Loc2	Loc3	Loc4	Loc5
A et I=30	A et I=13	A et I=24	A et I=15	A et I = - 8

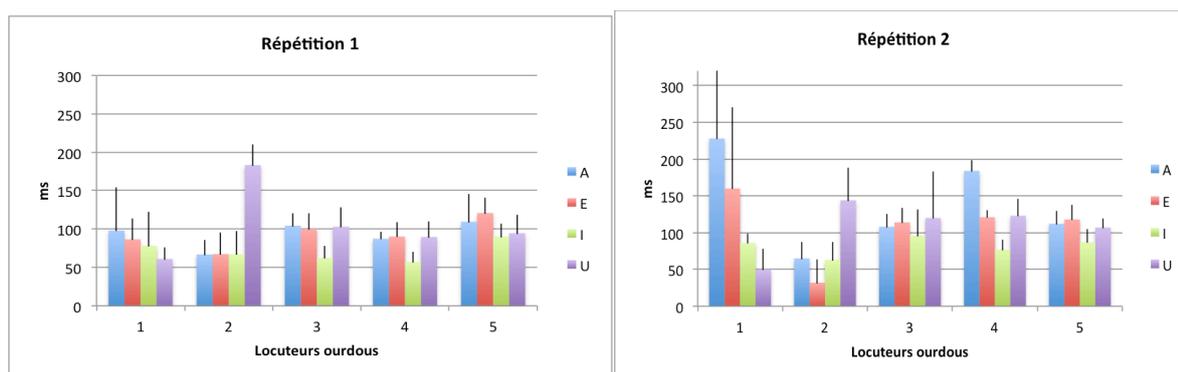


Figure 70 : Durée de la nasalisation anticipatoire en ms en fonction de la voyelle pour les cinq locuteurs ourdous : répétition 1 à gauche et répétition 2 à droite.

Nous observons que la majorité des locuteurs ourdous dans les deux répétitions ont tendance de nasaliser plus la voyelle /A/ que la voyelle /I/ : loc1, loc 3, loc 4 et loc 5.

Tableau 27 : Différence entre l'anticipation en ms entre la voyelle /A la voyelle /I/ en ourdou. Les valeurs sont obtenues en soustrayant la valeur du /I/ à la valeur du /A/.

Répétition 1				
Loc 1	Loc 2	Loc3	Loc4	Loc5
A et I = 20	A et I = 0	A et I = 42	A et I = 30	A et I = 19
Répétition 2				
Loc1	Loc2	Loc3	Loc4	Loc5
A et I=142	A et I=2	A et I=12	A et I=107	A et I = 25

En norvégiens, nous n'avons pas observé de tendance similaire entre les locuteurs quand à la durée de la nasalisation anticipatoire en fonction de la voyelle. La différence pour la durée de la nasalisation anticipatoire en fonction de la voyelle n'est pas significative ($F(3)= 1,112$, $p=0,3458$, $n=194$ dans la 1^{ère} répétition et $F(3)=1,1075$, $p=0,3610$, $n=200$ dans la 2^{ème} répétition (Voir annexe 4).

En résumé, les locuteurs anglais nasalisent plus la voyelle /A/ que les voyelles /E/ et /I/. Les locuteurs de bosnien, français et ourdou nasalisent plus la voyelle /A/ que la voyelle /I/. En norvégien, la différence pour la durée de la nasalisation anticipatoire en fonction de la voyelle n'est globalement pas significative.

2.2 Logatomes CVNC : Comparaison inter-langues

2.2.1 La nasalisation contextuelle anticipatoire dans les logatomes CVNC en fonction du système vocalique phonologique d'une langue

Comme mentionné auparavant, la variation de la propagation de la nasalité observée dans les langues est en général expliquée par la présence ou non des voyelles nasales phonologiques dans une langue donnée. A savoir que les phénomènes de coarticulation, devraient être plus limités dans les langues qui possèdent des voyelles nasales phonologiques que dans celles qui n'en possèdent pas (Manuel, 1990 ; Cohn, 1990) et cela afin de maintenir l'opposition entre voyelles orales et voyelles nasales.

Cependant, d'autres études ont montré que l'envergure des phénomènes de la coarticulation nasale ne dépendait pas de la présence ou non des voyelles nasales phonologiques (Clumeck, 1979 ; Solé et Ohala, 1991 ; Solé, 1992).

Nos résultats confirment que le système de contraste phonologique entre voyelles nasales et voyelles orales dans une langue n'a pas forcément d'influence prévisible sur la propagation de la nasalité.

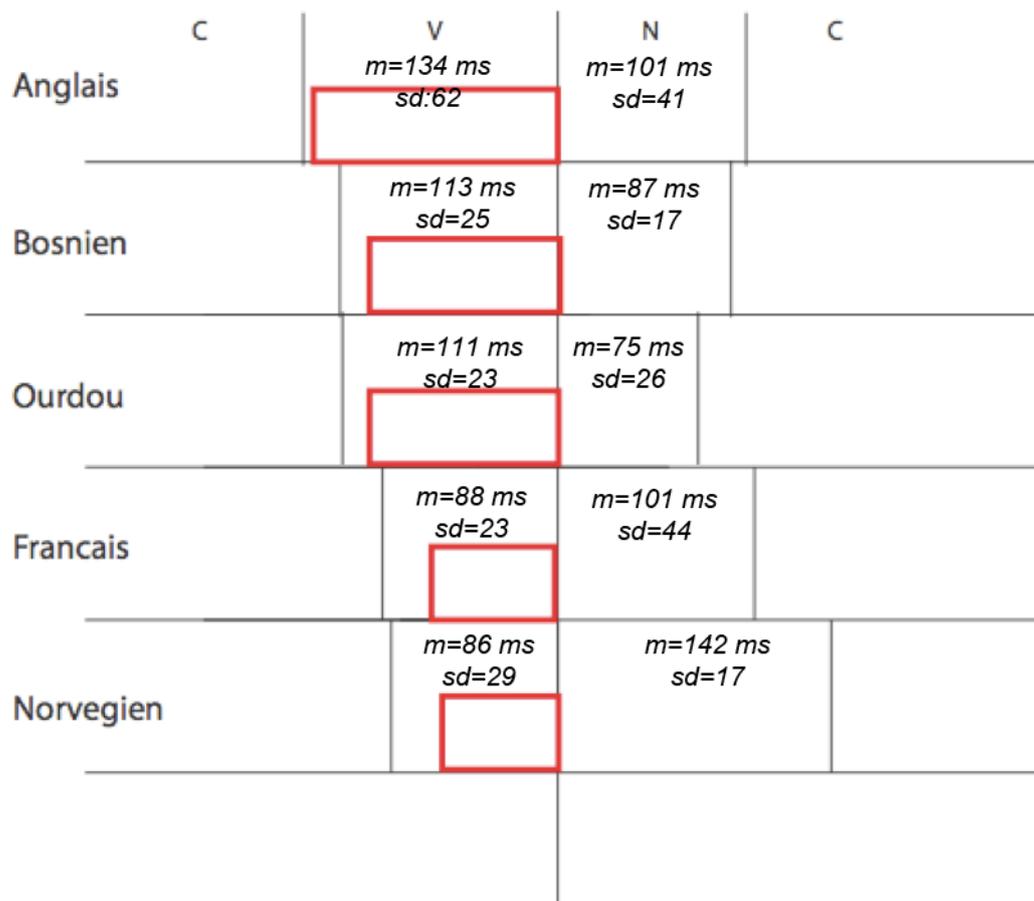


Figure 71 : Schématisation de Nasalisation anticipatoire en terme de vibrations nasales (en rouge) sur la voyelle orale V dans les logatomes CVNC dans les cinq langues étudiées. Les barres verticales tiennent compte de la durée acoustique spectrographique moyenne de la voyelle orale V et de la consonne nasale N. La figure est faite en tenant compte de la durée observée dans les deux répétitions de tous les locuteurs ensemble.

Le plus grand empan de nasalisation anticipatoire en ms et en % sur la voyelle orale V précédant la consonne nasale N dans les logatomes CVNC est observé en anglais américain (langue sans voyelles nasales phonologiques et le moins en norvégien. (Langue sans voyelles nasales phonologiques) $n=1957$). A partir d'un test ANOVA, nous montrons que la différence est statistiquement significative entre l'anglais et le bosnien ($p<0,0001$), entre l'anglais et le français $p<0,0001$, entre l'anglais et le norvégien ($p<0,0001$), entre l'anglais et l'ourdou ($p<0,0001$), entre le bosnien et le français ($p<0,0001$), entre le bosnien et le norvégien ($p<0,0001$), entre le français et l'ourdou ($p<0,0001$) et entre le norvégien et l'ourdou ($p<0,0001$). La différence n'est statistiquement pas significative entre le bosnien et l'ourdou ($p=0,9533$) et entre le français et le norvégien ($p=0,3359$).

Comme mentionné auparavant, les différences intra et interlocuteurs ont été observées dans chaque langue mais les tendances de la réalisation de la nasalisation anticipatoire représentées

dans cette figure sont la tendance chez la majorité des locuteurs de chaque langue (Voir annexe 5).

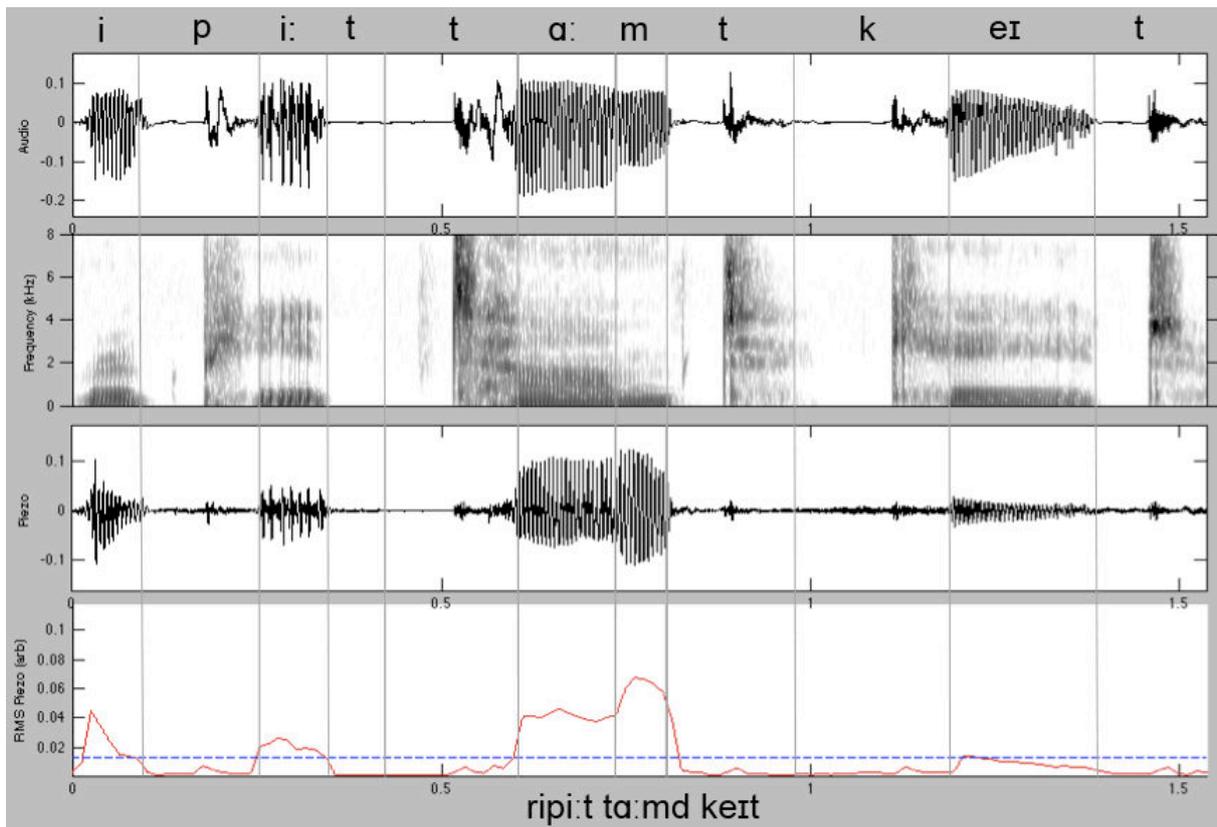


Figure 72 : logatome /ta:mt/ dans la phrase cadre ‘Repeat ta:mt Kate’ prononcé par le locuteur anglais 5. Illustration de la nasalisation anticipatoire durant la totalité de la voyelle orale. La ligne en pointillé bleue représente le seuil de nasalité soit les vibrations intrinsèques de la voyelle /a/.

Dans cet exemple, nous constatons que la totalité de la voyelle précédant N a des vibrations nasales, laissant supposer qu’elle est complètement nasalisée.

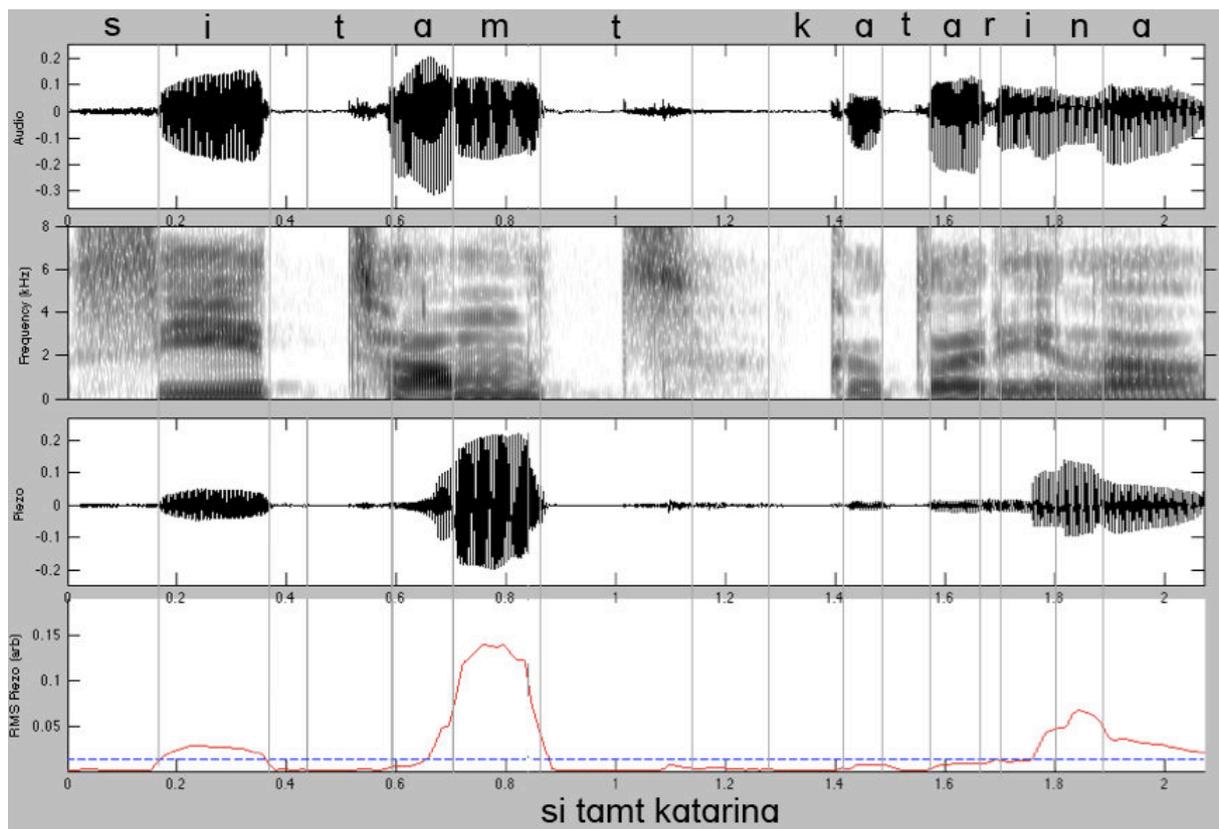


Figure 73 : logatome tamt dans la phrase cadre “Si tamt Katharina” prononcé par le locuteur norvégien 3. Illustration de la nasalisation anticipatoire courte durant la voyelle orale. La ligne en pointillé bleue représente le seuil de nasalité soit les vibrations intrinsèques de la voyelle /a/.

A l’inverse dans cet exemple ci-dessus, nous constatons qu’il y a très peu de vibrations nasales durant la production de la voyelle.

Nos résultats sur la propagation anticipatoire de la coarticulation nasale en terme de vibrations nasales dans les logatomes CVNC dans les cinq langues étudiées ne peuvent pas expliquer la variation observée par la présence ou non des voyelles nasales phonologiques dans une langue.

2.2.2 La nasalisation contextuelle anticipatoire dans les logatomes CVNC en fonction de la voyelle

A partir de tests ANOVA, nous avons voulu voir si il existait une différence de durée de nasalisation contextuelle selon le type de voyelle.

2.2.2.1 Anglais américain

En anglais, nous avons observé une différence significative entre les quatre voyelles pour la durée de la nasalisation anticipatoire dans les deux répétitions. ($F(3) = 24,841$ $p < 0,0001$, $n = 204$) pour la 1^{ère} répétition et ($F(3) = 159,032$, $p < 0,0001$, $n = 200$) pour la 2^{ème} répétition. Nous observons plus de nasalisation anticipatoire en terme de durée de vibrations

nasales pour la voyelle la plus basse /a:/ que pour les voyelles plus hautes /e/ et /i/. Tous les locuteurs ont cette même tendance.

En anglais, les résultats confirment ceux de Bell-Berti (1993) qui, à partir d'une étude électromyographie a montré que les voyelles basses sont plus nasalisées que les voyelles hautes, sauf la voyelle /ʊ/ pour laquelle nous n'avons pas trouvé de différence significative avec la voyelle /e/ quant à la durée de la nasalisation anticipatoire $p=0,0790$ dans la première répétition et $p=0,2455$ dans la 2^{ème} répétition.

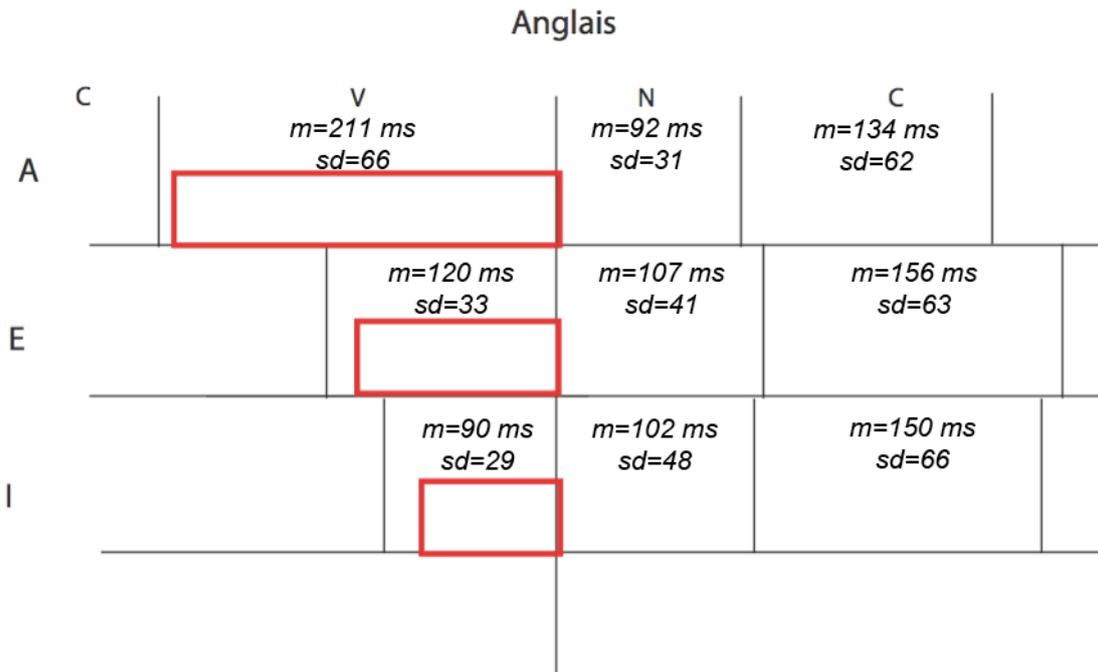


Figure 74 : La nasalisation anticipatoire pour les voyelles /a:, e, i/ en anglais (en rouge). Les barres verticales tiennent compte de la durée acoustique spectrographique de la voyelle orale V, consonne nasale N et consonne orale C2. La figure est faite à partir de deux répétitions de tous les locuteurs pris ensemble

2.2.2.2 Bosnien

En bosnien, la différence entre les quatre voyelles est significative pour la durée de la nasalisation anticipatoire : (F (3)= 27,143 $p<0,0001$, n= 196) pour la 1^{ère} répétition et (F(3) =7,647, $p<0,0001$, n=200) pour la 2^{ème} répétition. Nous avons observé une durée de la nasalisation anticipatoire plus grande pour la voyelle plus basse /a/ que pour la voyelle plus haute /i/ chez la majorité des locuteurs : 4 sur 5 dans les deux répétitions.

2.2.2.3 Ourdou

En ourdou, la différence entre les quatre voyelles est significative pour la durée de la nasalisation anticipatoire : (F (3)= 13,466 $p<0,0001$, n=189) pour la 1^{ère} répétition et (F(4)= 15,516, $p<0,0001$, n=178) pour la 2^{ème} répétition. Nous avons observé une durée de la nasalisation anticipatoire plus grande pour la voyelle plus basse /A/ que pour la voyelle plus haute /i/ chez la majorité des locuteurs : 4 locuteurs sur 5 dans les deux répétitions.

En ourdou, les résultats confirment ceux de Bell-Berti (1993) du moins pour les voyelles /A/ et /I/ quant à la durée de la nasalisation anticipatoire.

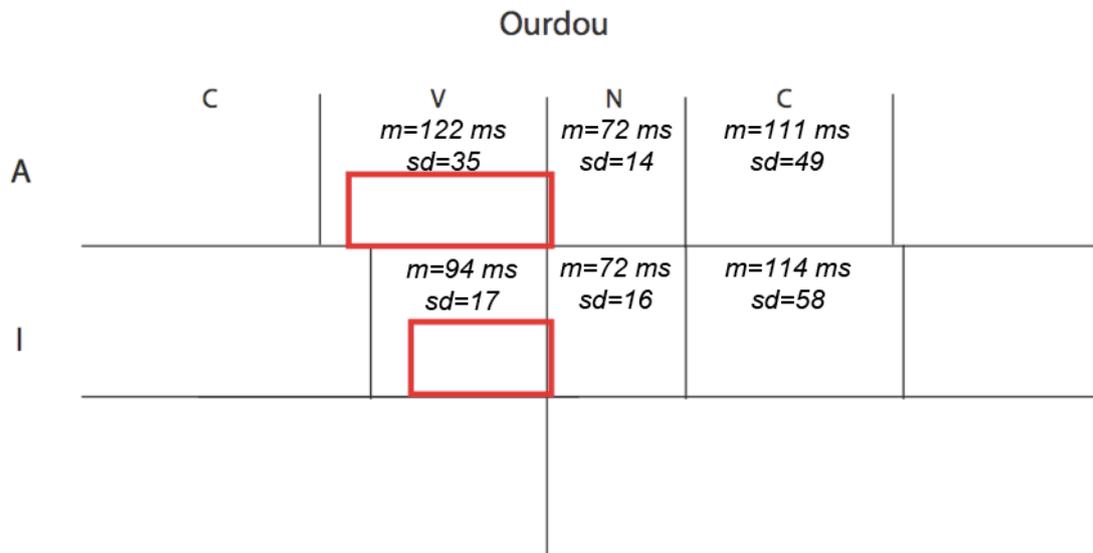


Figure 75 : La nasalisation anticipatoire pour les voyelles /a, i/ en ourdou (en rouge). Les barres verticales tiennent compte de la durée acoustique spectrographique de la voyelle orale V, consonne nasale N et consonne orale C2. La figure est faite avec les deux répétitions de tous les locuteurs pris ensemble.

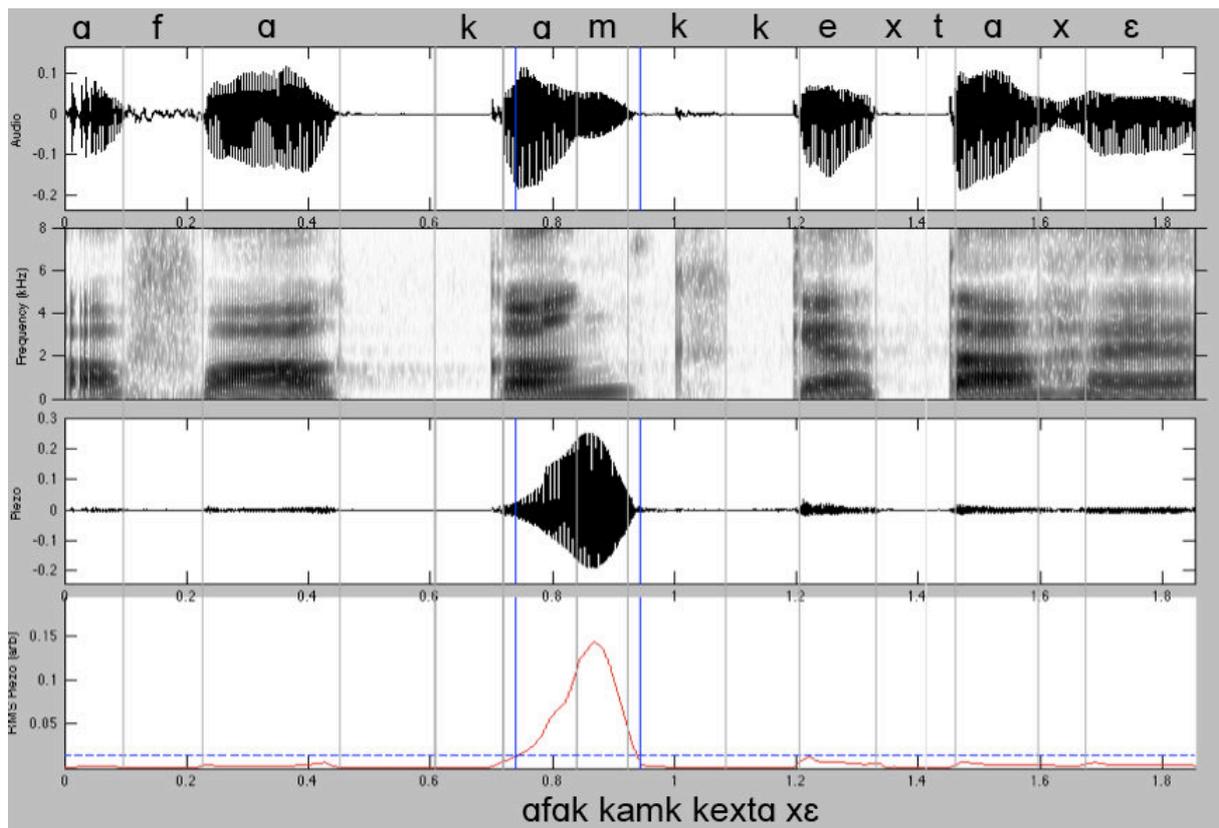


Figure 76 : logatome kamk dans la phrase cadre ‘Afak kamk kehta hai’ prononcé par le locuteur ourdou 2. Illustration de la nasalisation anticipatoire durant la voyelle orale /a/.

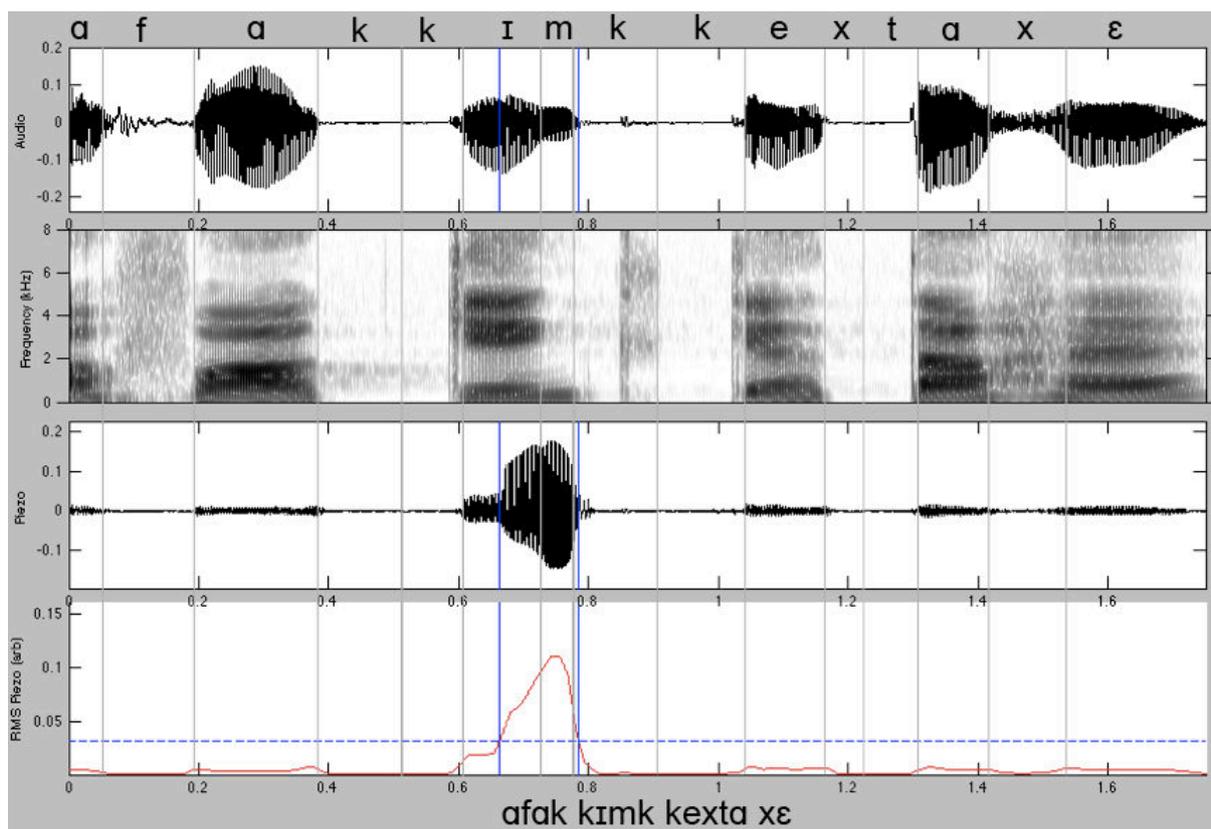


Figure 77 : logatome kImk dans la phrase cadre ‘Afak kImk kehta hai’ prononcé par le locuteur ourdou 2. Illustration de la nasalisation anticipatoire durant la voyelle orale /I/

En français, nous avons observé une différence significative entre les quatre voyelles pour la durée de la nasalisation anticipatoire : (F (3)= 12,689, $p < 0,0001$, $n = 196$) pour la 1^{ère} répétition et (F(3) = 19,082, $p < 0,0001$, $n = 195$) pour la 2^{ème} répétition.

Nous avons observé une durée de la nasalisation anticipatoire plus longue pour la voyelle plus basse /A/ que pour la voyelle plus haute /I/ chez la majorité des locuteurs : 4 locuteurs sur 5 dans les deux répétitions.

Français

	C	V m=104 ms sd=17	N m=98 ms sd=24	C m=120 ms sd=44	
A					
		m=73 ms sd=22	m=102 ms sd=30	m=118 ms sd=54	
I					

Figure 78 : La nasalisation anticipatoire pour les voyelles /a, i/ en français (en rouge)

En norvégien, nous n'avons pas observé de différence significative pour la durée de la nasalisation anticipatoire entre les quatre voyelles ($F(3)= 1,112$, $p=0,3458$, $n= 194$) pour la 1^{ère} répétition et ($F(3) = 1,075$, $p=0,3610$, $n=200$) pour la 2^{ème} répétition.

Plus de nasalisation anticipatoire en terme de vibrations nasales en ms est observée pour la voyelle /a/ que pour la voyelle /i/ dans toutes les langues sauf le norvégien où, globalement, la différence entre ces deux voyelles n'est pas significative.

Nos données montrent :

- 1) que le système phonologique vocalique d'une langue n'a pas forcément d'influence sur la propagation anticipatoire de la nasalisation contextuelle,*
- 2) qu'il n'est pas possible de caractériser la stratégie de la coarticulation nasale anticipatoire avec un seul modèle de coarticulation,*

Si nous comparons les langues avec des stratégies de réalisation des voyelles et des consonnes différentes, anglais et norvégien d'un côté et français et ourdou de l'autre côté, nous observons que dans les langues où les locuteurs ont tendance à réaliser les consonnes nasales courtes on observe plus de nasalisation anticipatoire. Si on compare l'anglais où les locuteurs ont tendance à réaliser des voyelles orales V longues avec des consonnes nasales N courtes au norvégien où les locuteurs ont tendance à réaliser des voyelles orales V courtes avec des consonnes nasales N longues, on observe plus de nasalisation anticipatoire en anglais qu'en norvégien. Si on compare l'ourdou où les locuteurs ont tendance à réaliser des voyelles orales V longues avec des consonnes nasales N courtes au français où les locuteurs ont tendance à réaliser des voyelles orales V courtes avec des consonnes nasales N longues, on observe plus de nasalisation anticipatoire en ourdou. Le modèle de Beddor (2007) peut être appliqué aux données de norvégien. Le modèle de Bell-Berti et al. (1981) semble correspondre aux données de bosnien. Si on compare l'anglais

américain (langue sans voyelles nasales phonologiques) avec le français (langue avec voyelles nasales phonologiques) par exemple, on peut appliquer le modèle de Henke (1966) pour expliquer la différence de la stratégie de la coarticulation nasale anticipatoire,

3) que des variations sont observées à l'intérieur des langues et à l'intérieur des répétitions des locuteurs aussi mais les tendances de stratégies restent les mêmes pour la majorité des locuteurs dans chaque langue, surtout si elles sont comparées aux autres langues,

4) que plus de nasalisation anticipatoire est observée pour la voyelle /A/ que pour la voyelle /I/, du moins quant à la durée de la nasalisation anticipatoire dans toutes les langues sauf en norvégien où globalement nous n'avons pas trouvé de différence significative entre les voyelles.

Nous venons de présenter dans ce chapitre les résultats pour la coarticulation nasale anticipatoire dans les 5 langues étudiées pour le corpus des logatomes CVNC. Dans le chapitre suivant, nous présenterons les résultats de l'étude perceptive.

3. Résultats des tests de perception

Nos résultats indiquent que les auditeurs d'ourdou semblent plus sensibles au degré de nasalité que les auditeurs français.

Résumé partiel : Nous avons voulu savoir si les voyelles contextuellement nasalisées sont correctement identifiées et si le degré de nasalité perçu dans les voyelles nasalisées par les locuteurs ayant des voyelles nasales dans leur système phonologique (français et ourdou) est en fonction de la quantité de vibrations nasales. *Les résultats diffèrent selon les deux langues. Ils indiquent qu'il est difficile pour les auditeurs francophones de quantifier de façon continue un degré de nasalité. Pour eux soit la voyelle est orale soit elle est nasale mais ils ne perçoivent pas de la qualité nasale dans la voyelle nasalisée. Les auditeurs de l'ourdou semblent plus sensibles au degré de nasalité et pour eux il existe une corrélation entre la quantité de vibrations issue de l'AP et le degré de la nasalisation contextuelle perçue.*

3.1 Méthodologie pour la construction du test

Le but des tests de perception est double : 1) les voyelles contextuellement nasalisées sont elles correctement identifiées et 2) le degré de nasalité perçu dans les voyelles nasalisées par les locuteurs ayant des voyelles nasales dans leur système phonologique (français et ourdou) est en fonction de la quantité de vibrations nasales.

3.1.1 Corpus

Nous avons extrait les séquences CV dans les logatomes CVNC,

où V = /i,ε,a,u/ en français et /i,e,α,u/ en ourdou

et C = /p/ ou /t/ ou /k/ ou /b/ ou /d/ ou /g/ ou /f/ ou /s/ ou /ʃ/ ou /v/ ou /z/ ou /ʒ/ en français et /p/ ou /t/ ou /k/ ou /b/ ou /d/ ou /g/ ou /f/ ou /s/ ou /ʃ/ ou /v/ en ourdou.

Nous avons gardé la consonne qui précède la voyelle afin que l'auditeur puisse attribuer les transitions des formants à la place d'articulation de C.

Cela nous a permis de prendre comme seul critère de la sélection des voyelles le degré de vibrations nasales sans limiter le contexte consonantique.

Notre seul critère de la sélection des stimuli a été la quantité de vibrations nasales observées. Nous n'avons pas tenu compte de la durée des voyelles car ce qui nous intéressait était la quantité globale de vibrations nasales. Nous sommes consciente que cela représente une limite forte à l'étude de perception.

Nous avons donc extrait trois valeurs moyennes de RMS pour chaque voyelle. rms1 correspond à la valeur moyenne de RMS pour le premier tiers de la voyelle, rms2 correspond à la la valeur moyenne de RMS pour le deuxième tiers de la voyelle et rms3 correspond à la la valeur moyenne de RMS pour le dernier tiers de la voyelle. A partir de ce découpage, nous avons sélectionné trois items pour chacune des 4 voyelles avec un max de RMS pour rms1, rms2 et rms3. Et inversement, nous avons extrait 3 items qui ont un minimum de RMS pour rms1, rms2 et rms3. Ce qui donne 48 items au total pour chaque langue.

Cinq auditeurs français et 5 locuteurs ourdou ont écouté uniquement des stimuli de leur langue maternelle.

Tableau 28 : Tableau apportant des précisions sur le choix des stimuli choisis

	RM1	RM2	RM3
Voyelles (4 voyelles/langue)	Min	Min	Min
	3 items/voyelles - $3 \times 4 = 12$		
Voyelles (4 voyelles/langue)	Max	Max	Max
	3 items/voyelles - $3 \times 4 = 12$		

3.1.2 Passation du test

Nous avons réalisé un test d'identification. Il a été demandé aux auditeurs d'identifier la voyelle (test d'identification) et dans un second temps, d'évaluer le degré de nasalisation perçue par les auditeurs.

Les 10 auditeurs devaient suivre les consignes suivantes :

1) Identifiez de la voyelle (choix forcé entre toutes les voyelles de la langue)

Les auditeurs devaient identifier la voyelle parmi /i, e, ε, a, u, o, ɔ, y, ø, œ, ã, õ, õ̃/ en français et /i, e, ε, u, o, ɔ, a, ã, ã̃, ã̄, ã̅, ã̆/ en ourdou. Nous n'avons pas pris en compte la distinction de durée en ourdou lors du choix des voyelles présentées sur l'écran.

2) Indiquez le degré de nasalisation perçue de la voyelle sur une échelle de 1 à 5 (1= très orale, pas nasalisée ; 5= pas orale, très nasalisée).

3) Nous avons intégré 8 distracteurs (de type voyelles isolées) dans les données et tous les items ont été entendus deux fois par tous les auditeurs et ce qui fait un total de 64 items pour ce test de perception.

En français, nous avons eu 5 auditeurs (4 femmes et 1 homme).

En ourdou, nous avons eu 5 auditeurs (2 femmes et 3 hommes).

Le test a été réalisé sous Praat, l'interface utilisée pour le test est la version 3 de « ExperimentMFC ». L'ordre d'écoute des stimuli est aléatoire.

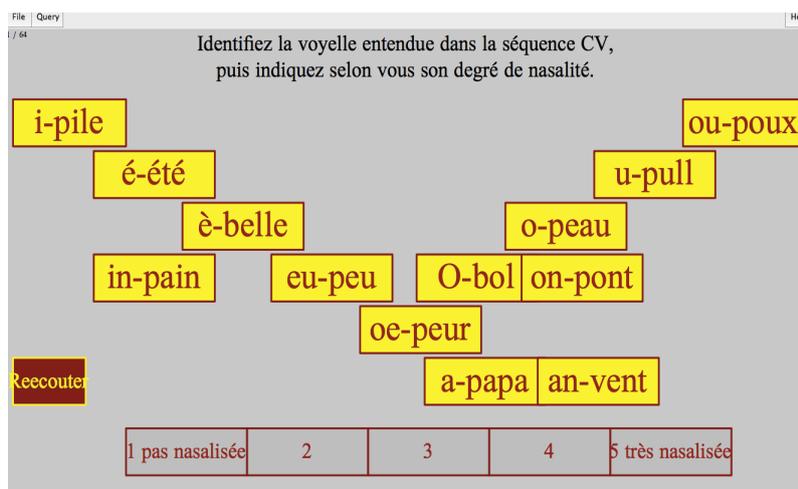


Figure 79 : copie de l'écran présenté aux auditeurs du français lors du test.

3.2 Résultats des tests

Les résultats sont présentés sous forme de matrice de confusion. Le tableau ci-dessous montre la matrice de confusion pour 5 auditeurs français.

Tableau 29 : Résultats d'identification des voyelles auprès de 5 auditeurs français. Les stimuli sont représentés sur l'axe vertical, les réponses, sur l'axe horizontal.

stimuli /réponse	i	e	ɛ	a	ɔ	o	u	y	∅	œ	ẽ	ã	õ	total_réponses
i	59	1												60
ɛ		7	46								7			60
a				60										60
u					2		55						3	60

Nous avons un total de 60 réponses par voyelle (6 stimuli pour chaque voyelle deux fois = 12 stimuli. 12 stimuli x 5 auditeurs = 60).

Les voyelles /i/ et /a/ sont les mieux identifiées. Nous observons que sur un total de 60 réponses, la voyelle /i/ est perçue comme /i/ dans 59/60 des réponses et comme /e/ dans 1 réponse. La voyelle /a/ est perçue comme /a/ dans 60 réponses. Dans le cas de /i/ et de /a/, il n'y a pas eu de confusions avec une voyelle nasale. La voyelle /ɛ/ est perçue comme /ɛ/ dans 46 réponses, et comme la voyelle nasale /ẽ/ dans 7 réponses. La voyelle /u/ est perçue comme /u/ dans 55 réponses, comme /ɔ/ dans 2 réponses et comme /õ/ dans 3 réponses.

Au total, les auditeurs ont jugé des voyelles comme nasales dans 10 réponses : 7 réponses pour la voyelle /ɛ/ jugée comme /ẽ/ et 3 réponses pour la voyelle /u/ jugée comme /õ/.

Tableau 30 : Résultats du degré de nasalisation perçu des voyelles auprès de 5 auditeurs français. Les stimuli sont représentés sur l'axe vertical, les réponses, sur l'axe horizontal.

stimuli /réponse degré de nas.	1	2	3	4	5	total_réponses
i	31	19	10			60
ε	20	13	9	8	10	60
a	35	19	3	3		60
u	40	11	6	1	2	60
Total_réponses	116	62	28	12	12	240

Nous observons que les auditeurs ont attribué un degré de nasalisation (très nasalisé) de 5 dans 12 réponses : 10 réponses pour la voyelle /ε/ et 2 réponses pour la voyelle /u/. Les auditeurs ont attribué un degré de nasalisation de 4 dans 12 réponses : 8 réponses pour la voyelle /ε/, 3 réponses pour la voyelle /a/ et 1 réponse pour la voyelle /u/.

Les résultats sont en accords avec les résultats du premier test. Les auditeurs français ont identifié majoritairement des voyelles orales et par conséquent, nous n'avons pas regardé s'il y avait un lien entre la quantité de vibrations nasales durant la voyelle (voyelle nasalisée au minimum et voyelles nasalisée au maximum) et la perception du degré de la nasalisation pour ces voyelles.

Nous allons maintenant présenter les résultats des tests de l'ourdou.

Le tableau ci-dessous montre la matrice de confusion pour 5 auditeurs ourdou.

Tableau 31 : Résultats d'identification des voyelles auprès de 5 auditeurs ourdou. Les stimuli sont représentés sur l'axe vertical, les réponses, sur l'axe horizontal.

stimuli /réponse	i	e	ε	a	ɔ	o	u	ĩ	ũ	ẽ	ã	õ	total
i	42	3						14		1			60
ε	5	31	6					7	1	10			60
a		7	2	30			7		1	2	11		60
u	1			1	7	3	11		21			16	60

Nous avons un total de 60 réponses par voyelle (6 stimuli pour chaque voyelle répétés deux fois= 12 stimuli. 12 stimuli x 5 auditeurs= 60).

Nous observons que 84 voyelles ont été perçues comme nasales : 15 réponses pour la voyelle /i/, 18 réponses pour la voyelle /ε/, 13 réponses pour la voyelle /a/ et 37 réponses pour la voyelle /u/.

Tableau 32 : Résultats du degré de nasalisation perçu des voyelles auprès de 5 auditeurs ourdou. Les stimuli sont représentés sur l'axe vertical, les réponses, sur l'axe horizontal.

stimuli /réponse degré de nas.	1	2	3	4	5	total_réponse
i	13	6	23	14	4	60
ε	14	13	21	8	4	60
a	20	7	8	13	12	60
u	8	2	5	23	22	60
Total_réponses	42	28	57	58	42	240

Nous observons que les auditeurs ont attribué un degré de nasalisation de 5 pour 42 voyelles et un degré de nasalisation de 4 pour 58 voyelles.

Nous avons voulu voir par la suite s'il y avait un lien entre la quantité de vibrations nasales durant la voyelle (voyelle nasalisée au minimum et voyelles nasalisée au maximum) et la perception du degré de la nasalisation pour ces voyelles.

Tableau 33 : Résultats du degré de nasalisation perçu des voyelles auprès de 5 auditeurs français en fonction de la quantité de vibrations nasales durant la voyelle.

Piezo quantité /réponse degré de nas.	degré de nas. 1	degré de nas. 2	degré de nas. 3	degré de nas. 4	degré de nas. 5	total_réponses
i max	1	3	10	12	4	30
i min	12	2	14	2		30
ε max	1	2	15	8	4	30
ε min	13	11	5	1		30
a max	2	2	4	10	12	30
a min	18	5	4	3		30
u max		2	2	9	17	30
u min	8		3	14	5	30

Nous avons un total de 30 réponses par voyelle ayant rms max (3 stimulis pour chaque voyelle répétés deux fois= 6 stimulis. 6 stimulis x 5 auditeurs= 30).

Nous avons également un total de 30 réponses par voyelle ayant rms min (3 stimulis pour chaque voyelle répétés deux fois= 6 stimulis. 6 stimulis x 5 auditeurs= 30).

Nous observons une corrélation entre le degré de vibrations nasales et l'attribution d'un degré de nasalisation de 4 ou 5 : 13 réponses pour le degré de nasalisation 4 ou 5 pour la voyelle /i/ max contre 2 réponses 4 pour la voyelle /i/ min ; 12 réponses pour le degré de nasalisation 4 ou 5 pour la voyelle /ε/ max contre 1 réponse 4 pour la voyelle /ε/ min ; 24 réponses de 4 ou 5 pour la voyelle /a/ max contre 3 réponses 4 pour la voyelle /e/ min ; 26 réponses de 4 ou 5 (17 réponses pour 5 et 9 réponses pour 4) pour la voyelle /u/ max contre 19 réponses (5 réponses pour 5 et 14 réponses pour 4) pour la voyelle /u/ min.

Notre étude perceptive montre qu'il est difficile pour les auditeurs francophones de distinguer plusieurs degrés de nasalité. Les auditeurs de l'ourdou semblent plus sensibles au degré de nasalité et de ce fait on retrouve une corrélation entre la quantité de vibrations issue de l'AP et la perception de la nasalisation contextuelle pour les auditeurs de l'ourdou.

Il semble que la nasalisation vocalique contextuelle en terme de vibrations nasales n'est pas facile à discriminer, même pour des auditeurs d'une langue qui possède des voyelles nasales phonologiques. Nos résultats sur le français confirment ceux de Montagu (2007, p. 202) qui a trouvé que les trois voyelles orales contextuellement nasalisées (a, ə, o) ont été identifiées à plus de 80% comme des voyelles orales. Les stimuli de Montagu ont été constitués de voyelles nasales et nasalisées extraites des séquences NVn et NVoN.

Comment expliquer la différence entre le français et l'ourdou étant donné que les deux langues possèdent des voyelles nasales phonologiques ?

Les résultats pour le français peuvent être dus au fait le lieu d'articulation et la configuration des lèvres de chaque voyelle nasale prises individuellement en français ne correspondent (plus) à aucune voyelle orale. En d'autres termes, les voyelles orales, les voyelles orales nasalisées et les voyelles nasales ont toutes des timbres différents en français.

Il est aussi possible que la durée a joué un rôle. Dans notre étude sur la nasalisation contextuelle (chapitre 4 de cette thèse) nous avons montré qu'il y avait une répartition de la nasalisation contextuelle différente dans ces deux langues. La voyelle est plus longue en ourdou qu'en français et la consonne est plus courte en ourdou qu'en français. On a observé plus de nasalisation anticipatoire en ourdou qu'en français. Il est possible que le timbre des voyelles nasalisé soit modifié et différent en français et en ourdou et qui expliquerait que la perception ait été différente dans les deux langues.

Dans cette étude, pour ce test de perception, nous nous sommes limitée à regarder si le degré de vibrations nasales jouait un rôle dans la perception des voyelles. Dans le futur, nous approfondirons ces tests de perception en tenant compte de la durée des voyelles et du contexte consonantique. Il serait intéressant aussi de faire des tests sur une population qui n'a pas de voyelles nasales et également voir si les auditeurs ourdou perçoivent une différence de nasalisation dans la production des voyelles du français.

DISCUSSION, CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'objectif de cette thèse était de comparer des phénomènes de coarticulation nasale des voyelles dans les logatomes CVNC pour cinq langues, deux langues qui possèdent des voyelles nasales dans leur inventaire phonologique : le français et l'ourdou et trois langues qui ne possèdent pas de voyelles nasales phonologiques : l'anglais américain, le bosnien et le norvégien. Nous avons enregistré 25 locuteurs, 5 locuteurs par langue.

La méthodologie choisie, l'accéléromètre piézoélectrique (AP), instrument non invasif et transportable qui enregistre les vibrations de la paroi nasale nous a permis d'enregistrer une grande quantité de données. Cette instrumentation couplée à un signal acoustique issu d'un microphone serre-tête apporte des indices sur la propagation de la nasalité.

En analysant les données, nous nous sommes rendue compte des limites de cette instrumentation : le taux de vibrations nasales était certes dépendant de l'abaissement du voile du palais, mais aussi du degré de constriction de la langue et de sa position. Un taux positif de vibration était présent dans certaines voyelles orales en contexte oral. Cela qui nous a semblé être un problème pour quantifier correctement les vibrations dues à la coarticulation nasale. Nous avons donc voulu comprendre et mesurer ces vibrations observées durant les phonèmes oraux.

Un des apports de cette thèse est de proposer une solution et de l'avoir validée en partie. On estime le seuil de nasalité par le taux maximum de vibrations nasales observé durant la voyelle orale dans un contexte oral pour un même locuteur et un même enregistrement.

Un autre problème de cette instrumentation est qu'il ne délivre aucun signal quand le son est non voisé. Mais ce problème n'est pas relevant dans le cadre du travail de cette thèse, car nos mesures portent exclusivement sur des sons voisés. Il faut néanmoins tenir compte de ce paramètre pour les études qui utiliseront un accéléromètre piézoélectrique.

Notre ambition était d'apporter notre contribution en comparant des données sur des langues prises dans les mêmes conditions et sur un corpus quasi identique (un corpus de logatomes comparables).

Les questions posées dans cette étude étaient les suivantes :

1. Existe-t-il des stratégies de coarticulation différentes selon ces cinq langues ?
2. Les phénomènes de coarticulation sont-ils de plus grande envergure dans les trois langues qui ne possèdent pas de voyelles nasales dans leur inventaire phonologique que les langues qui en possèdent ?
3. Est-il possible d'affirmer que la nasalisation anticipatoire dans les cinq langues est plutôt du type « look-ahead », « time-blocked » ou « temporal fixed » ?
4. Les effets de la coarticulation nasale sont-ils perçus par les locuteurs ayant des voyelles nasales phonologiques dans leur langue : français et ourdou ?

Nous avons répondu à la première question (1) en montrant qu'il existait une différence inter-langues en ce qui concerne les stratégies de coarticulation nasale, confirmant ainsi un fait déjà connu (Clumeck 1979 ; Cohn 1990).

Nous avons répondu à la deuxième question (2) en montrant que l'existence ou non d'un contraste phonologique entre voyelles nasales et voyelles orales dans une langue n'a pas forcément d'influence prévisible sur la propagation de la nasalité, confirmant ainsi un fait déjà

connu (Clumeck, 1976 ; Solé, 1995). Nous avons observé plus de nasalisation anticipatoire en terme de vibrations nasales en anglais américain (langue sans voyelles nasales phonologiques) et le moins en norvégien (langue sans voyelles nasales phonologiques).

En ce qui concerne la troisième question (3), nous nous sommes demandée comment caractériser la stratégie de la coarticulation nasale dans une langue. Comme nous l'avons déjà vu dans l'introduction de ce travail de thèse, il existe au moins trois modèles de coarticulation nasale anticipatoire :

le modèle « look-ahead », de Henke (1966) qui postule que le voile du palais s'abaisserait aussitôt que possible (« as soon as it can »). Selon ce modèle, toute voyelle orale suivie d'une consonne nasale dans une langue qui n'a pas de voyelles nasales phonologiques serait entièrement nasalisée,
le modèle « time-locked » de Bell-Berti *et al.* (1981) qui postule que le voile du palais s'abaisse à une distance temporelle fixe par rapport au début de la consonne nasale indépendamment du contexte,
le modèle « temporal aligned » de Beddor (2007) qui postule que l'étendue temporelle et spatiale du geste nasal est relativement constante à travers des contextes différents bien que l'alignement temporel du geste nasal et oral peut varier selon les contextes de façon prévisible : plus la consonne nasale est courte, plus la durée de la coarticulation nasale durant la voyelle orale est longue.

Nous revenons sur le problème de l'adéquation de ces modèles à chacune des langues (question 3) ci-dessous.

En ce qui concerne la question quatre (4), concernant les effets de la coarticulation nasale sur la perception des voyelles nasales phonologiques dans leur langue, les résultats sont intéressants mais non expliqués : les locuteurs du français et de l'ourdou ont une perception différente de la nasalité contextuelle. Les français ont une perception plus catégorielle que les ourdous et ont plus de difficulté à évaluer le degré de nasalisation. Les auditeurs ourdous seraient eux capables de distinguer différents degrés de nasalisation et il est intéressant de constater que ces degrés de nasalisation sont corrélés avec les niveaux de vibrations nasales issus de l'accéléromètre piezoélectrique.

A partir des résultats que nous avons trouvés, nous allons présenter l'adaptation des modèles d'anticipation de nasalité en fonction des différentes langues (question 3 de ce travail).

Nous avons décidé de comparer des paires de langues pour lesquelles nous avons observé des productions des voyelles orales V et des consonnes nasales N différentes : anglais et norvégien, français et ourdou, et français et anglais.

1) L'anglais et le norvégien

L'anglais et le norvégien s'opposent par la différence de durées entre les voyelles et les consonnes nasales. L'anglais ayant une voyelle plus longue que la consonne nasale et le norvégien réalisant l'inverse, à savoir une voyelle plus courte que la consonne nasale qui la suit.

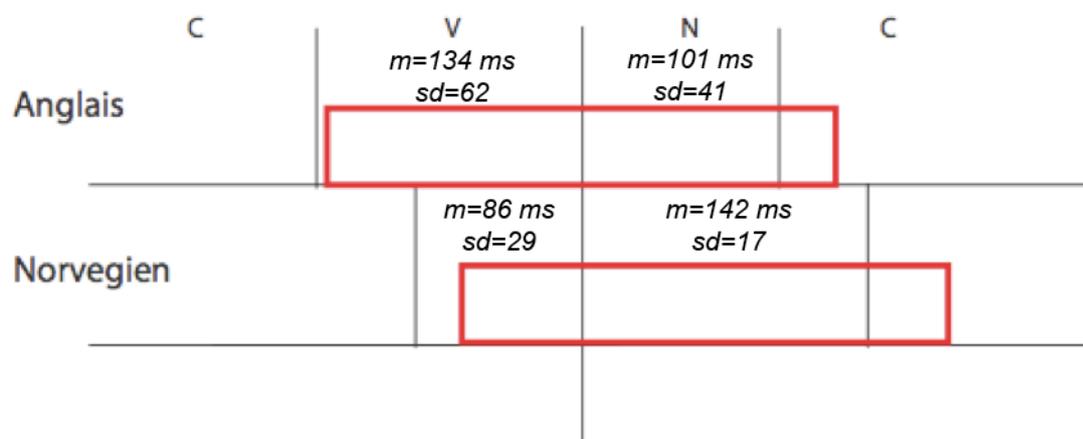


Figure 80 : Propagation de la nasalité (en rouge) dans les logatomes CVNC en anglais et en norvégien. Les barres verticales tiennent compte de la durée de la voyelle orale V et de la durée de la consonne nasale N. La figure est faite en tenant compte des deux répétitions de tous les locuteurs ensemble.

Nous avons établi notre modèle à partir des deux répétitions et de tous les locuteurs pour l'anglais et le norvégien, (les graphiques p. 92 à 96, montrant que les réalisations de durée acoustique dans les deux répétitions et pour tous les locuteurs donnaient toutes les mêmes tendances). Nous observons une répartition de la nasalisation contextuelle différente dans ces deux langues. En anglais américain, tous les locuteurs dans les deux répétitions réalisent une voyelle orale V longue suivie d'une consonne nasale N courte. En norvégien, tous les locuteurs et dans les deux répétitions par contre réalisent une voyelle orale V courte suivie d'une consonne nasale N longue. Nous avons observé plus de nasalisation anticipatoire en anglais qu'en norvégien chez la majorité des locuteurs (4 sur 5).

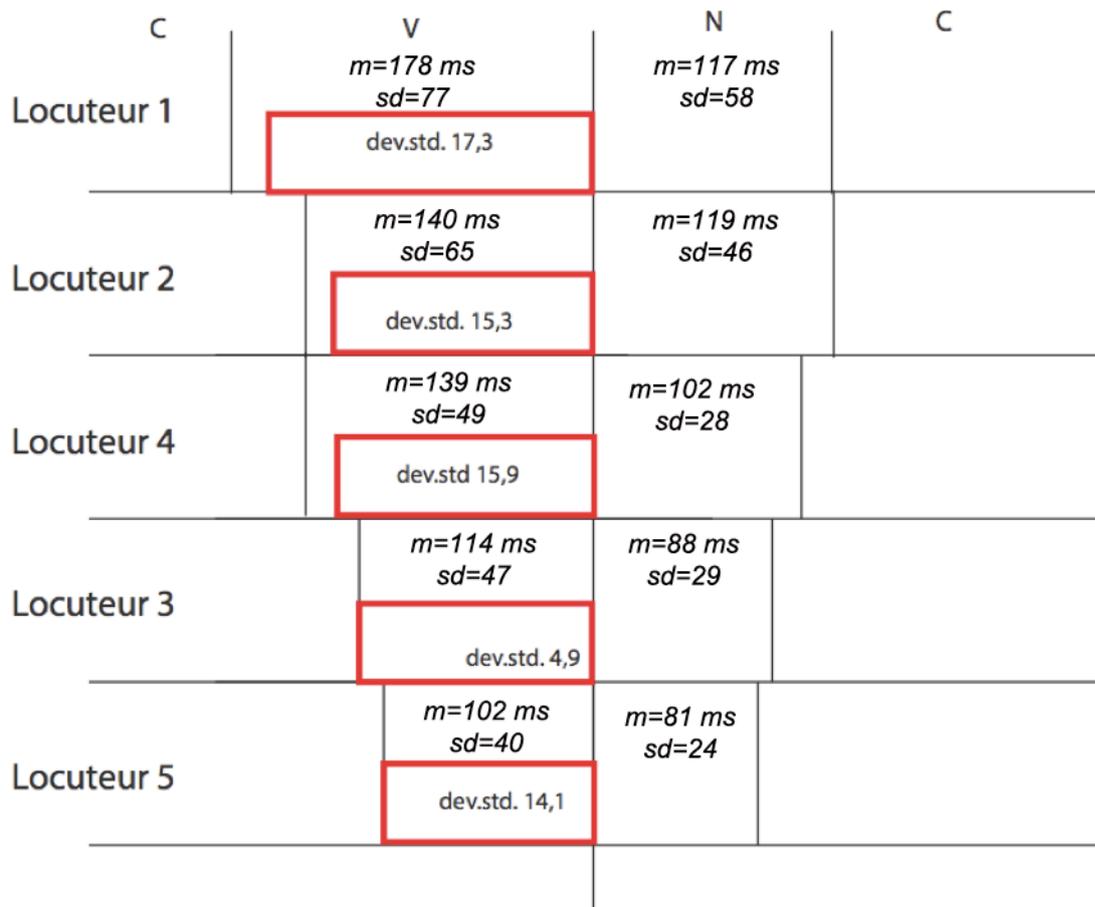


Figure 81 : Nasalisation anticipatoire en terme de vibrations nasales (en rouge) sur la voyelle orale V dans les logatomes CVNC. Les cinq locuteurs anglais (les deux répétitions prises ensemble) Les barres verticales tiennent compte de la durée de la voyelle orale V et de la durée de la consonne nasale N.

Nous avons observé des variations interlocuteurs en anglais en ce qui concerne la durée de nasalisation anticipatoire (Voir annexe 4). Trois locuteurs sur 5 nasalisent la voyelle de 87% en moyenne. Deux locuteurs sur 5 nasalisent entièrement la voyelle. Nous observons que tous les locuteurs anglais ont tendance à nasaliser la voyelle à 90% et plus (de 90 % à 98%) dans la 2^{ème} répétition. Dans la première répétition tous les locuteurs ont tendance à nasaliser la voyelle à 85 % ou plus (de 85 à 98) sauf le locuteur 1 qui nasalise la voyelle à 82 % dans la 1^{ère} répétition.

	C	V	N	C
Locuteur 3		<i>m=112 ms</i> <i>sd=16</i> dev.std. 29,1	<i>m=154 ms</i> <i>sd=25</i>	
Locuteur 1		<i>m=86 ms</i> <i>sd=21</i> dev.std. 27,3	<i>m=152 ms</i> <i>sd=42</i>	
Locuteur 4		<i>m=82 ms</i> <i>sd=21</i> dev.std. 14,8	<i>m=113 ms</i> <i>sd=44</i>	
Locuteur 2		<i>m=75 ms</i> <i>sd=20</i> dev.std. 26,0	<i>m=165ms</i> <i>sd=43</i>	
Locuteur 5		<i>m=74 ms</i> <i>sd=17</i> dev.std. 18,6	<i>m=125 ms</i> <i>sd=40</i>	

Figure 82 : Nasalisation anticipatoire en terme de vibrations nasales (en rouge) sur la voyelle orale V dans les logatomes CVNC. Les cinq locuteurs norvégiens (les deux répétitions prises ensemble)

Nous avons observé des variations interlocuteurs en norvégien en ce qui concerne la durée de la nasalisation anticipatoire (Voir annexe 4). La déviation standard est plus importante dans cette langue indiquant une plus grande liberté sur la durée de nasalisation durant la voyelle par rapport à l'anglais. La voyelle est nasalisée en moyenne à 54% chez 1 locuteur (locuteur 1), 65% chez 2 locuteurs (locuteurs 2 et 3) et de 85 % chez 2 locuteurs (locs 4 et 5). Nous observons en norvégien, dans la 1^{ère} répétition que la majorité des locuteurs, 3 sur 5 (loc 1, loc2 et loc3) nasalisent la voyelle de 56 à 70%. Dans la 2^{ème} répétition, ces mêmes locuteurs (loc1, loc2 et loc3) nasalisent la voyelle de 49 à 73%. Les locuteurs 4 et 5 nasalisent la voyelle de 86 à 88% dans les deux répétitions. Nous avons aussi observé que ces deux locuteurs sont ceux qui réalisent une consonne nasale N plus courte que les autres locuteurs norvégiens. Le modèle de Beddor (2007) semble pouvoir être appliqué aux données de norvégien.

2) Le français et l'ourdou

Nous avons établi notre modèle à partir des deux répétitions et de tous les locuteurs pour le français et l'ourdou (les graphiques p. 92 à 96) montrant que les réalisations de durée acoustique dans les deux répétitions et pour tous les locuteurs donnaient les mêmes tendances.

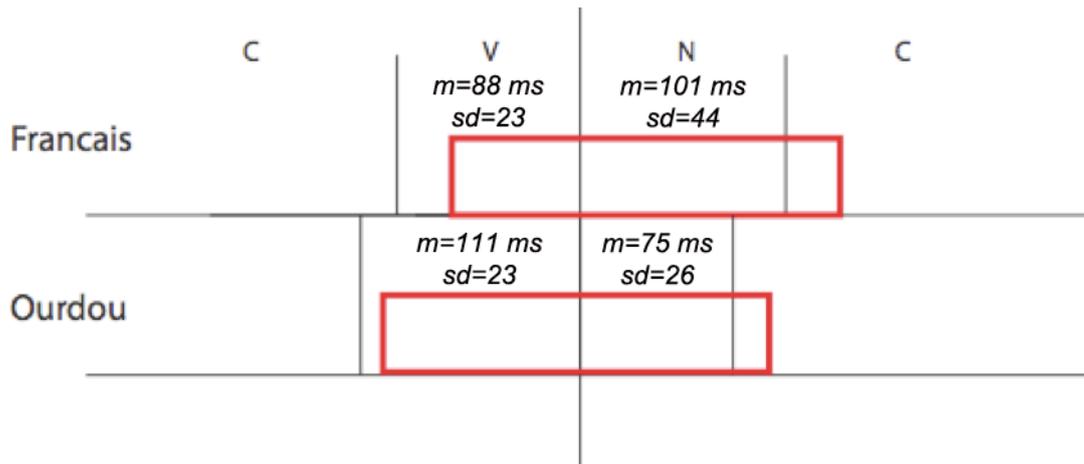


Figure 83 : Propagation de la nasalité (en rouge) dans les logatomes CVNC en français et en ourdou. Les barres verticales tiennent compte de la durée acoustique spectrographique de la voyelle orale et de la durée acoustique spectrographique de la consonne nasale

Nous observons que tous les locuteurs ourdous dans les deux répétitions réalisent une voyelle orale V plus longue que la consonne nasale N et la majorité des locuteurs français réalisent une voyelle orale V plus courte que la consonne nasale N (3 locuteurs sur 5 dans la 1^{ère} répétition et 5 locuteurs sur 5 dans la 2^{ème} répétition). Nous observons plus de nasalisation anticipatoire en ms en ourdou qu'en français.

	C	V	N	C
Locuteur 3		<i>m=97 ms</i> <i>sd=26</i> <div style="border: 1px solid red; padding: 2px;"> <i>dev.std.</i> 17,5 </div>	<i>m=89 ms</i> <i>sd=16</i>	
Locuteur 1		<i>m=96 ms</i> <i>sd=22</i> <div style="border: 1px solid red; padding: 2px;"> <i>dev.std.</i> 22,5 </div>	<i>m=132 ms</i> <i>sd=24</i>	
Locuteur 5		<i>m=84 ms</i> <i>sd=15</i> <div style="border: 1px solid red; padding: 2px;"> <i>dev.std.</i> 27,6 </div>	<i>m=83 ms</i> <i>sd=14</i>	
Locuteur 2		<i>m=81 ms</i> <i>sd=24</i> <div style="border: 1px solid red; padding: 2px;"> <i>dev.std.</i> 20,3 </div>	<i>m=110 ms</i> <i>sd=22</i>	
Locuteur 4		<i>m=81 ms</i> <i>sd=22</i> <div style="border: 1px solid red; padding: 2px;"> <i>dev.std.</i> 19,4 </div>	<i>m=89 ms</i> <i>sd=18</i>	

Figure 84 : Nasalisation anticipatoire en terme de vibrations nasales (en rouge) sur la voyelle orale V dans les logotomes CVNC. Les cinq locuteurs français (les deux répétitions prises ensemble)

Nous avons observé des variations interlocuteurs en français pour la durée de la nasalisation anticipatoire (Voir annexe 4). La voyelle est nasalisée de 78% environ chez 4 locuteurs et de 47% chez un locuteur (locuteur 5). En français, nous observons que la majorité des locuteurs (loc2, loc3 et loc4) nasalisent la voyelle à 77% ou 78% dans la 1^{ère} répétition. Le locuteur 1 nasalise la voyelle à 66% dans la 1^{ère} répétition et le loc 5 nasalise la voyelle à seulement 37% dans la 1^{ère} répétition. Dans la 2^{ème} répétition, la majorité des locuteurs (loc 2, loc3 et loc4) nasalisent la voyelle à 81% ou à 86%. Le locuteur 1 nasalise la voyelle à 84% dans la 1^{ère} répétition et à 57% dans la 2^{ème} répétition.

	C	V	N	C
Locuteur 4		<i>m=122 ms</i> <i>sd=33</i> <div style="border: 1px solid red; padding: 2px;"> <i>dev.std.</i> 14,3 </div>	<i>m=69 ms</i> <i>sd=17</i>	
Locuteur 2		<i>m=117 ms</i> <i>sd=33</i> <div style="border: 1px solid red; padding: 2px;"> <i>dev.std.</i> 28,8 </div>	<i>m=76 ms</i> <i>sd=14</i>	
Locuteur 5		<i>m=114 ms</i> <i>sd=19</i> <div style="border: 1px solid red; padding: 2px;"> <i>dev.std.</i> 14,4 </div>	<i>m=73 ms</i> <i>sd=17</i>	
Locuteur 1		<i>m=101 ms</i> <i>sd=32</i> <div style="border: 1px solid red; padding: 2px;"> <i>dev.std.</i> 22,7 </div>	<i>m=80 ms</i> <i>sd=19</i>	
Locuteur 3		<i>m=98 ms</i> <i>sd=17</i> <div style="border: 1px solid red; padding: 2px;"> <i>dev.std.</i> 9,7 </div>	<i>m=90 ms</i> <i>sd=17</i>	

Figure 85 : Nasalisation anticipatoire en terme de vibrations nasales (en rouge) sur la voyelle orale V dans les logatomes CVNC. Les cinq locuteurs ourdous (les deux répétitions prises ensemble)

Nous avons observé des variations interlocuteurs en ourdou en ce qui concerne la durée de la nasalisation anticipatoire. (Voir annexe 4) Dans la 1^{ère} répétition, les locuteurs nasalisent la voyelle de 71 à 92 % et dans la 2^{ème} répétition de 74 à 82 %.

Dans toutes les langues, nous avons observé des variations entre les deux répétitions et des variations interlocuteurs. Mais les stratégies de réalisations de voyelles orales V et de consonnes nasales N en ce qui concerne la durée acoustique restent les mêmes pour tous les locuteurs dans chaque langue avec de petites variations inter-répétitions en français. Des variations inter-répétitions et des variations interlocuteurs ont été observées aussi au niveau de la nasalisation de la voyelle orale V. Mais les stratégies restent tout de même les mêmes pour la majorité des locuteurs dans chaque langue surtout si comparées aux autres langues. Les locuteurs anglais réalisent une voyelle orale V longue suivie d'une consonne nasale N courte contrairement aux locuteurs norvégiens qui réalisent une voyelle orale V courte suivie d'une consonne nasale N longue. Si on compare la quantité de nasalisation sur la voyelle V, la majorité des locuteurs anglais nasalisent plus la voyelle que la majorité des locuteurs norvégiens. De l'autre côté, les locuteurs ourdous réalisent aussi une voyelle longue suivie d'une consonne nasale N courte et les locuteurs français réalisent une voyelle courte suivie d'une consonne nasale N plus longue. Si on compare la quantité de nasalisation sur la voyelle

V entre ces deux langues, la majorité des locuteurs ourdous nasalisent plus la voyelle que la majorité des locuteurs français.

Si nous tenons compte des deux répétitions et de tous les locuteurs, en ce qui concerne le bosnien, il semble que le « time-locked model » (Bell-Berti *et al.*, 1981) qui postule que la nasalisation anticipatoire commence à un moment fixe avant le début de la consonne nasale peut être appliqué aux données du bosnien pour la majorité des locuteurs dans les deux répétitions (loc2, loc 4 et loc 5).

	C	V	N	C
Locuteur 1		<i>m</i> =111 ms <i>sd</i> =27 <div style="border: 1px solid red; padding: 2px;">dev.std. 25,2</div>	<i>m</i> =89 ms <i>sd</i> =17	
Locuteur 2		<i>m</i> =99 ms <i>sd</i> =33 <div style="border: 1px solid red; padding: 2px;">dev.std. 21,7</div>	<i>m</i> =79 ms <i>sd</i> =11	
Locuteur 3		<i>m</i> =119 ms <i>sd</i> =26 <div style="border: 1px solid red; padding: 2px;">dev.std. 17,2</div>	<i>m</i> =90 ms <i>sd</i> =17	
Locuteur 4		<i>m</i> =116 ms <i>sd</i> =20 <div style="border: 1px solid red; padding: 2px;">dev.std. 9,7</div>	<i>m</i> =90 ms <i>sd</i> =19	
Locuteur 5		<i>m</i> =119 ms <i>sd</i> =27 <div style="border: 1px solid red; padding: 2px;">dev.std. 13,2</div>	<i>m</i> =87 ms <i>sd</i> =16	

Figure 86 : Nasalisation anticipatoire en terme de vibrations nasales (en rouge) sur la voyelle orale V dans les logatomes CVNC pour les cinq locuteurs bosniens (les deux répétitions prises ensemble).

Des variations interlocuteurs sont observées en bosnien pour la durée de l'anticipation de la nasalité (voir annexe 4). Dans les deux répétitions, 3 locuteurs sur cinq (loc3, loc4 et loc5) ont tendance à nasaliser la voyelle de 88% à 92%. Le locuteur bosnien 1 nasalise la voyelle à 87% dans la 2^{ème} répétition et à 62% dans la 1^{ère} répétition. Le locuteur bosnien 1 nasalise la voyelle à 76% dans la 1^{ère} répétition et à 90% dans la 2^{ème} répétition.

Il semble que, en bosnien, le modèle de Bell-Berti (1981) peut être appliqué pour la majorité des locuteurs.

3) L'anglais et le français

Si nous comparons les données de l'anglais américain (langue sans voyelles nasales phonologiques) aux données de français (langue avec voyelles nasales phonologiques), le modèle de Henke (1966) s'adapte parfaitement à l'anglais américain.

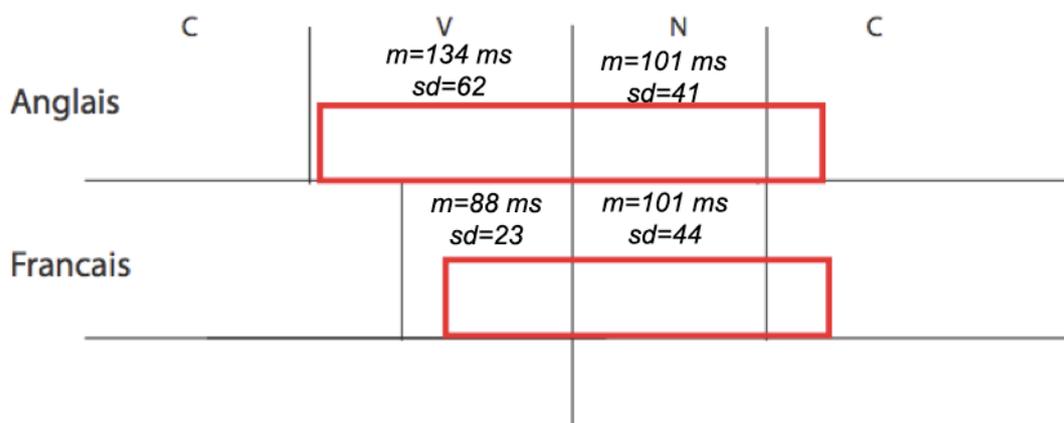


Figure 87 : Propagation de la nasalité (en rouge) dans les logatomes CVNC en anglais et en français (les deux répétitions de tous les locuteurs pris ensemble)

La différence présentée sur cette figure entre l'anglais américain et le français en ce qui concerne l'empan de la nasalisation anticipatoire sur la voyelle orale, est observée chez tous les locuteurs anglais dans les deux répétitions sauf 1 locuteur sur 5 dans la 1^{ère} répétition et chez tous les locuteurs français dans la 1^{ère} répétition et 3 locuteurs français sur 5 dans la 2^{ème} répétition.

Donc, si nous comparons l'anglais qui possède les voyelles nasales phonologiques au français qui n'en possède pas, nous observons plus de nasalisation anticipatoire en anglais pour la majorité des locuteurs.

Il semble difficile de classer la nasalisation anticipatoire dans une langue comme plus « look-ahead », plus « time-locked » ou plus « temporal aligned » et écarter les autres modèles. Le modèle de Beddor (2007) peut être appliqué aux données de norvégien. Il semble que le « time-locked model » (Bell-Berti *et al.*, 1981) qui postule que la nasalisation anticipatoire commence à un moment fixe avant le début de la consonne nasale puisse être appliqué aux données du bosnien, du moins pour la majorité des locuteurs. Le modèle de Henke (1966) qui postule que la nasalisation commence aussitôt que possible peut être appliqué aux données d'anglais américain si on le compare aux autres langues, du moins pour la majorité des locuteurs.

Comme nous l'avons déjà présenté, nous avons observé des différences inter-répétitions et les différences interlocuteurs dans les langues étudiées dans cette thèse. Mais les stratégies de réalisation des logatomes est de la nasalisation anticipatoire restent tout de même les mêmes pour la majorité des locuteurs de chaque langue. Mais, même si les stratégies sont les mêmes, il nous est difficile de généraliser et les modélisations faites ici représentent les tendances globales de la majorité des locuteurs dans chaque langue.

Comment expliquer le fait que les locuteurs anglais et les locuteurs ourdous réalisent les voyelles longues suivies de consonnes nasales courtes mais que les locuteurs norvégiens et les locuteurs français réalisent les voyelles courtes suivies de consonnes nasales longues ?

C'est peut-être lié au fait que l'anglais, l'ourdou et le norvégien ont une opposition de longueur dans leur système phonologique vocalique.

Les différentes tendances dans les langues sont peut-être aussi dûes au fait que le corpus est composé de logatomes et non pas de vrais mots. Même si dans toutes les langues, sauf le français, les séquences CVNC existent, les locuteurs n'ont pas prononcé de vrais mots qui existent vraiment dans leur langue et qui ont un sens sémantique.

Des stratégies différentes observées peuvent aussi être liées à la configuration anatomique différente et à la vitesse d'élocution des locuteurs.

Il existe des limites à cette étude. Pour notre étude, nous n'avons pas pu utiliser d'instrumentation invasive. Or, de façon générale, seule une instrumentation invasive permet d'observer les mouvements du voile du palais à l'origine de la production de la nasalité, comme la cinéradiographie et le système microbeam, ou EMMA. Nous avons utilisé une instrumentation non invasive, légère, mais dont les résultats sont plus délicats à interpréter. L'inconvénient principal de l'accéléromètre piézoélectrique est que l'on peut observer un certain taux de vibrations positif dans le cas des voyelles orales même si le conduit nasal n'est pas connecté parce que le taux de vibrations ne dépend pas seulement de l'ouverture du voile du palais mais il est aussi sensible à la configuration de du conduit buccal. Nous avons observé un certain taux de vibrations nasales pour les voyelles orales fermées dans un contexte non nasal, et ce taux est dépendant du lieu d'articulation de la voyelle (plus de vibrations nasales pour les voyelles postérieures que pour les voyelles antérieures), du degré de fermeture et de l'intensité tout comme Hirano et al. (1966) ; Clarke et Mackiewicz-Krassowska (1977) ; Larson et Hamlet (1987). Pour tenter de résoudre ce problème et pouvoir comparer nos données, nous avons estimé le seuil de nasalité par le taux maximum de vibrations nasales observé durant la voyelle orale dans un contexte oral pour un même locuteur et un même enregistrement.

Des perspectives de cette thèse sont nombreuses :

- Dans un premier temps, nous pensons qu'il serait intéressant d'analyser le reste du corpus enregistré mais pas analysé dans de travail. Il s'agit d'un corpus total de 20 heures environ (tous locuteurs confondus), composé de mots type CVN, NVC, NVN, de séquences VN, VVN, VVVN, de phrases contenant des consonnes nasales dans différentes positions, de logatome CV~C. Cinq apprenants de français langue étrangère norvégiens et cinq apprenants de français langue étrangère bosniens ont aussi prononcé ce corpus. On pourra ensuite appliquer ces résultats à la didactique du FLE en ayant comme objectif de proposer des méthodes pour une meilleure acquisition de voyelles nasales par les apprenants de FLE.
- Dans un deuxième temps, il nous semble important de compléter nos données avec les données articulatoires, physiologiques et aérodynamiques. Il serait intéressant aussi de faire une étude acoustique à partir de la structure spectrale. Il serait particulièrement intéressant de comparer les résultats obtenus avec l'accéléromètre piézoélectrique avec des résultats qu'on obtiendrait avec les données aérodynamiques.
- Nous pensons qu'il peut également être intéressant de regarder le débit d'air subglottique en lien avec la nasalisation spontanée des voyelles longues.

- Il serait aussi très intéressant de regarder la nasalisation anticipatoire dans les logatomes CVNC en fonction de la nature de la consonne C (voisée ou non voisée). On peut le faire avec une autre méthode qu'accéléromètre piézoélectrique car un des inconvénients de cet appareil est qu'il ne délivre malheureusement aucun signal quand le son est non voisé.
- Enfin, dans le futur, nous pensons qu'il serait bien d'approfondir ces tests de perception en tenant compte de la durée des voyelles et du contexte consonantique. Il serait intéressant aussi de faire des tests sur une population qui n'a pas de voyelles nasales.

Bibliographie

- Abbs, J.H. et Watkin, K.L. (1976). Instrumentation for the study of speech physiology, Dans Lass, N.J (ed.), *Contemporary Issues in Experimental Phonetics*, New York, NY : Academic Press, 41-75.
- Abramson, A.S., Nye, P.W., Henderson, J.B. et Marshall, C.W. (1981). Vowel height and the perception of consonantal nasality. *Journal of the Acoustical Society of America*, 70 (2), 329-339.
- Abitbol, J. (2005). *L'Odyssée de la voix*, Paris, Rober Laffont.
- Ali, L., Gallagher, T., Goldstein, J. et Daniloff, R. (1971). Perception of caarticulated nasality, *Journal of the Acoustical Society of America*, 49, 538-540.
- Ali, L., Daniloff, R. et Hammarberg, R. (1979). Intrusive stops in nasalfricative clusters : an aerodynamic and acoustic investigation, *Phonetica*, 36, 85-97.
- Amelot, A. (2004). *Etude aérodynamique, fibroscopique, acoustique et perceptive des voyelles nasales du français*. Thèse de Doctorat, Université Paris 3.
- Amelot, A. et Rossato, S. (2006). Velar movements for the feature [+nasal] for two french speakers. *The 7th International Seminar of Speech of America*, 49, 538-540.
- Amelot, 2011, cours LIOU11, Instrumentations en phonétique clinique, ILPGA, Université Sorbonne Nouvelle.
- André Thibault, cours L4LM42, cours suivi en 2013 à l'Université Paris 3.
- Baer, T. et Wolf, M.M. (1987). Some till-current dimensions of applied behaviour analysis. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 20, 313-327.
- Baer, T., Gore, J.C., Gracco, L.C. et Nye, P.W. (1991). Analysis of vocal tract shape and dimensions using Magnetic Resonance Imaging : vowels, *Journal of the Acoustical Society of America*, 90, 799-928.
- Baken, R. J. (1987). *Clinical measurement of speech and voice*. London : Taylor and Francis.
- Basset P., Amelot A., Vaissière J., et Roubeau B., (2001). Nasal airflow in French Spontaneous Speech, *The Journal of the International Phonetic Association*, 31, 87-100.
- Beddor, P.S. et Strange, W. (1982). Cross-language study of perception of the oral-nasal distinction. *JASA*, 71, 1551-1561.
- Beddor, P. S. (1993). The perception of Nasal Vowels. Dans Huffman, M. et Krakow, R. *Nasals, Nasalization and the Velum*, 171-196.
- Beddor, P.S. et Krakow, R.A (1999). Perception of coarticulatory nasalization by speakers of English and Thai : Evidence for partial compensation. *Journal of the Acoustical Society of America*, 106, 2868-2887.
- Beddor, P.S. (2007). Nasals and nasalization : The relation between segmental and coarticulatory timing. *The 16th International Congress of Phonetic Sciences (ICPhS)*, ID 1728.

- Bell, A. (1867). *Visible speech, Universal Alphabetics or Self-Interpreting Physiological Letters for the Writing of all Languages in one Alphabet*, London: Simpkin et Marschall.
- Bell-Berti, F. et Hirose, H. (1971). Velopharyngeal function in oral-nasal articulation and voicing gestures. *Speech Research*, 28, 143-156.
- Bell-Berti, F. et Hirose, H. (1973). Patterns of palatoglossus activity and their Implications for speech organization, 34, 203-209.
- Bell-Berti, F. et Hirose, H. (1975). Palatal activity in voicing distinctions- a simultaneous fiberoptic and electromyographic study. *Journal of Phonetics*, 3, 69-74.
- Bell-Berti, F. (1976). An electromyographic study of velopharyngeal function in speech. *Journal of Speech and Hearing Research*, 19, 225-240.
- Bell-Berti, F., Baer, T., Harris, K.S. et Niimi, S. (1979). Coarticulatory effects of vowel quality on velar function, *Phonetica*, 36, 187-193.
- Bell-Berti, F. (1980). Velopharyngeal function: a spatial-temporal model, dans Lass, N.J. (ed.) *Speech and Language : Advances in Basic Research and Practice IV*, New York, NY: Academic Press, 291-316.
- Bell- Berti, F. et Harris, K.S. (1981). A temporal model of speech production, *Phonetica*, 38, 9-20.
- Bell-Berti, F. et Krakow, R.A. (1991). Anticipatory velar lowering: a co-production account, *Journal of the Acoustical Society of America*, 90, 112-23.
- Bell-Berti, F. (1993). Understanding Velic Motor Control : Studies of Segmental Context. In Huffman and Krakow (eds.), 63-85.
- Benguerel, A. P. (1974). Nasal airflow patterns and velar coarticulation in french. *Speech Wave Processing and Transmission*, Stockholm, Publi: Almqvist et Wiksell, 2, 105-112.
- Benguerel, A.P., Hirose, H., Sawashima, M. et Ushijima, T. (1975). Velar height and its timing in french, a fiberoptic study. *Research Institute of Logopedics and Phoniatics*, 9, 67-78.
- Benguerel, A.P., Hirose, H., Sawashima, M. et Ushijima, T. (1977a). Velar coarticulation in french: A fiberoptic study. *J. of Phonetics*, 5, 149-158.
- Benguerel, A. P., Hirose, H., Sawashima, M. et Ushijima, T. (1977b). Velar coarticulation in french: An electromyographic study. *J. of Phonetics*, 5, 159-167. .
- Benguerel, A.P et Lafargue, A. (1981), Perception of vowel nasalization in French, *Journal of Phonetics* 9, 309-322.
- Best, C.T., McRoberts, G.W. et Goodell, E. (2001). Discrimination of non-native consonant contrasts varying in perceptual assimilation to the listener's native phonological system. *Journal of the Acoustical Society of America*, 109, 775-794.
- Bokhari, S. (1985). *Phonology of Urdu Language*. Royal Company, Karachi, Pakistan.
- Bothorel, A., Simon, P., Wioland, F., et Zerling, J.P. (1986). *Cinéradiographie des voyelles et des consonnes du français*. Strasbourg, Institut de Phonétique.

- Boersma, P. et Weenink, D. (2011). Praat : doing phonetics by computer (logiciel). <http://www.praat.org/>.
- Bourciez, E. (1967). *Eléments de linguistique romane*. Paris : C. Klincksiech.
- Brichler-Labaeye, M., (1970). *Les voyelles françaises. Mouvements et positions articulatoires à la lumière de la radiocinématographie*. Paris : Klincksiech.
- Brkan, A. (2009). *Etude aérodynamique de la nasalité contextuelle en français standard et en bosniaque*. Thèse de Master, Université Paris 3.
- Brkan, A., Amelot, A. et Pillot-Loiseau, C. (2012). Utilisation d'un accéléromètre piezoélectrique pour l'étude de la nasalité du Français Langue Etrangère. In *Proceedings of JEP-TALN RECITAL*, 689-696.
- Brucke, E. (1856). *Grundzuge der Physiologie und Systematik der Spracblaute fur Linguisten und Taubstummenlehrer*. Vienna: Gerold.
- Carlson, R., Granstrom, B. et Pauli, S. (1972). Perceptive evaluation of segmental cues, (STL-QPSR) Speech Transmission Laboratory, Quarterly Progress and Status Report, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 1, 18-24.
- Carton, F. (1974). *Introduction à la phonétique du français*. Paris : Bordas.
- Chafcouloff, M. et Marchal, A. (1999). Velopharyngeal coarticulation. In *Coarticulation*, Edited by Nigel, Hardcastle William & Hewlett Cambridge: Cambridge University Press, 69-79.
- Chomsky, N. and Halle, M. (1968). *The sound pattern of English*. New York: Harper and Row.
- Christiansen, R.L., and Moller, K.T. (1971). Instrumentation for recording velar movement. *American Journal of Orthodontics*, 59, 448-455.
- Clarke, W. M. et Mackiewicz-Krassowka, H. (1977). Variations in the oral and nasal sound pressure levels of vowels in changing phonetic contexts, *Journal of Phonetics*, 5, 195-203.
- Clements, G.N. *et al.* (2015) The feature (nasal). In Rialland A. *et al.* *Features in Phonology and Phonetics: Posthumous Writings by Nick Clements and Coauthors* (P-pp. 195-21). Berlin: De Gruyter.
- Clumeck, H. (1976). Patterns of soft palate movements in six languages. *Journal of Phonetics*, 4, 337-351.
- Chlumsky, J. (1938). *Radiographie des voyelles et des semi-voyelles françaises*. Prague.
- Cohn, A.C. (1990). *Phonetic and phonological rules of nasalization*. University of California, Los Angeles, CA, PhD dissertation, Published in UCLA Working Papers in Phonetics 76.
- Cohn, A.C. (1993a). A survey of the phonology of the feature [+nasal]. *Working Papers of the Cornell Phonetics Laboratory*, 8, 141-203. Ithaca : Cornell University.
- Dalston, R.M. (1982). Photodetector assessment of velopharyngeal function. *Cleft Palate Journal*, 19, 1-8.

- Dang, J., Honda, K. et Suzuki, H.. (1994). Morphological and acoustical analysis of nasal and the paranasal cavities. *Journal of the Acoustic Society of America*, 96, 2088-2100.
- Daniloff, R. and Moll, K. (1968). Coarticulation of lip rounding, *Journal of Speech and Hearing Research*, 11, 707-721.
- Daniloff, R. et Hammarberg, R. (1973). On defining coarticulation, *Journal of Phonetics*, 1, 239-248.
- Delattre, P. (1954). Les attributs acoustique de la nasalité vocalique et consonantique. *Studia Linguistica, Revue de linguistique générale et comparée*, 8, 103-109.
- Delattre, P. (1968). La radiographie des voyelles françaises et sa corrélation acoustique. *The French Review*, 42, 48-65.
- Delvaux, V. (1999). A propos des voyelles nasales du français. *La linguistique*, 35, 3-23.
- Delvaux, V. (2003). Contrôle et connaissance phonétique : Les voyelles nasales du français. Thèse de Phonétique-Phonologie : Bruxelles.
- Delvaux, V., Demolin, D., Harmegnies, B. et Soquet, A. (2008). The aerodynamics of nasalization in French. *Journal of Phonetics*, 36, 578-606.
- Demolin, D., Delvaux, V., Metens, T. et Soquet, A. (2003). Determination of Velum Opening for French Nasal Vowels by Magnetic Resonance Imaging. *Journal of Voice*, 17, 454-467.
- Dickson, D.R. (1961). An acoustic and radiographic study of nasality, PhD dissertation, North Western University, Evanston, IL.
- Dixit, R.P. and MacNeilage, P.F. (1972). Coarticulation of nasality :evidence from Hindi, *Journal of the Acoustical Society of America*, 52, 131.
- Durand, M. (1953). De la formation des voyelles nasales. *Studia Linguistica*, 7, 33-53.
- Emond, C. (2005). L'analyse de l'antériorisation de la voyelle nasale /a~/ chez les présentateurs de bulletins de nouvelles télévisés. Université du Québec à Montréal.
- Fant, G. (1960). *Acoustic theory of speech production*. 2^{ème} édition en 1970 ed, Mouton: The Hague.
- Fant, G. (1973). *Speech sound and features*. Cambridge, Massachusetts, and London, England: The MIT Press.
- Farnetani, E. (1986b). A pilot study of the articulation of /n/ in Italian using electropalatography and airflow measurements. 15^{ème} Journées d'Etudes sur la Parole, Aix-en-Provence, 23-26.
- Feng, G. (1986). Modelisation acoustique et traitement du signal de parole : le cas des voyelles nasales et la simulation des pôles et des zéros, Thèse de Docteur Ingénieur, University of Grenoble.
- Ferguson, C. A. (1975). Universal tendencies and 'normal' nasality. In *Nasalfest : Papers from a symposium on nasals and nasalization*, Edited by Ferguson, Hyman, Ohala Stanford

University: Language Universal Project, Dept. of Linguistic. 175-196.

Flege, J. (1988). Anticipatory and carryover nasal coarticulation in the speech of children and adults, *Journal of Speech and Hearing Research*, 31, 525-536.

Flege, J.E., Munro, M.J. et MacKay, R.A.. (1995). Factors affecting degree of perceived foreign accent in a second language. *Journal of Acoustic Society of America*, 97, 3125-3134.

Fritzel, B. (1969). The velopharyngeal muscles in speech : an electromyographic and cineradiographic study, *Acta Otolaryngologica Supplementum*, 250-281.

Fujimura, O., (1962). Analysis of nasal consonants. *Journal of the Acoustical Society of America*, 34, 1865-1875.

Fujimura, O. (1990). Methods and goals of speech production research. *Language and Speech*, 33, 195-258.

Fujimura, O., Miller, J.E. et Kiritani, S. (1975). An X-ray Observation of Movements of the Velum and Tongue. Paper presented at the 90th Meeting of the Acoustical Society of America, San Francisco, CA.

Fujimura Fujimura, O., Miller, J.E. et Kiritani, S. (1977). A Computer-controlled X-ray Microbeam Study fo Articulatory Characteristics of Nasal Consonants in English and Japanese. Paper presented at the 9th International Conference on Acoustics, Madrid, Spain.

Gendron, J.D. (1966). Tendances phonétiques du français parlé au Canada, Québec, Les Presses de l'Universités Laval.

Harrington, R. (1944). A study of the mechanics of velopharyngeal closure, *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 9, 325-345.

Henke, W.L. (1966). Dynamic articulatory model of speech production using computer simulation, Unpublished doctoral dissertation, MIT Cambridge, MA.

Hirano, M., Takeuchi, Y. et Hiroto, I. (1966). Intranasal Sound Pressure during Utterance of Speech Sounds. *Folia Phoniatica*, 18, 369-381.

Hirano, M. et Ohala, J. (1969). Use of hooked-wire electrodes for electromyography of the intrinsic laryngeal muscles. *Journal of Speech and Hearing Research*, 12, 362-373.

Hixon, T.J., (1970). An electromagnetic method for transducing jaw movements during speech. *JASA*, 49, 603-606.

Hixon, T.J., (1972). Some new techniques for measuring the biomechanical events of speech production : One laboratory's experiences. *ASHA Reports*, 7, 68-103.

Horiguchi, S. et Bell-Berti, F. (1987). The Velotrace : a device for monitoring velar position, *Cleft Palate Journal*, 24, 104-111.

Horii, Y. (1980). An accelerometric Approach to Nasality Measurement : a preliminary report. *Cleft Palate Journal*, 17, 254-261.

Horii, Y. et Lang, J. (1981). Distributional analysis of an index of nasal coupling (H.O.N.C) in simulated hypernasal speech. *Cleft palate journal*, 18, 279-285.

- Horii, Y. (1983). An accelerometric measure as a physical correlate of perceived hypernasality in speech. *Journal of Speech and Hearing Research*, 26, 476-480.
- House, A.S. and Stevens, K.N. (1956). Analog studies of the nasalization of vowels, *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 21, 218-222.
- House, A.S. (1957). Analog studies of nasal consonants. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 22, 190-204.
- Hyman, L.M. (1975). Nasal states and nasal processes, in Ferguson, C.A, Hyman, L.M, and Ohala, J.J (eds), *Nasalfest, Papers from a Symposium on Nasals and Nasalization* 249-264, Language Universals Project, Stanford University.
- Jakobson, R., Gunnar, C., Fant, M. et Halle, M. (1952). *Preliminaries to speech analysis : the distinctive features and their correlates*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Jones, D. (2006). *Cambridge English Pronouncing Dictionary* (17^{ème} édition). Cambridge, Cambridge University Press.
- Katz, W., Machetanz, J., Orth, U. et Schonle, P. (1990). A kinematic analysis of anticipatory coarticulation in the speech of anterior aphasic subjects using electromagnetic articulography. *Brain and Language*, 38, 555-575.
- Kawasaki, H. (1986). Phonetic explanation for phonological universals :the case of distinctive vowel nasalization, in Ohala, J.J. and Jaeger, J.J (eds), *Experimental Phonology*, New York, NY : Academic Press, 81-103.
- Kawasaki, H. (1986). Phonetic explanation for phonological universals : the case of distinctive vowel nasalization, in Ohala, J.J. and Jaeger, J.J. (eds), *Experimental Phonology*, New York, NY :Academic Press, 81-103.
- Keir, J. (2009). Why Do We Have Paranasal Sinuses ?. *The Journal of Laryngology and Otology*, 123(1), 4-8.
- Kelsey, C.A., Woodhouse, R.J. et Minifie, F.D. (1969). Ultrasonic observations of coarticulation in the pharynx. *Journal of the Acoustical Society of America*, 46, 1016-1018.
- Kent, R.D., Carney, P.J., et Severeid, L.R. (1974). Velar movement and timing : Evaluation of a model for binary control. *Journal of Speech and Hearing Research*, 17, 470-488.
- Kenyon, J. et Knott, T. (1953). *A Pronouncing Dictionary of American English* (2^{ème} édition). Springfield, Mass. : Merriam-Webster.
- Khan, M. (1997). *Urdu Ka Sauti Nizam*. Muqtadara Qaumi Zaban, Islamabad, Pakistan.
- Klatt, D.H. (1980). Software for a cascade/parallel formant synthesizer. *Journal of the Acoustical Society of America*, 67, 971-995.
- Kordić, S. (2009). Policentrični standardni jezik in L. Badurina, I. Pranjković, et J. Silić (Eds.).
- Kuenzel, H.J. (1977). A photo-electric investigation of velar height during vowel articulation: First application of the velograph. *Arbeitsberichte*, 8, 111-131.
- Kuenzel, H.J. (1978). Reproducibility of electromyographic and velographic measurements of the velopharyngeal closure mechanism. *Journal of Phonetics*, 6, 345-351.

- Krakow, R. A. and Huffman, M. K. (1993). Instruments and techniques for investigating nasalization and velopharyngeal function in the laboratory: An introduction. In *Phonetics and phonology, volume 5, Nasals, nasalization and the velum, 5*, Edited by Huffman, Marie & Krakow, Rena San Diego: Academic Press, 3-59.
- Krakow, R.A., Beddor, P.S., Goldstein, L.M. et Fowler, C.A. (1988). Coarticulatory influences on the perceived height of nasal vowels, *Journal of the Acoustical Society of America*, 83, 1146-1158.
- Krakow, R.A. and Beddor, P.S. (1991). Coarticulation and the perception of nasality, *Proceedings of the XIIth International Congress of Phonetic Sciences, Aix-en-Provence, 5*, 38-52.
- Kristoffersen, G. (2000). *The Phonology of Norwegian*. Oxford University Press.
- Kuehn, D.P. et Moll, K.L. (1972). Perceptual effects of forward coarticulation, *Journal of Speech and Hearing Research*, 15, 654-664.
- Kuenzel, H. J., (1977a). A photo-electric investigation of velar height during vowel articulation : first application of the velograph. *Arbeitsberichte*, 8, 111-131.
- Kuenzel, H. (1978). Reproducibility of electromyographic and velographic measurements of the velopharyngeal closure mechanism. *J. of Phonetics*, 6, 345-351.
- Kuhnert, B. et Nolan, F. (1999). The origin of coarticulation. In : *Hardcastle, William J./Hewlett, Nigel (edd.) : Coarticulation : theory, data and techniques*. Cambridge : Cambridge University Press, 7-30.
- Lacerda, A. de and Head, B.F. 1963, *Analyse de sons nasais e sons nasalizados do Portugues*, Rev.Lab, Fonetica, University of Coimbra, Portugal.
- Larson, P.L. et Hamlet, S.L. (1987). Coarticulation effects on the nasalization of vowels using nasal/voice amplitude ratio instrumentation. *Cleft Palate Journal*, 27, 286-290.
- Léon, P. (1966). *Phonétisme et prononciation du français*. Nathan Université. Paris.
- Léon, P. (1966). *Prononciation du français standard*.
- Lieberman, A.M., Delattre, P.C., Cooper, F.S. et Gerstman, L.J. (1954). The role of consonant-vowel transitions in the perception of the stop and nasal consonants, *Psychological monographs*, 68, 1-13
- Lippman, R.P. (1981)? Detecting nasalization using a low-cost miniature accelerometer. *Journal of Speech and Hearing Research*, 24, 314-317.
- Lonchamp, F. (1978). *Recherches sur les indices perceptifs des voyelles orales et nasales du français*, Thèses de 3^{ème} cycle, Université of Nancy.
- Lubker, J., F. (1968). An electromyographic-cineradiographic investigation of velar function during normal speech production, *Cleft Palate Journal*, 5, 1-18.
- Maddieson I. (1991). Testing the universality of phonological generalizations with a phonetically-specified segment database : results and limitations. *Phonetica* 48(2-4), 193-206.

- Maddieson, I. (1984). *Patterns of sounds*. Cambridge : Cambridge University Press, 118.
- Maeda, S. (1982a). Acoustic cues of vowel nasalization : A simulation study. *Journal of Acoustic of Society of America*, 72.
- Maeda, S. (1984). Une paire de pics spectraux comme corrélat acoustique de la nasalisation des voyelles, 13èmes Journées d'Etudes sur la Parole, Bruxelles : GALF, 223-224.
- Maeda, S. (1992). Modélisation articulatoire du conduit vocal. *Journal de Physique*, 2, 307-314.
- Maeda, S. (1993). Acoustics of vowel nasalization and articulatory shifts in french nasal vowels. In *Phonetics and phonology, volume 5, nasals, nasalization and the velum, 5*, Edited by Huffman, Marie & Krakow, Rena San Diego : Academic Press. 174-167.
- Maeda, 2000 Maeda, 2000 cours SL444.
- Malderez, I., (1991). Neutralisation des voyelles nasales chez des enfants d'ile de france. XIIème congrès International des Sciences Phonétiques (ICPhS), Aix- En -Provence, France, Publi: Université de Provence Aix-Marseille I, 2,174-177.
- Malécot, A. (1956). Acoustic cues for nasal consonants: an experimental study involving tape splicing techniques. *Language*, 32, 274-284.
- Malécot, A. (1960). Vowel nasality as a distinctive feature in American English, *Language*, 36, 222-229.
- Manuel, S. (1990). The role of contrast in limiting vowel-to-vowel coarticulation in three Bantu languages, PhD dissertation, Yale University, New Haven, CT.
- Martinet, A. (1955). *Économie des changements phonétiques : traité de phonologie diachronique*. Berne : Francke SA.
- Martinet, A., (1964). *Economie des changements phonétiques*, Berne.
- Martinet, A., (1969). *Le Français sans Fard*. Paris, Presses Universitaires de France.
- Menzerath, P., et de Lacerda, A. (1933). *Koartikulation, Steuerung und Lautabgrenzung*, Berlin and Bonn : Fred. Dummlers.
- Mettas, O. (1973). Les réalisations vocaliques d'un sociolecte parisien, *Travaux de l'Institut de Phonétique de Strasbourg*, 5, 1-11.
- Minifie, F.D., Hixton, T.J., Kelsey, C.A. et Woodhouse, R.J. (1970). Lateral pharyngeal wall movement during speech production. *Journal Speech and Hearing*, 13, 584-594.
- Mixco, M. (1997). *Mandan*. Munich : Lincom Europa.
- Moll, K, (1962). Velopharyngeal closure in vowels, *Journal of Speech and Hearing Research*, 5, 30-7.
- Moll, K., et Shriner, T., H. (1967). Preliminary investigation of a new concept of velar activity during speech, *Cleft Palate Journal*, 4, 58-69.

- Moll, K et Daniloff, R., (1971). Investigation of the timing of velar movements during speech, *Journal of the Acoustical Society of America*, 50, 678-84.
- Moller, K.T., Martin, R.R. et Christiansen, R.I. (1971). A technique for recording velar movement. *Cleft Palate Journal*, 8, 263-276.
- Naim, C.M. (1999) *Introductory Urdu*, vol 1, Revised, Third Edition, South Asia Language & Area Center, University of Chicago.
- Ohala, J. and Ohala, M. (1975). Phonetic explanations for nasal sound patterns, dans Ferguson, C.A., Hyman, Nasalfest, *Papers from a Symposium on Nasals and Nasalization*, Language Universal Project, Stanford, CA, 289-316.
- Ohala, J. (1971). Monitoring soft palate movements in speech. *Journal of Acoustical Society of America*, 50, 140.
- Ohala, J. (1983). The origin of sound patterns in vocal tract constraints. Dans « The production of speech, édité par P.F., Mac Neilage New York : Springer-Verlag, 189-216.
- Ohala, M. (1983). *Aspects of Hindi Phonology*, Delhi : Motilal Banarsidass.
- Ohala, M. (1991). Phonological areal features of some Indo-Aryan languages. *Language Science* 13, 107-124.
- Ohala, M. et Ohala, J. (1991). Epenthetic nasals in the historical phonology of hindi. *Proceedings of the XIIème International congress of Phonetic sciences*.
- Ohala, M. (1999). Hindi. In international Phonetic Association, *Handbook of the International Phonetic Association : a Guide to the Use of the International Phonetic Alphabet*. Cambridge University Press, 100-103.
- Ohman, S. (1966). Coarticulation in VCV utterances : spectrographic measurements. *Journal of the Acoustical Society of America*, 39, 151-168.
- Ouvaroff, T. et Rossatto, S. (2006). Nasalité consonantique et coarticulation : étude perceptive. *Journées d'études sur la parole*, Dinard.
- Ostreicher, H.J. et Sharf, D.J. (1976). Effects of coarticulation on the identification of deleted consonant and vowel sounds, *Journal of Phonetics*, 4, 285-301
- Parush, A. (1984). *Movement Organization in Speech Production : Implications from studies of Coarticulation*. Unpublished doctoral dissertation, McGill University, Montreal, Canada.
- Passy, P. E. (1890). *Etude sur les changements phonétiques et leurs caractères généraux*. Paris : Firmin-Didot. Vol.1, 270p.
- Paul, H. (1898). *Prinzipien der Sprachgeschichte* (3rd edn), Halle : Niemeyer.
- Pope, M. K. (1934). *From Latin to Modern French with Especial Consideration of Anglo-Norman Phonology and Morphology*. Manchester : Manchester University Press.
- Pope, M.K., (1994). *From latin to modern french*. Manchester.
- Ramig, L.O., Scherer, R.C., Klasner, E.R., Titze, I.R. et Horii, Y. (1990). Acoustic analysis of voice in amyotrophic lateral sclerosis. *Journal of Speech and Hearing Research*, 5, 2-14.

- Redenbaugh, M.A. et Reich, A.R. (1985). Correspondence between an accelerometric nasal/voice amplitude ratio and listeners direct magnitude estimation of hypernasality. *Journal of Speech and Hearing Research*, 28, 273-281.
- Ridjanovic, M. (1988) *Jezik i njegova struktura*. Sarajevo, Svjetlost.
- Rochet, A.P. et Rochet, B.L. (1991). The effect of vowel height on patterns of assimilation nasality in French and English, *Proceedings of the XIIth International Congress of Phonetic Science*, Aix-en-Provence, 3, 53-7.
- Rossato, S. (2000). *Du son au geste, inversion de la parole : le cas des voyelles nasales*. Thèse de doctorat, Signal Image Parole Télécoms, Institut National Polytechnique de Grenoble.
- Rossato, S., Badin, P. et Feng, G. (2000). Estimation des mouvements du voile du palais à partir du signal de parole pour les voyelles nasales du Français. *23èmes Journées d'Etude de la Parole, Aussois*, 137-140.
- Rossato, S., Badin, P. et Bouaouni, F. (2003). Velar movements in French : an articulatory and acoustical analysis of coarticulation. In *Proceedings of the 15th International Congress of Phonetic Sciences* (M.J. Solé, D.Recasens et R. Joaquim, editors), 3141-3145. Barcelona, Spain. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Rossato, S., Teixeira, A. et Ferreira, L. (2006). Les Nasales du Portugais et du Français : une étude comparative sur les données EMMA. *26èmes Journées d'Etude sur la Parole, Dinard*.
- Rothenberg, M. (1977). Measurement of airflow in speech. *JSHR*, 20, 155-176.
- Rousselot, P.J. (1897-1901). *Principes de Phonétique Experimentale*, I-II. Paris :H.Welter.
- Ruhlen, M. (1975). Patterning of nasal vowels. In *Nasalfest : Papers from a symposium on nasals and nasalization*, Edited by Ferguson, Hyman, Ohala Stanford University : Language Universal Project, Dept. of Linguistic, 175-196.
- Ryan, W.J. and Hawkins, C.F. (1976). Ultrasonic measurement of lateral pharyngeal wall movement at the velopharyngeal port. *Cleft Palate Journal*, 13, 156-164.
- Sawashima, M. and Ushijima, T. (1971). Use of the fiberscope in speech research, *Annual Bulletin of the Research Institute of Logopedics and Phoniatics, University of Tokyo*, 5, 25-34.
- Sawashima, M. (1977). Fiberoptic observations of the larynx and other speech organs. In Sawashima M. and Cooper F.S. (eds), *Dynamic Aspects of Speech production*. Tokyo : University press of Tokyo.
- Scripture, E. (1902). *The Elements of Experimental Phonetics*, New York, NY: Charles Scribner's Sons.
- Serrurier, A. (2006). *Modélisation tridimensionnelle des organes de la parole à partir d'images IRM pour la production de nasales - Caractérisation articulatoire-acoustique des mouvements du voile du palais*. Thèse de Doctorat. Institut de la Communication Parlée.
- Sharf, D.J. et Ohde, R.N. (1981). Physiologic, acoustic and perceptual aspects of coarticulation: implication for the remediation of articulatory disorders, in lass, N.J (ed), *Speech and Language : Advances in Basic Research and Practice V*, New York, NY: Academic Press, 153-247.

- Shawker, T.H. *et al.* (1984). Soft tissue anatomy of the tongue and floor of the mouth : An ultrasound demonstration. *Brain and Language*, 21, 335-350.
- Sievers, E., (1876). *Grundzuge der Lautphysiologie zur Einfuhrung in das Studium der Lautlehre der Indogermanischen Sprachen*. Leipzig : Breitkopf and Hartel.
- Škarić, I. (1991). Fonetika hrvatskoga književnog jezika (La phonétique de la langue croate standard). In S. Babić, D. Brozović, M. Moguš, S. Pavešić, I. Škarić & S. Težak (Eds.), *Povijesni pregled, glasovi i oblici hrvatskoga književnog jezika (Aperçu historique, sons et formes de la langue croate standard)* (pp. 61-377). Zagreb: Globus, Nakladni zavod - Academia scientiarum et artium Croaticae.
- Solé, M. J. and Ohala, J. J. (1991). Differentiating between phonetic and phonological processes : The case of nasalization. *Actes du XIIème Congrès International des Sciences Phonétiques*, Aix en Provence, 3, 110-113.
- Solé, M.J. (1992). Phonetic and phonological processes: The case of nasalization. *Language and Speech*, 35, 29–43.
- Stevens, K.N. 1972. «The quantal nature of speech : evidence from articulatory-acoustic data.» Dans E.E. David, Jr. et P.B. Denes, édés, *Human Communication : a Unified View*. New York : McGraw-Hill, pp. 51-66.
- Stevens, K.N., Kalikow, D.N. et Willemain, T.R.. (1975). A miniature accelerometer A miniature accelerometer for detecting glottal wavefoRMS and nasalization. *Journal of Speech and Hearing Research*, 18, 594-599.
- Stevens, K.N., Nickerson, R.S., Boothroyd, A. et Rollins, A.M. (1976). Assessment of nasalization in the speech of deaf children. *Journal of Speech and Hearing*, 19, 393-416.
- Stevens, K.N. et Blumstein, S.E. (1979) Invariant cues for place of articulation in stop consonants. *Journal of the Acoustic Society of America*, 64, 1358-68.
- Stevens, K. N., Fant, G. & Hawkins, S., (1987). Some acoustical and perceptual correlates of nasal vowels. In *Honor of Ilse Lehiste*. Dordrecht, Holland, Foris Publications.
- Stevens, K.N. (1997). Articulatory-acoustic-auditory relationships. In William J. Hardcastle and John Laver, édés, 462-506.
- Stevens, K.N. (2000). Diverse acoustic cues at consonantal landmarks. *Phonetica*, 57, 139-151.
- Stone, M., Shawker, T.H., Talbot, T.L. et Rich, A.H. (1988), Cross-sectional tongue shape during the production of vowels, *Journal of the Acoustical Society of America*, 83, 1586-1596
- Straka, G. (1965). *Album phonétique*. Québec, Les Presses de l'Université Laval.
- Straka, G. (1979b). Remarques sur les voyelles nasales leur origine et leur évolution en français. Dans « Les sons et les mots », Chapitre 13, Paris : Klincksieck. 502-531.
- Su, L.S, Li, K.P. et Fu, K.S. (1974). Identification of speakers by use of nasal coarticulation. *Journal of the Acoustical Society of America*, 56, 1876-82.

Su, L.S., Daniloff, R. et Hammarberg, R. (1975). Variation in lingual coarticulation at certain juncture boundaries, *Phonetica*, 32, 254-263.

Thomas, P.-L. (2002). Le serbo-croate (bosniaque, croate, monténégrin, serbe) : d l'étude d'une langue à l'identité des langues. *Revue des études slaves*, 74 (2-3), 311-325.

Thomas, P.-L. (2008). Changements linguistiques en bosniaque-croate monténégrin-serbe. *Revue des études slaves*, 79 (1-2), 163-176.

Tillmann, H. G., (1994). Phonetics, early modern, especially instrumental work, in Asher, R. (ed.), *The Encyclopedia of Language and Linguistics VI*, Oxford : Pergamon, 3082-3094.

Tronnier, M. (1995). A method for tracing nasality. In *Proceedings of the 11th International Congress of Phonetic Sciences*, Stockholm, 452-455. Tronnier, M., (1998). Nasals and nasalisation in speech production. Lund University Press.

Tronnier, M., (1998). Nasals and nasalisation in speech production. Lund University Press.

Trubetzkoy, N.S. (1969). Principles of phonology. (Translation of *Grundzüge der Phonologie*, 1939, by Christiane A.M. Baltaxe) Berkeley : University of California Press.

Ushijima, T. et Sawashima, M. (1972). Fiberscopic observation of velar movements during speech, *Annual Bulletin Research Institute of Logopedics and Phoniatics*, University of Tokyo, 6, 25-38.

Ushijima, T. et Hirose, H. (1974). Electromyographic study of the velum during speech. *Journal of Phonetics*, 2, 315-326.

Vaissière, J. (1986). Comment on 'Invariance and variability in speech production : a distinction between linguistic intent and its neuromotor implementation' by J.H. Abbs., J. Perkell and D.N. Klatt. *Invariance and Variability in Speech Processes*, Lawrence Erlbaum Associates, 220-222.

Vaissière, J., (1988). Prediction of velum movement from phonological specifications. *Phonetica*, 45, 122-139.

Vaissière J., et Amelot A., (2008). Nasalité, coarticulation et anticipation. Université de la Sorbonne Nouvelle-Paris3.

Vaissière, J. (2008). Aspects aérodynamiques et acoustiques de la nasalité. Ecole Thématique CNRS : Dynamique de la nasalité. Ile de Porquerolles. France.

Vaissière, J., Honda, K., Amelot, A., Maeda, S. et Crevier-Buchman, L. (2010). Multisensor platform for speech physiology research in a phonetics laboratory. *The Journal of the Phonetic Society of Japan*, 14 (2), 65-78.

Vaissière, J. (2008), Aspects aérodynamiques et acoustiques de la nasalité, Ecole Thématique CNRS : Dynamique de la nasalité, Ile de Porquerolles, Sep 2008, Ile de Porquerolles, France (<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00680166>)

Vaissière, J. (1986), Comment on Invariance and variability in speech production : a distinction between linguistic intent and its neuromotor implementation' by J. H. Abbs.. J. Perkell and D. N. Klatt. *Invariance and Variability in Speech Processes*, Lawrence Erlbaum Associates, pp. 220-222, 1986. <halshs-00368889>

- Vaxelaire, B. (1997). Contrôle du velum et nasalité en français. 8èmes Rencontres Linguistiques en Pays Rhénans. Sciences Cognitives, Linguistique et Intelligence Artificielle - SCOLIA. 10, 39-60.
- Vaxelaire, B., Sock, R. Bonnot, J.-F. et Keller, D. (1999). Anticipatory labial activity in the production of French rounded vowels. X-ray and acoustic data. 14th International Congress of Phonetic Sciences. San Francisco, USA, 1, 53-56.
- Vaxelaire, B., Sock, R., Roy, J.-P., Achi, A. et Hecker, V. (2003). Audible and inaudible anticipatory gestures in French. 15th International Congress of Phonetic Sciences. Barcelona, 447- 450.
- Walter, H. (1994). Variétés actuelles des voyelles nasales du français . *Communication & cognition*, 27(1-2), 223-235.
- Warren, D. W. (1964). Velopharyngeal orifice size and upper pharyngeal pressure-flow patterns in normal speech. *Plast. Reconstr. Surg.*, 33, 148-162.
- Warren, D., Hinton, V., Pillsbury, H. C. et Hairfield, W.M. (1987). Effects of size of the nasal airway on nasal airflow rate. *Archives of Otolaryngology*, 113, 405-408.
- Weeks, R., (1893). A method of recording the soft palate movements in speech. *Studies and notes in Philology and Literature II*, 213.
- Wells, J. (1982). *Accents of English*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Wells, J. (2008). *Pronunciation Dictionary* (3^{ème} édition). Harlow, UK: Pearson Education.
- Whalen, D.H. et Beddor, P.S. (1989). Connections Between Nasality and Vowel Duration and Height : Elucidation of the Eastern Algonquian Intrusive Nasal. *Language*, 65, 457-486.
- Wioland F., (1985). *Les structures syllabiques du français : fréquence et distribution des phonèmes consonantiques ; contraintes idiomatiques dans les séquences consonantiques*. Genève, Slatkine / Paris, Champion.
- Wioland F., (1991). *Prononcer les mots du français : des sons et des rythmes*. Paris, Hachette.
- Zee, E. (1981), Effect of vowel quality on perception of post-vocalic nasal consonant in noise, *Journal of Phonetics*, 9, 35-48.
- Zerling, J.-P. (1984). Phénomènes de nasalité et de nasalisation vocalique : Étude cinéradiographique pour deux locuteurs. *Travaux de l'Institut de phonétique de Strasbourg*, 16, 241-266.

ANNEXES

1. Corpus enregistré

- Des voyelles isolées prononcées dans une phrase cadre. Nous avons enregistré toutes les voyelles dans chaque langue mais pas toutes les voyelles ont été analysées dans la présente étude.
- Des logatomes CVNC et CV~C
- Des mots CVN, NVC, NVN dans chaque langue (imitation du corpus de Cohn, 1990).
- Des séquences VN, VVN, VVVN dans chaque langue (imitation du corpus de Benguerel 1977)
- Des phrases dans chaque langue où on a fait varier le mot contenant la syllabe finale VN dans différentes positions prosodiques: au début, au milieu et à la fin de la phrase. Par exemple : Il n'y a pas de roses sans épine; Des épines peuvent nous piquer; Si les roses ont des épines, elles sentent bon)

Tableau 34: Corpus enregistré en anglais américain

ANGLAIS AMERICAIN		
Voyelles isolées	Logatomes	Mots
I say ʌ like in cup	Repeat plmp Kate	Repeat bean Kate
I say æ like in black	Repeat tlmt Kate	Repeat dean Kate
I say ə like in away	Repeat klmk Kate	Repeat lean Kate
I say e like in bed	Repeat blmb Kate	Repeat wren Kate
I say ɜ̀ like in learn	Repeat dlmd Kate	Repeat yen Kate
I say ɪ like in hit	Repeat glmg Kate	Repeat Len Kate
I say i: like in see	Repeat flmf Kate	Repeat pen Kate
I say a: like in hot	Repeat slms Kate	Repeat den Kate
I say ɔ: like in call	Repeat flmf Kate	Repeat rain Kate
I say ʊ like in put	Repeat vlmv Kate	Repeat rayon Kate
I say u: like in food	Repeat zlmz Kate	Repeat biennial Kate
I say aɪ like in five	Repeat ɜlmɜ Kate	Repeat net Kate
I say aʊ like in now	Repeat llml Kate	Repeat Ned Kate
I say oʊ like in go	Repeat rlmr Kate	Repeat Nell Kate

I say eə ^r like in	Repeat mɪm Kate	Repeat knee Kate
I say eɪ like in say	Repeat nɪn Kate	Repeat neat Kate
I say ɪə ^r like in here	Repeat ɹʌmp Kate	Repeat need Kate
I say oɪ like in boy	Repeat tʌmt Kate	Repeat kneel Kate
I say ʊə ^r like in pure	Repeat kʌmk Kate	Repeat near Kate
	Repeat bʌmb Kate	Repeat night Kate
	Repeat dʌmd Kate	Repeat naïve Kate
	Repeat ɡʌmg Kate	Repeat neo Kate
	Repeat fʌmf Kate	Repeat biennial Kate
	Repeat sʌms Kate	Repeat men Kate
	Repeat ʃʌmf Kate	Repeat mean Kate
	Repeat vʌmv Kate	Repeat none Kate
	Repeat zʌmz Kate	Repeat be neat Kate
	Repeat ʒʌmʒ Kate	Repeat beannie Kate
	Repeat ɪʌml Kate	Repeat Elmer Kate
	Repeat ɹʌmr Kate	Repeat Tell more Kate
	Repeat mʌm Kate	Repeat needy Kate
	Repeat nʌn Kate	Repeat knee deep Kate
	Repeat ɹɑ:mp Kate	Repeat Its meal Kate
	Repeat tɑ:mt Kate	Repeat Its mealy Kate
	Repeat kɑ:mk Kate	Repeat Its me Lee Kate
	Repeat bɑ:mb Kate	Repeat Meany Kate
	Repeat dɑ:md Kate	Repeat me neither Kate
	Repeat ɡɑ:mg Kate	
	Repeat fɑ:mf Kate	
	Repeat sɑ:ms Kate	
	Repeat ʃɑ:mf Kate	

	Repeat vɑ:mʌ Kate	
	Repeat zɑ:mz Kate	
	Repeat ʒɑ:mʒ Kate	
	Repeat lɑ:ml Kate	
	Repeat rɑ:mr Kate	
	Repeat mɑ:m Kate	
	Repeat nɑ:n Kate	
	Repeat pæmp Kate	
	Repeat tæmt Kate	
	Repeat kæmk Kate	
	Repeat bæmb Kate	
	Repeat dæmd Kate	
	Repeat gæmg Kate	
	Repeat fæmf Kate	
	Repeat sæms Kate	
	Repeat ʃæmf Kate	
	Repeat væmv Kate	
	Repeat zæmz Kate	
	Repeat ʒæmʒ Kate	
	Repeat læml Kate	
	Repeat ræmr Kate	
	Repeat mæm Kate	
	Repeat næn Kate	
	Repeat pemp Kate	
	Repeat temt Kate	
	Repeat kemk Kate	
	Repeat bemb Kate	

	Repeat demd Kate	
	Repeat gemg Kate	
	Repeat femf Kate	
	Repeat sems Kate	
	Repeat femf Kate	
	Repeat vemv Kate	
	Repeat zemz Kate	
	Repeat zemz Kate	
	Repeat leml Kate	
	Repeat remr Kate	
	Repeat mem Kate	
	Repeat nen Kate	
	Repeat piꞑmp Kate	
	Repeat tiꞑmt Kate	
	Repeat kiꞑmk Kate	
	Repeat biꞑmb Kate	
	Repeat diꞑmd Kate	
	Repeat giꞑmg Kate	
	Repeat fiꞑmf Kate	
	Repeat siꞑms Kate	
	Repeat jiꞑmf Kate	
	Repeat viꞑmv Kate	
	Repeat ziꞑmz Kate	
	Repeat ziꞑmz Kate	
	Repeat liꞑml Kate	
	Repeat riꞑmr Kate	
	Repeat miꞑm Kate	

	Repeat ni:n Kate	
	Repeat pi:mp Kate	
	Repeat ti:mt Kate	
	Repeat ki:mk Kate	
	Repeat bi:mb Kate	
	Repeat di:md Kate	
	Repeat gi:mg Kate	
	Repeat fi:mf Kate	
	Repeat si:ms Kate	
	Repeat fi:mʃ Kate	
	Repeat vi:mv Kate	
	Repeat zi:mz Kate	
	Repeat zi:mʒ Kate	
	Repeat li:ml Kate	
	Repeat ri:mr Kate	
	Repeat mi:m Kate	
	Repeat ni:n Kate	
	Repeat pi:mp Kate	
	Repeat ti:mt Kate	
	Repeat ki:mk Kate	
	Repeat bi:mb Kate	
	Repeat di:md Kate	
	Repeat gi:mg Kate	
	Repeat fi:mf Kate	
	Repeat si:ms Kate	
	Repeat fi:mʃ Kate	
	Repeat vi:mv Kate	

	<p>Repeat zʊmz Kate</p> <p>Repeat ʒʊmʒ Kate</p> <p>Repeat lʊml Kate</p> <p>Repeat rʊmr Kate</p> <p>Repeat mʊm Kate</p> <p>Repeat nʊn Kate</p>	
Séquences VN, VVN et VVVN	Phrases	
<p>answer</p> <p>ae answer</p> <p>ae ae answer</p> <p>unhealthy</p> <p>ʌ unhealthy</p> <p>ʌ ʌ unhealthy</p> <p>amount</p> <p>ə amount</p> <p>ə ə amount</p> <p>inequality</p> <p>ɪ inequality</p> <p>ɪ ɪ inequality</p> <p>omelet</p> <p>ɑː omelet</p> <p>ɑː ɑː omelet</p> <p>empty</p> <p>e empty</p> <p>e e empty</p>	<p>The word you use to say that you run faster then someone else is outrun.</p> <p>Outrun him you are faster then him.</p> <p>If you outrun him you will get a reward.</p> <p>If some countries give up the use of weapons they disarm.</p> <p>Disarm theses people thats my order.</p> <p>We agree to disarm troops.</p> <p>I dont want to take that exam.</p> <p>An exam is a formel test that you take to show your knowledge.</p> <p>Kates exam results were excellent.</p> <p>The smallest amount of a substance is an atom.</p> <p>An atom is the smallest amount of a substance.</p> <p>Small amounts of a substance like an atom can take part in a chemical reaction.</p> <p>Particular or temporarily position is called job pro tem.</p> <p>Pro tem is a word we use to describe a job which is particular and temporarily.</p> <p>If you have a particular position or job protem you have it temporarily.</p> <p>A painful burning sensation in your chest is called</p>	

	<p>heartburn.</p> <p>A heartburn is a painful burning sensation in your chest.</p> <p>If you have heartburn you feel painful burning sensation in your chest.</p> <p>You use begin to mention the first thing that someone says.</p> <p>To mention the first thing that someone says you use begin.</p> <p>Begin is the word you use to mention the first thing that someone says.</p> <p>To mention that you respect and admire something you use the word esteem.</p> <p>Esteem is the word you use to mention that you respect and admire something.</p> <p>If you esteem something you respect and admire it.</p> <p>Nick jumped down from the platform.</p> <p>A platform is a flat raised structure.</p> <p>I was not even on the platform when the train was about to leave.</p> <p>I love the Saturday morning cartoon.</p> <p>A cartoon is a film in which all the characters are drawn.</p> <p>One of the best loved cartoon characters is Mickey Mouse.</p>
--	--

Tableau 35: Corpus enregistré en bosnien

BOSNIEN		
Voyelles isolées	Logatomes	Mots
Kazes i kao div	Kazes pimp dva puta	Kazes bon dva puta
Kazes e kao pec	Kazes timt dva puta	Kazes ton dva puta
Kazes a kao tata	Kazes kimk dva puta	Kazes dom dva puta
Kazes u kao puz	Kazes bimb dva puta	Kazes lom dva puta

Kazes o kao pod	<p>Kazes dimd dva puta</p> <p>Kazes gimg dva puta</p> <p>Kazes fimf dva puta</p> <p>Kazes sims dva puta</p> <p>Kazes fimf dva puta</p> <p>Kazes vimv dva puta</p> <p>Kazes zimz dva puta</p> <p>Kazes zimz dva puta</p> <p>Kazes liml dva puta</p> <p>Kazes rimr dva puta</p> <p>Kazes mim dva puta</p> <p>Kazes nin dva puta</p> <p>Kazes pemp dva puta</p> <p>Kazes temt dva puta</p> <p>Kazes kemk dva puta</p> <p>Kazes bemb dva puta</p> <p>Kazes demd dva puta</p> <p>Kazes gemg dva puta</p> <p>Kazes femf dva puta</p> <p>Kazes sems dva puta</p> <p>Kazes femf dva puta</p> <p>Kazes vemv dva puta</p> <p>Kazes zemz dva puta</p> <p>Kazes zemz dva puta</p> <p>Kazes leml dva puta</p> <p>Kazes remr dva puta</p> <p>Kazes mem dva puta</p>	<p>Kazes dan dva puta</p> <p>Kazes ram dva puta</p> <p>Kazes van dva puta</p> <p>Kazes Ban dva puta</p> <p>Kazes nek dva puta</p> <p>Kazes na dva puta</p> <p>Kazes me dva puta</p> <p>Kazes nos dva puta</p> <p>Kazes nov dva puta</p> <p>Kazes nar dva puta</p> <p>Kazes nas dva puta</p> <p>Kazes ne dva puta</p> <p>Kazes nam dva puta</p> <p>Kazes mimo dva puta</p> <p>Kazes non stop dva puta</p> <p>Trgovati namalo</p> <p>Na malo dijete paziti</p> <p>Kazes Dijana dva puta</p> <p>Kazes prionuti dva puta</p> <p>Kazes Orijent dva puta</p> <p>Kazes lijen dva puta</p> <p>Kazes nauka dva puta</p> <p>Kazes linija dva puta</p> <p>Kazes neurolog dva puta</p> <p>Kazes naokolo dva puta</p> <p>Sve moguće pretpostavke</p> <p>Svemogući bog</p>
-----------------	---	--

	Kazes nen dva puta	Dosta zemalja zele uci u
	Kazes pamp dva puta	Nato savez
	Kazes tamt dva puta	Ne misli na to
	Kazes kamk dva puta	Izet se dobro naoci drzi
	Kazes bamb dva puta	Na oci mi ne izlazi
	Kazes damd dva puta	
	Kazes gamg dva puta	
	Kazes famf dva puta	
	Kazes sams dva puta	
	Kazes famf dva puta	
	Kazes vamv dva puta	
	Kazes zamz dva puta	
	Kazes zamz dva puta	
	Kazes laml dva puta	
	Kazes ramr dva puta	
	Kazes mam dva puta	
	Kazes nan dva puta	
	Kazes pump dva puta	
	Kazes tumt dva puta	
	Kazes kumk dva puta	
	Kazes bumb dva puta	
	Kazes dumd dva puta	
	Kazes gumg dva puta	
	Kazes fumf dva puta	
	Kazes sums dva puta	
	Kazes fumf dva puta	
	Kazes vumv dva puta	

	<p>Kazes zumz dva puta</p> <p>Kazes zumz dva puta</p> <p>Kazes luml dva puta</p> <p>Kazes rumr dva puta</p> <p>Kazes mum dva puta</p> <p>Kazes nun dva puta</p> <p>Kazes pomp dva puta</p> <p>Kazes tomt dva puta</p> <p>Kazes komk dva puta</p> <p>Kazes bomb dva puta</p> <p>Kazes domd dva puta</p> <p>Kazes gomg dva puta</p> <p>Kazes fomf dva puta</p> <p>Kazes soms dva puta</p> <p>Kazes fomf dva puta</p> <p>Kazes vomv dva puta</p> <p>Kazes zomz dva puta</p> <p>Kazes zomz dva puta</p> <p>Kazes loml dva puta</p> <p>Kazes romr dva puta</p> <p>Kazes mom dva puta</p> <p>Kazes non dva puta</p>	
Séquences VN, VVN et VVVN	Phrases	
inovacija Izet prati inovacije	Najljepsi grad u Bosni je Cazin. Cazin je grad u Bosni.	

<p>Izet prati i inovacije</p> <p>energija</p> <p>secer daje energiju</p> <p>secer daje e energiju</p> <p>analiza</p> <p>dobra analiza</p> <p>dobra a analiticka analiza</p> <p>o nauci</p> <p>o onoj knjizi</p> <p>govorio o onoj knjizi il ne govorio isto je</p> <p>unesreciti</p> <p>u unesrecenoj porodici</p> <p>naci sreću u unesrecenoj porodici</p>	<p>Volim Cazin koji se nalazi u Bosni.</p> <p>Moras razumjeti sta znaci system.</p> <p>Kada kazes sistem moras razumjeti sta to znaci.</p> <p>Sistem je skup entiteta koji cine jednu cijelinu.</p> <p>Najljepša zivotinja je ovan.</p> <p>Ovan je najljepša zivotinja.</p> <p>Kada neko kaze ovan ja se sjetim svoga Crnje.</p> <p>Od svih materijala najbolji je beton.</p> <p>Beton je gradjevinski materijal.</p> <p>Nakon sto se ugradi beton se susi.</p> <p>Za kupanje koristi mirisni sapun.</p> <p>Sapun se upotrebljava za pranje.</p> <p>Ako zelis pravi sapun koristi onaj od prirodnih ulja.</p>
---	---

Tableau 36: Corpus enregistré en français

FRANCAIS		
Voyelles isolées	Logatomes	Mots
Je dis i comme dans pipi	Je dis pimp deux fois	Je dis bonne deux fois
Je dis e comme dans fée	Je dis timt deux fois	Je dis daine deux fois
Je dis ε comme dans père	Je dis kimk deux fois	Je dis donne deux fois
Je dis a comme dans papa	Je dis bimb deux fois	Je dis tonne deux fois
Je dis y comme dans usure	Je dis dimd deux fois	Je dis veine deux fois
Je dis ø comme dans feu	Je dis gimg deux fois	Je dis lionne deux fois
Je dis œ comme dans peur	Je dis fimf deux fois	Je dis viennent deux fois
Je dis u comme dans poux	Je dis sims deux fois	Je dis beau nez deux fois

Je dis o comme dans pot	Je dis ʃimʃ deux fois	Je dis bonnet deux fois
Je dis ɔ comme dans bol	Je dis vimv deux fois	Je dis tonner deux fois
Je dis a comme dans pâte	Je dis zimz deux fois	Je dis bonne hausse deux fois
Je dis ě comme dans pain	Je dis ʒimʒ deux fois	
Je dis ā comme dans vent	Je dis liml deux fois	Je dis bon os deux fois
Je dis 5̄ comme dans bon	Je dis RimR deux fois	Je dis bonne ode deux fois
	Je dis mim deux fois	Je dis nez deux fois
	Je dis nin deux fois	Je dis net deux fois
	Je dis pɛmp deux fois	Je dis note deux fois
	Je dis tɛmt deux fois	Je dis bonne ode deux fois
	Je dis kɛmk deux fois	Je dis bon os deux fois
	Je dis bɛmb deux fois	Je dis mêler deux fois
	Je dis dɛmd deux fois	Je dis maille deux fois
	Je dis gɛmg deux fois	Je dis maillot deux fois
	Je dis fɛmf deux fois	Je dis belle Nel deux fois
	Je dis sɛms deux fois	Je dis naine deux fois
	Je dis ʃɛmf deux fois	Je dis none deux fois
	Je dis vɛmv deux fois	Je dis monnaie deux fois
	Je dis zɛmz deux fois	Je dis nonnette deux fois
	Je dis ʒɛmʒ deux fois	Je dis mon nez deux fois
	Je dis lɛml deux fois	Je dis non nul deux fois
	Je dis RɛmR deux fois	Je dis non être deux fois
	Je dis mɛm deux fois	Je dis bohème deux fois
	Je dis nɛn deux fois	Je dis Léonore deux fois
	Je dis pamp deux fois	Je dis linéaire deux fois
	Je dis tamt deux fois	Je dis Noël deux fois
	Je dis kamk deux fois	Je dis néo hétéro deux fois

	<p>Je dis bamb deux fois</p> <p>Je dis damd deux fois</p> <p>Je dis gamg deux fois</p> <p>Je dis famf deux fois</p> <p>Je dis sams deux fois</p> <p>Je dis famf deux fois</p> <p>Je dis vamv deux fois</p> <p>Je dis zamz deux fois</p> <p>Je dis zamz deux fois</p> <p>Je dis laml deux fois</p> <p>Je dis RamR deux fois</p> <p>Je dis mam deux fois</p> <p>Je dis nan deux fois</p> <p>Je dis pymp deux fois</p> <p>Je dis tynt deux fois</p> <p>Je dis kymk deux fois</p> <p>Je dis bymb deux fois</p> <p>Je dis dymd deux fois</p> <p>Je dis gymg deux fois</p> <p>Je dis fymf deux fois</p> <p>Je dis syms deux fois</p> <p>Je dis fymf deux fois</p> <p>Je dis vymv deux fois</p> <p>Je dis zymz deux fois</p> <p>Je dis zymz deux fois</p> <p>Je dis lyml deux fois</p> <p>Je dis RymR deux fois</p>	
--	--	--

	<p>Je dis mym deux fois</p> <p>Je dis nyn deux fois</p> <p>Je dis pœmp deux fois</p> <p>Je dis tœmt deux fois</p> <p>Je dis kœmk deux fois</p> <p>Je dis bœmb deux fois</p> <p>Je dis dœmd deux fois</p> <p>Je dis gœmg deux fois</p> <p>Je dis fœmf deux fois</p> <p>Je dis sœms deux fois</p> <p>Je dis ƒœmf deux fois</p> <p>Je dis vœmv deux fois</p> <p>Je dis zœmz deux fois</p> <p>Je dis ƒœmƒ deux fois</p> <p>Je dis lœml deux fois</p> <p>Je dis RœmR deux fois</p> <p>Je dis mœm deux fois</p> <p>Je dis nœn deux fois</p> <p>Je dis pump deux fois</p> <p>Je dis tumt deux fois</p> <p>Je dis kumk deux fois</p> <p>Je dis bumb deux fois</p> <p>Je dis dumd deux fois</p> <p>Je dis gumg deux fois</p> <p>Je dis fumf deux fois</p> <p>Je dis sums deux fois</p> <p>Je dis ƒumƒ deux fois</p>	
--	--	--

	<p>Je dis vumv deux fois</p> <p>Je dis zumz deux fois</p> <p>Je dis zumz deux fois</p> <p>Je dis luml deux fois</p> <p>Je dis RumR deux fois</p> <p>Je dis mum deux fois</p> <p>Je dis nun deux fois</p> <p>Je dis pɔmp deux fois</p> <p>Je dis tɔmt deux fois</p> <p>Je dis kɔmk deux fois</p> <p>Je dis bɔmb deux fois</p> <p>Je dis dɔmd deux fois</p> <p>Je dis gɔmg deux fois</p> <p>Je dis fɔmf deux fois</p> <p>Je dis sɔms deux fois</p> <p>Je dis ʃɔmf deux fois</p> <p>Je dis vɔmv deux fois</p> <p>Je dis zɔmz deux fois</p> <p>Je dis zumz deux fois</p> <p>Je dis lɔml deux fois</p> <p>Je dis RɔmR deux fois</p> <p>Je dis mɔm deux fois</p> <p>Je dis nɔn deux fois</p> <p>Je dis pɛp deux fois</p> <p>Je dis tɛt deux fois</p> <p>Je dis kɛk deux fois</p> <p>Je dis bɛb deux fois</p>	
--	--	--

	<p>Je dis dēd deux fois</p> <p>Je dis gēg deux fois</p> <p>Je dis fēf deux fois</p> <p>Je dis sēs deux fois</p> <p>Je dis fēf deux fois</p> <p>Je dis vēv deux fois</p> <p>Je dis zēz deux fois</p> <p>Je dis zēz deux fois</p> <p>Je dis lēl deux fois</p> <p>Je dis RēR deux fois</p> <p>Je dis mēm deux fois</p> <p>Je dis nēn deux fois</p> <p>Je dis pāp deux fois</p> <p>Je dis tāt deux fois</p> <p>Je dis kāk deux fois</p> <p>Je dis bāb deux fois</p> <p>Je dis dād deux fois</p> <p>Je dis gāg deux fois</p> <p>Je dis fāf deux fois</p> <p>Je dis sās deux fois</p> <p>Je dis fāj deux fois</p> <p>Je dis vāv deux fois</p> <p>Je dis zāz deux fois</p> <p>Je dis zāz deux fois</p> <p>Je dis lāl deux fois</p> <p>Je dis RāR deux fois</p> <p>Je dis mām deux fois</p>	
--	---	--

	<p>Je dis nān deux fois</p> <p>Je dis pōp deux fois</p> <p>Je dis tōt deux fois</p> <p>Je dis kōk deux fois</p> <p>Je dis bōb deux fois</p> <p>Je dis dōd deux fois</p> <p>Je dis gōg deux fois</p> <p>Je dis fōf deux fois</p> <p>Je dis sōs deux fois</p> <p>Je dis jōj deux fois</p> <p>Je dis vōv deux fois</p> <p>Je dis zōz deux fois</p> <p>Je dis zōz deux fois</p> <p>Je dis lōl deux fois</p> <p>Je dis RōR deux fois</p> <p>Je dis mōm deux fois</p> <p>Je dis nōn deux fois</p>	
Séquences VN, VVN et VVVN	Phrases	
<p>Le hippie noce</p> <p>Le hippie innove</p> <p>Le hippie y innove</p> <p>Crénelé</p> <p>Crée nerveusement</p> <p>Crée énergiquement</p> <p>Un brou anormal</p> <p>Un brouhaha normal</p>	<p>Il n’y a pas de roses sans épines.</p> <p>Des épines peuvent nous piquer.</p> <p>Si les roses ont des épines elles sentent bon.</p> <p>Si tu veux voir un beau spectacle va à l’arène.</p> <p>L’arène qui se trouve à Vérone est très belle.</p> <p>Une belle arène se trouve à Vérone.</p> <p>Dans le monde on retrouve beaucoup d’urane.</p> <p>L’urane fut découvert en 1789.</p>	

Un brouhaha anormal	Des sels d'urane sont capables de produire un rayonnement.
Il la eu normalement	Dans l'air il y a beaucoup d'atomes.
Il ne la pas eu unicolore	L'atome est la particule de base de tous les éléments.
C'est comme s'il l'eût eu unicolore	Si tu parles d'atomes sois sûr de quoi tu parles.
Un poteau nord	Si tu presses le bouton la lumière s'allume.
Un poteau au nord	Allume la lumière et reste dans la chambre.
Un poteau haut au nord	Si tu allumes la lumière tu ne seras plus dans le noir.
Un doudou nouveau	Cet arbre est un okoumé.
Vieux doudou ou nouveau doudou	L'okoumé est un arbre originaire d'Afrique.
Ou doudou ou ou nouveau doudou	L'arbre dont le nom est l'okoume vient d'Afrique.
Un feu normal	Si tu veux avoir de l'énergie déjeune.
Il est un peu eunuque	Déjeune si tu veux avoir de l'énergie.
Il est un peu Euh eunuque	Il faut qu'on déjeune pour avoir de l'énergie.

Tableau 37: Corpus enregistré en norvégien

NORVEGIEN		
Voyelles isolées	Logatomes	Mots
jeg sier a som i hatt	Si plmp Katharina	Si dam Katharina
jeg sier a : som i hat	Si tlmt Katharina	Si lam Katharina
jeg sier ε som i send	Si klmk Katharina	Si ran Katharina
jeg sier e : som i sen	Si blmb Katharina	Si tam Katharina
jeg sier I som i vind	Si dlmd Katharina	Si den Katharina
jeg sier i : som i vin	Si glmg Katharina	Si ben Katharina
jeg sier u som i bukk	Si flmf Katharina	Si ren Katharina

jeg sier u : som i bok	Si slms Katharina	Si pen Katharina
jeg sier ʉ som i lund	Si SlmS Katharina	Si mat Katharina
jeg sier y som i lynne	Si vlmv Katharina	Si nav Katharina
jeg sier y: som i lyn	Si llml Katharina	Si nag Katharina
jeg sier ae som i vært	Si rimr Katharina	Si mak Katharina
jeg sier ae : som i vær	Si mlm Katharina	Si med Katharina
jeg sier œ som i søtt	Si nln Katharina	Si nek Katharina
jeg sier ø : som i søt	Si pamp Katharina	Si mer Katharina
jeg sier ɔ som i vatt	Si tamt Katharina	Si mel Katharina
jeg sier o: som i vat	Si kamk Katharina	Si man Katharina
jeg sier aei som i vei	Si bamb Katharina	Si mann Katharina
jeg sier øy som i hoy	Si damd Katharina	Si men Katharina
jeg sier aʉ som i sau	Si gamg Katharina	Si dyptgående Katharina
jeg sier ai som i kai	Si famf Katharina	Si gå an Katharina
jeg sier ɔy som i konvoy	Si sams Katharina	Si håve inn Katharina
jeg sier ʉi som i hui	Si SamS Katharina	Si kameleon Katharina
jeg sier ui som i hoi	Si vamv Katharina	Si poeng Katharina
	Si laml Katharina	Si naiv Katharina
	Si ramr Katharina	Si neuralgi Katharina
	Si mam Katharina	
	Si nan Katharina	
	Si pemp Katharina	
	Si tɛmt Katharina	
	Si kemk Katharina	
	Si bemb Katharina	
	Si dɛmd Katharina	
	Si gemg Katharina	

	Si femf Katharina	
	Si sems Katharina	
	Si SemS Katharina	
	Si vemv Katharina	
	Si leml Katharina	
	Si remr Katharina	
	Si mem Katharina	
	Si nen Katharina	
	Si pump Katharina	
	Si tumt Katharina	
	Si kumk Katharina	
	Si bumb Katharina	
	Si dumd Katharina	
	Si gumg Katharina	
	Si fumf Katharina	
	Si sums Katharina	
	Si SumS Katharina	
	Si vumv Katharina	
	Si luml Katharina	
	Si rumr Katharina	
	Si mum Katharina	
	Si nun Katharina	
	Si pymp Katharina	
	Si tynt Katharina	
	Si kymk Katharina	
	Si bymb Katharina	
	Si dymd Katharina	

	Si gymg Katharina	
	Si fymp Katharina	
	Si syms Katharina	
	Si SymS Katharina	
	Si vymv Katharina	
	Si lyml Katharina	
	Si rymr Katharina	
	Si mym Katharina	
	Si nyn Katharina	
	Si pømp Katharina	
	Si tømt Katharina	
	Si kømk Katharina	
	Si bømb Katharina	
	Si dømd Katharina	
	Si gømg Katharina	
	Si fømf Katharina	
	Si søms Katharina	
	Si SømS Katharina	
	Si vømv Katharina	
	Si løml Katharina	
	Si rømr Katharina	
	Si møm Katharina	
	Si nøn Katharina	
	Si pømp Katharina	
	Si tømt Katharina	
	Si kømk Katharina	
	Si bømb Katharina	

	<p>Si dɔmd Katharina</p> <p>Si ɡɔmg Katharina</p> <p>Si fɔmf Katharina</p> <p>Si sɔms Katharina</p> <p>Si SɔmS Katharina</p> <p>Si vɔmv Katharina</p> <p>Si lɔml Katharina</p> <p>Si rɔmr Katharina</p> <p>Si mɔm Katharina</p> <p>Si nɔn Katharina</p>	
Séquences VN, VVN et VVVN	Phrases	
andorra	Divanen var svart	
a andorra	Det var en divan i stua	
a a andorra	De hadde en svart divan	
engel	Alpin er en morsom sport	
e engel	Jeg liker å kjøre alpin	
e e engel	Du kankjøre alpin i Trysil	
inspektor	Oppsynet i verneområdene går etter planen	
i inspektor	Jeg krever bedre oppsyn med narkomane alenemødre	
i i inspektor	Politiet ønsker å holde deg under oppsyn	
ondsinnnet	Albumet var i fra 80 talle	
o ondsinnnet	Han hadde et album i fra 80 tallet	
o o ondsinnnet	Det er et album	
yngstedame	Diplom er fint å ha	
y yngstedame	Han fikk diplom i datateknikk	
y y yngstedame	Om ett år kan du få ditt diplom	

ønskejobb	Aftenen var uforglemmelig
ø ønskejobb	Det var fint i aften
ø ø ønskejobb	Jeg skal ut på nyttarsaften
åndeverden	Isbjørn finner man på Svalbard
å åndeverden	Jeg så en hvit isbjørn på svalbard
å å åndeverden	Jeg har sett en isbjørn
	Slalåm er gøy
	Jeg vil stå på slalam ned bakken
	Han gjorde seg klar for å stå på slalåm

Tableau 38: Corpus enregistré en ourdou

OURDOU		
Voyelles isolées	Logatomes	Mots
afak ɪ kehta hai jasa ke imli mehai	Afak plmp kehta hai	Afak gun kehta hai
	Afak tlmt kehta hai	Afak than kehta hai
afak a kehta hai jasa ke ada mehai	Afak klmk kehta hai	Afak ban kehta hai
	Afak blmb kehta hai	Afak kan kehta hai
afak u kehta hai jasa ke us mehai	Afak dlmd kehta hai	Afak tan kehta hai
	Afak glmg kehta hai	Afak gun kehta hai
afak i kehta hai jasa ke id mehai	Afak flmf kehta hai	Afak dum kehta hai
	Afak slms kehta hai	Afak pun kehta hai
afak a kehta hai jasa ke kal mehai	Afak flmj kehta hai	Afak bun kehta hai
	Afak vlmv kehta hai	Afak chun kehta hai
afak e kehta hai jasa ke ercondition mehai	Afak zlmz kehta hai	Afak ghun kehta hai
	Afak zlmz kehta hai	Afak shan kehta hai
afak ε kehta hai jasa ke ehsas mehai	Afak llml kehta hai	Afak aan kehta hai
afak o kehta hai jasa ke kos		

mehai	Afak rlmr kehta hai	Afak pun kehta hai
afak ɔ kehta hai jasa ke ocha mehai	Afak mIm kehta hai	Afak naj kehta hai
afak æ kehta hai jasa ke kaef mehai	Afak nIn kehta hai	Afak nar kehta hai
afak ā kehta hai jasa ke kahan mehai	Afak pamp kehta hai	Afak nur kehta hai
afak ē kehta hai jasa ke hai mehai	Afak tamt kehta hai	Afak nak kehta hai
afak ū kehta hai jasa ke hun mehai	Afak kamk kehta hai	Afak nal kehta hai
afak ī kehta hai jasa ke chalin mehai	Afak bamb kehta hai	Afak nas kehta hai
afak ō kehta hai jasa ke larkon mehai	Afak damd kehta hai	Afak mat kehta hai
afak kaha kehta hai	Afak gamg kehta hai	Afak mag kehta hai
afak kahā kehta hai	Afak famf kehta hai	Afak nakh kehta hai
afak he kehta hai	Afak sams kehta hai	Afak nat kehta hai
afak hē kehta hai	Afak Jamʃ kehta hai	Afak naan kehta hai
afak chali kehta hai	Afak vamv kehta hai	Afak maan kehta hai
afak chalī kehta hai	Afak zamz kehta hai	Afak mann kehta hai
afak thi kehta hai	Afak zamʒ kehta hai	Afak mim kehta hai
afak thin kehta hai	Afak laml kehta hai	Afak nun kehta hai
afak larka kehta hai	Afak ramr kehta hai	Daa'emi
afak larkō kehta hai	Afak mam kehta hai	Ahali - O- Mawali
afak ja kehta hai	Afak nan kehta hai	Urdu-e-Muala
afak jā kehta hai	Afak pemp kehta hai	Iddi'a'-i-Mikiyat
afak hu kehta hai	Afak temt kehta hai	Barik bieen
afak hū kehta hai	Afak kemk kehta hai	Bani Israil
afak sas kehta hai	Afak bemb kehta hai	
	Afak demd kehta hai	
	Afak gemg kehta hai	
	Afak femf kehta hai	
	Afak sems kehta hai	

afak sās kehta hai	Afak ʃemʃ kehta hai	
afak bat kehta hai	Afak vemv kehta hai	
afak bāt kehta hai	Afak zemz kehta hai	
afak bas kehta hai	Afak ʒemʒ kehta hai	
afak bās kehta hai	Afak leml kehta hai	
	Afak remr kehta hai	
	Afak mem kehta hai	
	Afak nen kehta hai	
	Afak pɔmp kehta hai	
	Afak tɔmt kehta hai	
	Afak kɔmk kehta hai	
	Afak bɔmb kehta hai	
	Afak dɔmd kehta hai	
	Afak ɡɔmɡ kehta hai	
	Afak fɔmf kehta hai	
	Afak sɔms kehta hai	
	Afak ʃɔmʃ kehta hai	
	Afak vɔmv kehta hai	
	Afak zɔmz kehta hai	
	Afak ʒɔmʒ kehta hai	
	Afak lɔml kehta hai	
	Afak rɔmr kehta hai	
	Afak mɔm kehta hai	
	Afak nɔn kehta hai	
	Afak pɔmp kehta hai	
	Afak tɔmt kehta hai	
	Afak kɔmk kehta hai	

	<p>Afak bumb kehta hai</p> <p>Afak dumd kehta hai</p> <p>Afak gumg kehta hai</p> <p>Afak fumf kehta hai</p> <p>Afak sumz kehta hai</p> <p>Afak fumf kehta hai</p> <p>Afak vumv kehta hai</p> <p>Afak zumz kehta hai</p> <p>Afak zumz kehta hai</p> <p>Afak luml kehta hai</p> <p>Afak rumr kehta hai</p> <p>Afak mum kehta hai</p> <p>Afak nun kehta hai</p> <p>Afak pimp kehta hai</p> <p>Afak timt kehta hai</p> <p>Afak kimb kehta hai</p> <p>Afak bimz kehta hai</p> <p>Afak dimd kehta hai</p> <p>Afak gimz kehta hai</p> <p>Afak fimf kehta hai</p> <p>Afak simz kehta hai</p> <p>Afak fimf kehta hai</p> <p>Afak vimv kehta hai</p> <p>Afak zimz kehta hai</p> <p>Afak zimz kehta hai</p> <p>Afak liml kehta hai</p> <p>Afak rimir kehta hai</p>	
--	--	--

	<p>Afak mīm kehta hai</p> <p>Afak nīn kehta hai</p> <p>Afak pōmp kehta hai</p> <p>Afak tōmt kehta hai</p> <p>Afak kōmk kehta hai</p> <p>Afak bōmb kehta hai</p> <p>Afak dōmd kehta hai</p> <p>Afak gōmg kehta hai</p> <p>Afak fōmf kehta hai</p> <p>Afak sōms kehta hai</p> <p>Afak fōmf kehta hai</p> <p>Afak vōmv kehta hai</p> <p>Afak zōmz kehta hai</p> <p>Afak zōmz kehta hai</p> <p>Afak lōml kehta hai</p> <p>Afak rōmr kehta hai</p> <p>Afak mōm kehta hai</p> <p>Afak nōn kehta hai</p> <p>Afak pāmp kehta hai</p> <p>Afak tāmt kehta hai</p> <p>Afak kamk kehta hai</p> <p>Afak bāmb kehta hai</p> <p>Afak dāmd kehta hai</p> <p>Afak gāmg kehta hai</p> <p>Afak fāmf kehta hai</p> <p>Afak sāms kehta hai</p> <p>Afak fāmƒ kehta hai</p>	
--	---	--

	Afak vāmv kehta hai Afak zāmz kehta hai Afak zāmz kehta hai Afak lāml kehta hai Afak rāmr kehta hai Afak mām kehta hai Afak nān kehta hai Afak pēmp kehta hai Afak tēmt kehta hai Afak kēmk kehta hai Afak bēmb kehta hai Afak dēmd kehta hai Afak gēmg kehta hai Afak fēmf kehta hai Afak sēms kehta hai Afak fēmƒ kehta hai Afak vēm̄v kehta hai Afak zēmz kehta hai Afak zēmz kehta hai Afak lēm̄l kehta hai Afak rēmr kehta hai Afak mēm kehta hai Afak nēm̄n kehta hai Afak pūmp kehta hai Afak tūmt kehta hai Afak kūmk kehta hai Afak būmb kehta hai	
--	---	--

	<p>Afak dūmd kehta hai</p> <p>Afak gūmg kehta hai</p> <p>Afak fūmf kehta hai</p> <p>Afak sūms kehta hai</p> <p>Afak fūmf kehta hai</p> <p>Afak vūmv kehta hai</p> <p>Afak zūmz kehta hai</p> <p>Afak zūmz kehta hai</p> <p>Afak lūml kehta hai</p> <p>Afak rūmr kehta hai</p> <p>Afak mūm kehta hai</p> <p>Afak nūn kehta hai</p>	
Séquences VN, VVN et VVVN	Phrases	
aan	Talim hasil kerna ham sab per ferz he	
dulha aan	HameN talim hasil kerne me kotahi nehiN kerni chahije	
dulha a aan	Zindigi me kamijabi ka zerija he talim	
inkar	Aetem bomb insani tabahi ka baes ban sekta he	
akhri inkar	HerSe aetem se beni he	
akhri i inkar	HerSe ka bunijadi djuzv he aetem	
om	Husn dekne vale ki aNk meN hota he	
rulao om	Uska husn her su maShur ta	
rulao o om	Her Se ka hvala he husn	
umi	Chelen hi zindigi ki kesoti he	
ullu umi	Uska chal chelen acha nehiN he	
ullu u umi	Zindigi ki kesoti he chelen	
einak	Pashtun pakistan or afganistan meN rehethe heN	

e einak	Pakistan meN pashtun Hasi tadad meN rehetete heN
ee einak	Afganistan me djis kom ki akserijet he vo he pashtun Ratan ekber ki pehechan ban gae te Ekber ke bara ratan meShur te Ekber ager kisi per etabar kerta ta vo ta ratan.

2. Valeurs intrinsèques RMS pour voyelles orales

2.1 Valeurs intrinsèques RMS pour voyelles orales en anglais

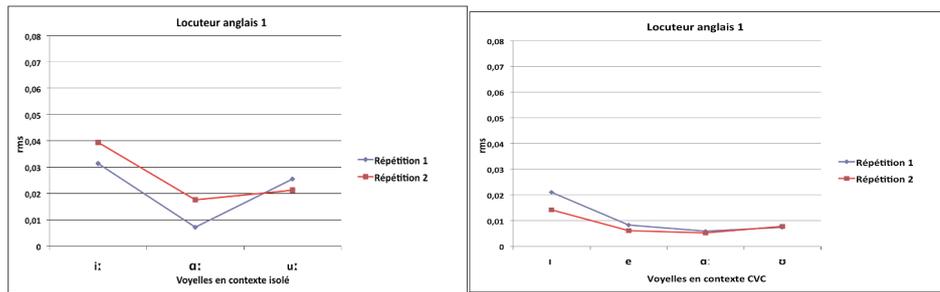


Figure 88: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le locuteur 1 d'anglais. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2

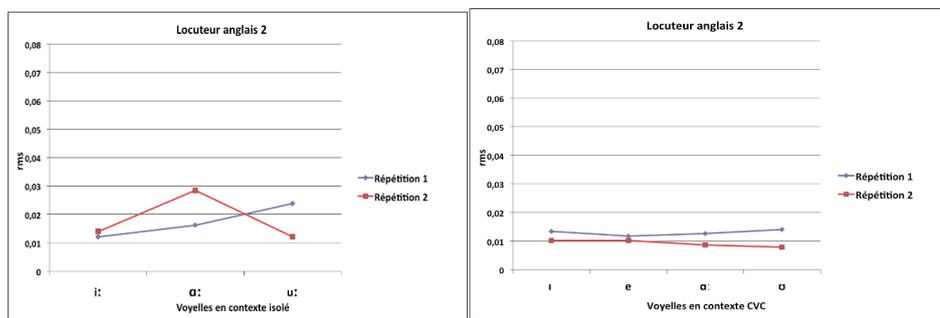


Figure 89: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le locuteur 2 d'anglais. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2

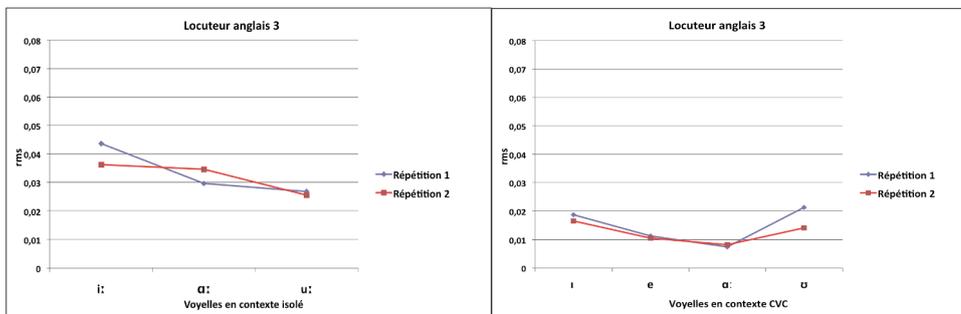


Figure 90: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le locuteur 3 d'anglais. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2

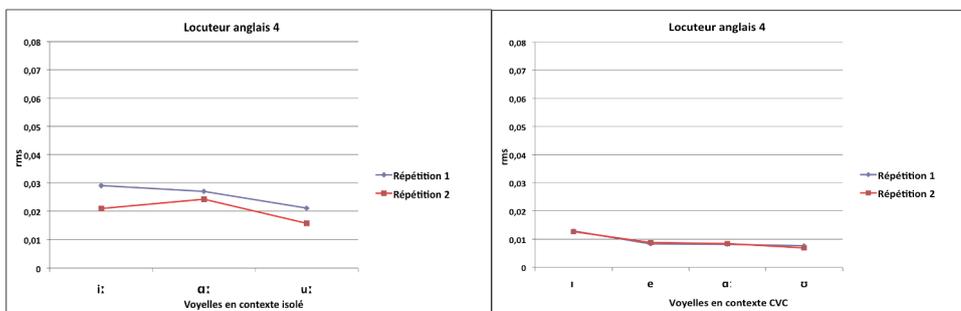


Figure 91: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le locuteur 4 d'anglais. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2

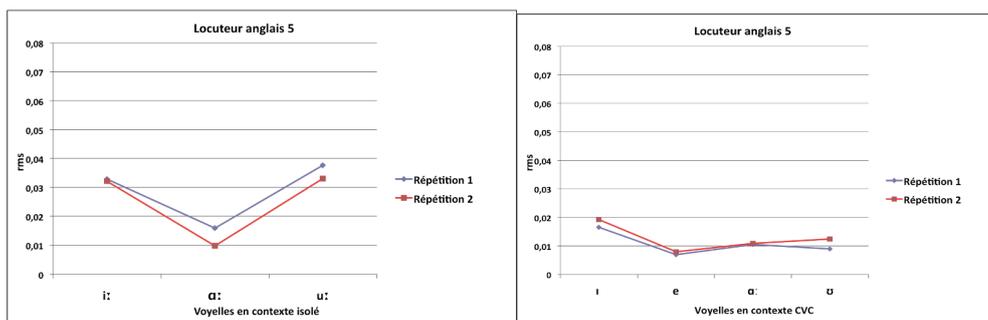


Figure 92: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le locuteur 5 d'anglais. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2

Tableau 39: Valeurs RMS des voyelles orales en contexte isolé pour tous les locuteurs anglais (les deux répétitions)

Contexte isolé			
Loc. anglais 1	i:	a:	u:
Répétition 1	0,0314	0,0071	0,0255
Répétition 2	0,0394	0,0179	0,0212
Loc. anglais 2	i:	a:	u:
Répétition 1	0,0120	0,0162	0,0238
Répétition 2	0,0139	0,0284	0,0121
Loc. anglais 3	i:	a:	u:
Répétition 1	0,0436	0,0296	0,0268
Répétition 2	0,0362	0,0346	0,0255
Loc. anglais 4	i:	a:	u:
Répétition 1	0,0291	0,0271	0,0211
Répétition 2	0,0210	0,0243	0,0158
Loc. anglais 5	i:	a:	u:
Répétition 1	0,0329	0,0159	0,0377
Répétition 2	0,0321	0,0098	0,0331

Tableau 40: Valeurs RMS des voyelles orales en contexte CVC pour tous les locuteurs anglais (les deux répétitions)

Contexte CVC				
Loc. anglais 1	i	e	ɑ:	ʊ
Répétition 1	0,0210	0,0083	0,0059	0,0074
Répétition 2	0,0142	0,0060	0,0052	0,0078
Loc. anglais 2	i	e	ɑ:	ʊ
Répétition 1	0,0134	0,0117	0,0127	0,0141
Répétition 2	0,0102	0,0101	0,0086	0,0079
Loc. anglais 3	i	e	ɑ:	ʊ
Répétition 1	0,0187	0,0112	0,0073	0,0213
Répétition 2	0,0165	0,0104	0,0081	0,0141
Loc. anglais 4	i	e	ɑ:	ʊ
Répétition 1	0,0129	0,0083	0,0082	0,0076
Répétition 2	0,0126	0,0088	0,0084	0,0068
Loc. anglais 5	i	e	ɑ:	ʊ
Répétition 1	0,0165	0,0069	0,0105	0,0089
Répétition 2	0,0193	0,0079	0,0108	0,0123

2.2 Valeurs intrinsèques RMS pour voyelles orales en bosnien

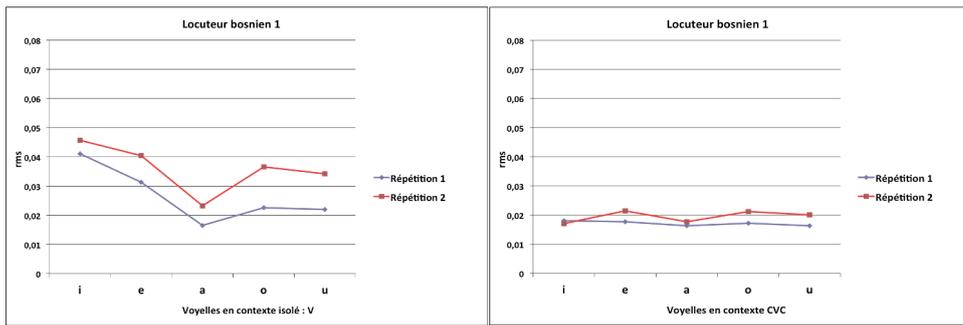


Figure 93: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le locuteur 1 de bosnien. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2

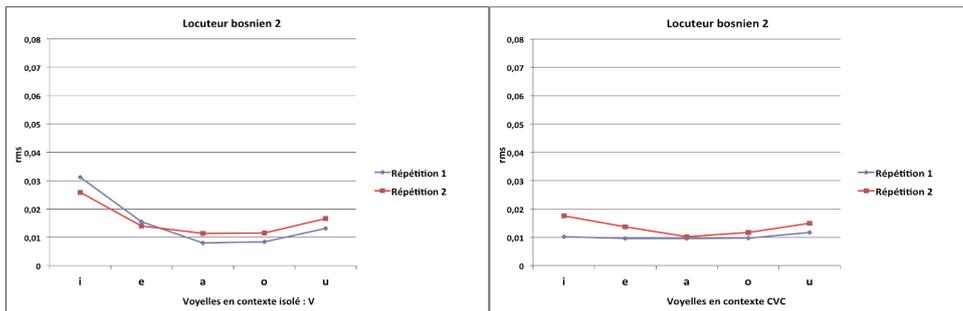


Figure 94: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en context CVC (à droite) pour le locuteur 2 de bosnien. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2

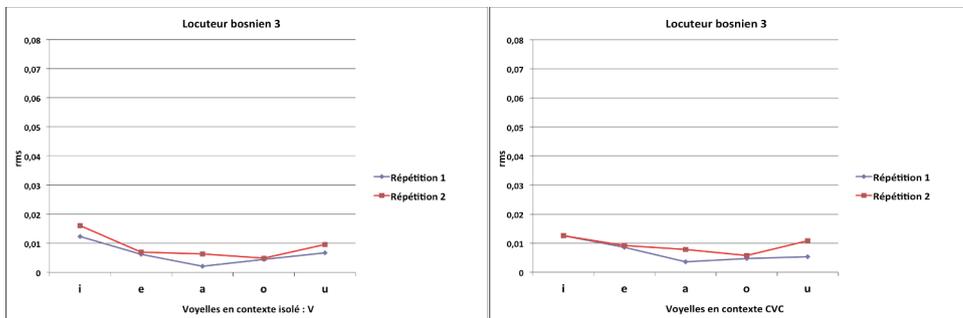


Figure 95: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en context CVC (à droite) pour le locuteur 3 de bosnien. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2

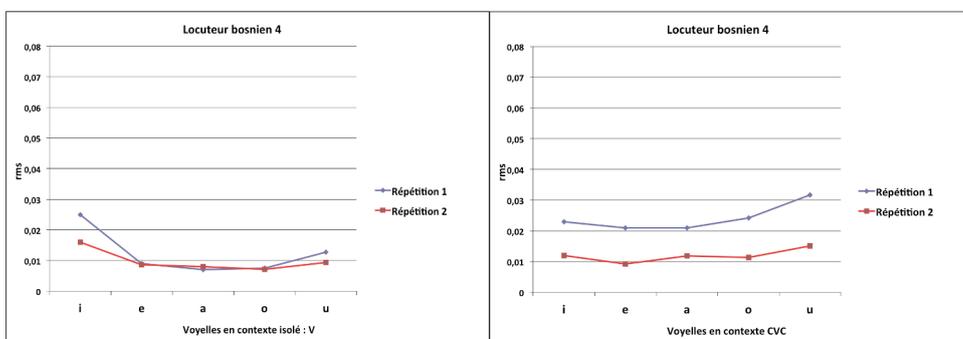


Figure 96: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en context CVC (à droite) pour le locuteur 4 de bosnien. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2

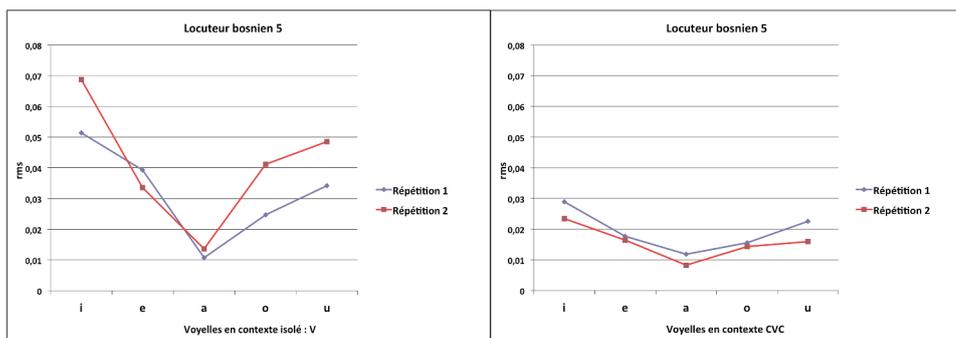


Figure 97: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le locuteur 5 de bosnien. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2

Tableau 41: Valeurs RMS des voyelles orales en contexte isolé pour tous les locuteurs bosniens (les deux répétitions)

Contexte isolé					
Loc. bosnien 1	i	e	a	o	u
Répétition 1	0,0411	0,0312	0,0165	0,0226	0,0219
Répétition 2	0,0338	0,0449	0,0190	0,0422	0,0269
Loc. bosnien 2	i	e	a	o	u
Répétition 1	0,0312	0,0154	0,0079	0,0084	0,0131
Répétition 2	0,0321	0,0149	0,0072	0,0139	0,0207
Loc. bosnien 3	i	e	a	o	u
Répétition 1	0,0124	0,0062	0,0020	0,0045	0,0068
Répétition 2	0,0226	0,0078	0,0045	0,0053	0,0080
Loc. bosnien 4	i	e	a	o	u
Répétition 1	0,0249	0,0090	0,0070	0,0074	0,0127
Répétition 2	0,0239	0,0053	0,0040	0,0050	0,0091
Loc. bosnien 5	i	e	a	o	u
Répétition 1	0,0514	0,0393	0,0107	0,0247	0,0341
Répétition 2	0,0400	0,0194	0,0052	0,0164	0,0199

Tableau 42: Valeurs RMS des voyelles orales en contexte CVC pour tous les locuteurs bosniens (les deux répétitions)

Contexte CVC					
Loc. bosnien 1	i	e	a	o	u
Répétition 1	0,0180	0,0176	0,0163	0,0171	0,0163
Répétition 2	0,0170	0,0214	0,0177	0,0212	0,0200
Loc. bosnien 2	i	e	a	o	u
Répétition 1	0,0102	0,0095	0,0095	0,0096	0,0117
Répétition 2	0,0175	0,0137	0,0101	0,0116	0,0149
Loc. bosnien 3	i	e	a	o	u
Répétition 1	0,0119	0,0085	0,0035	0,0047	0,0053
Répétition 2	0,0126	0,0092	0,0077	0,0057	0,0108
Loc. bosnien 4	i	e	a	o	u
Répétition 1	0,0229	0,0209	0,0209	0,0242	0,0316
Répétition 2	0,0119	0,0091	0,0118	0,0112	0,0150
Loc. bosnien 5	i	e	a	o	u
Répétition 1	0,0289	0,0176	0,0118	0,0155	0,0226
Répétition 2	0,0234	0,0164	0,0082	0,0142	0,0159

2.3 Valeurs intrinsèques RMS pour voyelles orales en français

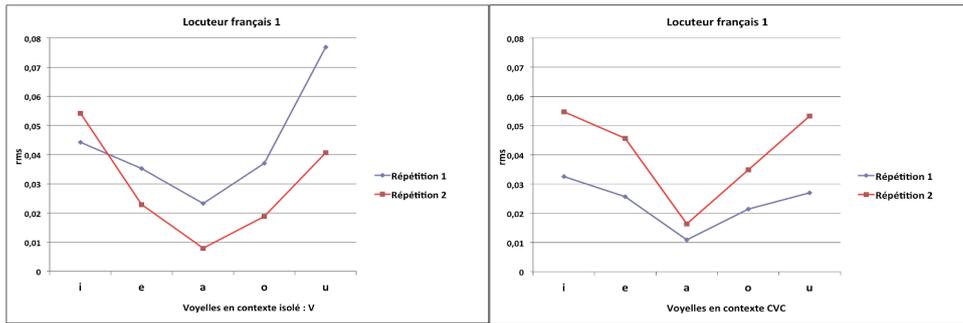


Figure 98: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le locuteur 1 de français. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2

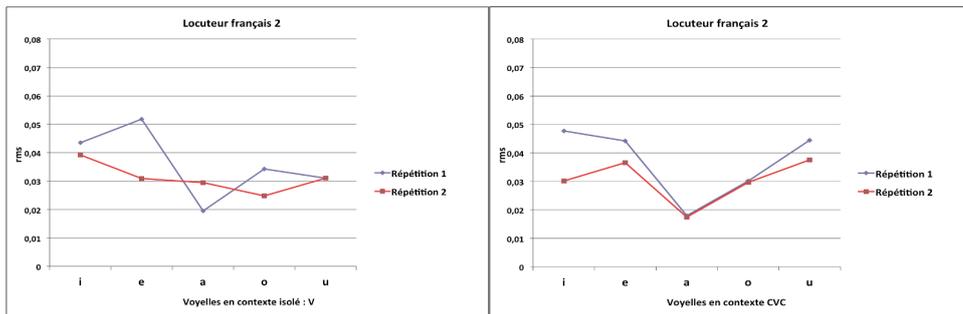


Figure 99: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le locuteur 2 de français. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2

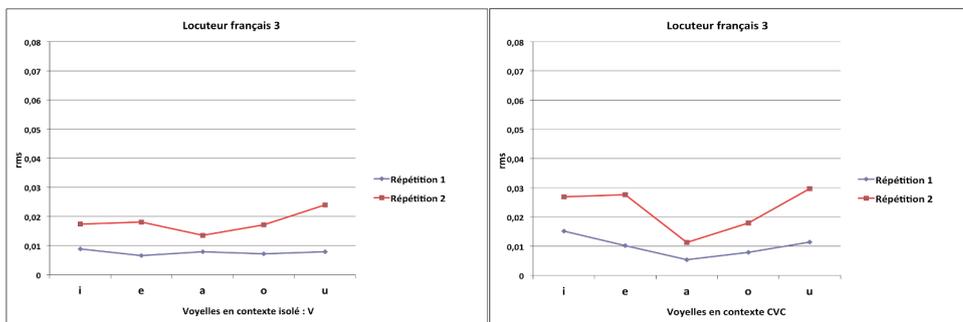


Figure 100: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le locuteur 3 de français. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2

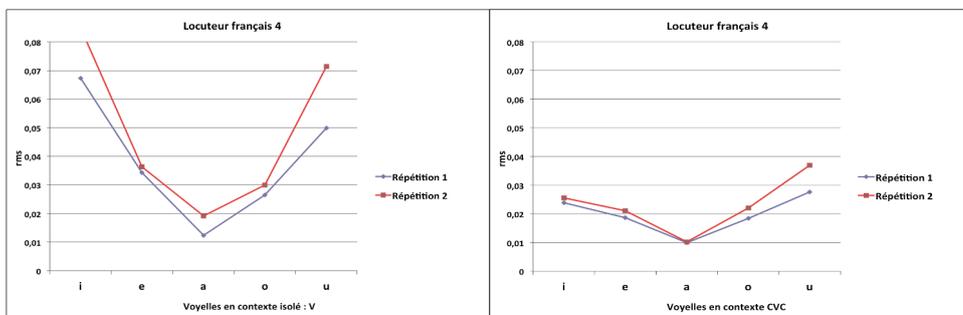


Figure 101: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le locuteur 4 de français. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2

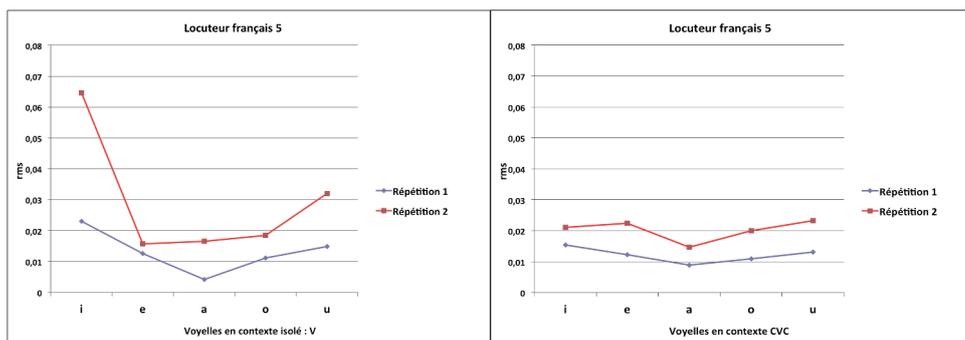


Figure 102: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le locuteur 5 de français. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2

Tableau 43: Valeurs RMS des voyelles orales en contexte isolé pour tous les locuteurs français (les deux répétitions)

Contexte isolé						
Loc. français 1	i	e	a	o	u	
Répétition 1	0,0442	0,0352	0,0232	0,0370	0,0768	
Répétition 2	0,0541	0,0229	0,0079	0,0187	0,0406	
Loc. français 2	i	e	a	o	u	
Répétition 1	0,0435	0,0518	0,0195	0,0343	0,0310	
Répétition 2	0,0391	0,0309	0,0295	0,0248	0,0310	
Loc. français 3	i	e	a	o	u	
Répétition 1	0,0089	0,0065	0,0079	0,0071	0,0079	
Répétition 2	0,0174	0,0180	0,0134	0,0171	0,0240	
Loc. français 4	i	e	a	o	u	
Répétition 1	0,0672	0,0343	0,0123	0,0265	0,0498	
Répétition 2	0,0848	0,0363	0,0191	0,0299	0,0714	
Loc. français 5	i	e	a	o	u	
Répétition 1	0,0230	0,0125	0,0041	0,0111	0,0148	
Répétition 2	0,0644	0,0157	0,0165	0,0185	0,0320	

Tableau 44: Valeurs RMS des voyelles orales en contexte CVC pour tous les locuteurs français (les deux répétitions)

Contexte CVC					
Loc. français 1	i	e	a	o	u
Répétition 1	0,0325	0,0292	0,0108	0,0214	0,0270
Répétition 2	0,0547	0,0441	0,0163	0,0349	0,0532
Loc. français 2	i	e	a	o	u
Répétition 1	0,0477	0,0411	0,0179	0,0301	0,0444
Répétition 2	0,0301	0,0357	0,0174	0,0296	0,0375
Loc. français 3	i	e	a	o	u
Répétition 1	0,0151	0,0100	0,0053	0,0079	0,0114
Répétition 2	0,0269	0,0273	0,0112	0,0179	0,0296
Loc. français 4	i	e	a	o	u
Répétition 1	0,0238	0,0179	0,0099	0,0184	0,0276
Répétition 2	0,0255	0,0210	0,0102	0,0220	0,0369
Loc. français 5	i	e	a	o	u
Répétition 1	0,0153	0,0123	0,0088	0,0109	0,0131
Répétition 2	0,0210	0,0224	0,0146	0,0200	0,0232

2.4 Valeurs intrinsèques RMS pour voyelles orales en norvégien

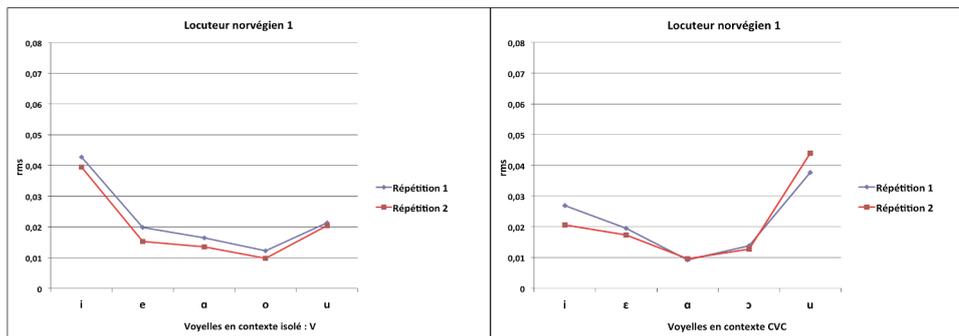


Figure 103: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le locuteur 1 de norvégien. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2

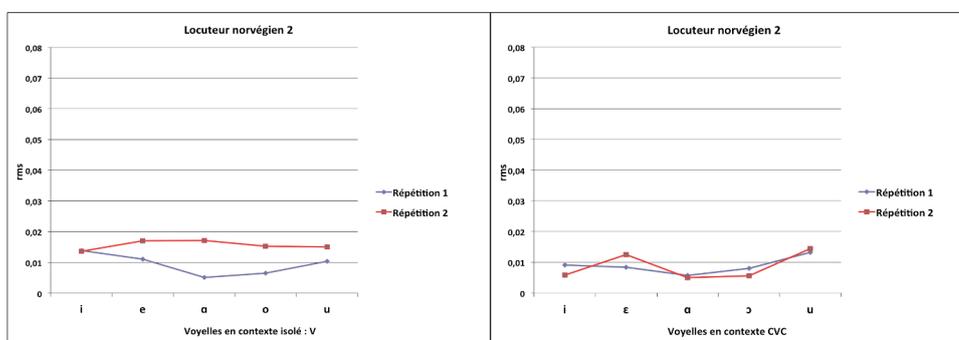


Figure 104: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le locuteur 2 de norvégien. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2

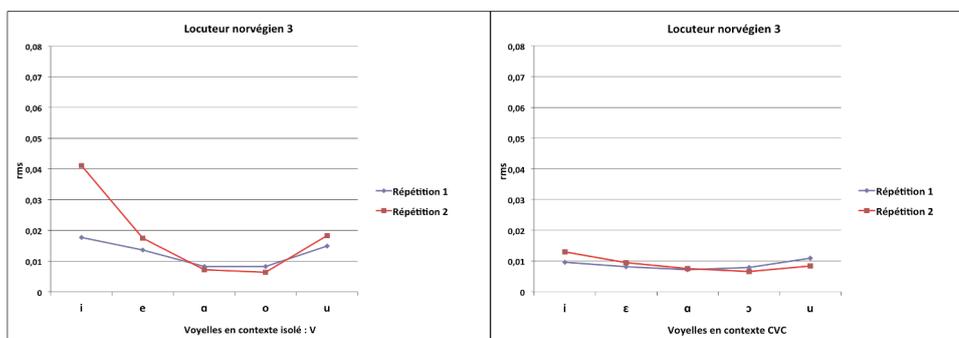


Figure 105: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le locuteur 3 de norvégien. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2

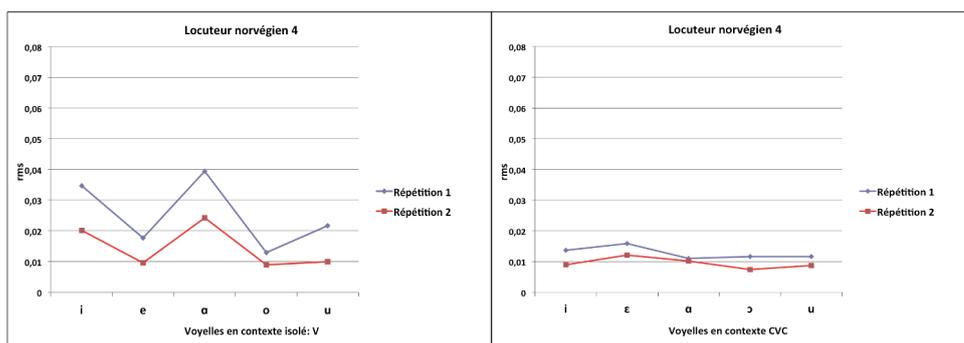


Figure 106: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le locuteur 4 de norvégien. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2

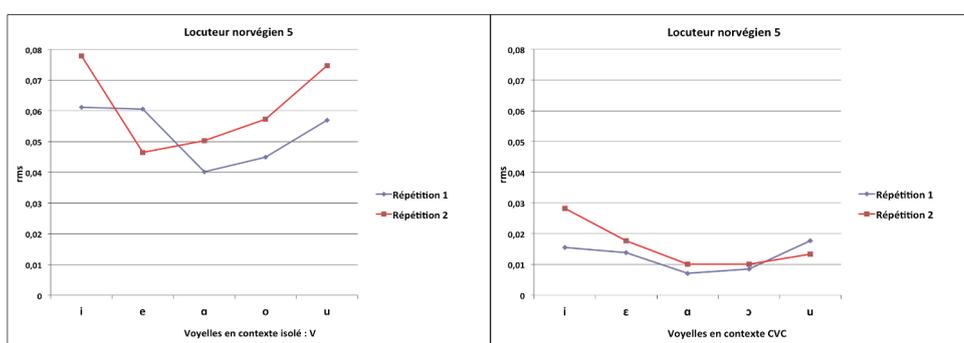


Figure 107: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en contexte CVC (à droite) pour le locuteur 5 de norvégien. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2

Tableau 45: Valeurs RMS des voyelles orales en contexte isolé pour tous les locuteurs norvégiens (les deux répétitions)

Contexte isolé					
Loc. norvégien 1	i	e	a	o	u
Répétition 1	0,0427	0,0198	0,0164	0,0121	0,0213
Répétition 2	0,0393	0,0152	0,0135	0,0097	0,0203
Loc. norvégien 2	i	e	a	o	u
Répétition 1	0,0138	0,0110	0,0050	0,0065	0,0103
Répétition 2	0,0135	0,0170	0,0171	0,0153	0,0150
Loc. norvégien 3	i	e	a	o	u
Répétition 1	0,0176	0,0136	0,0082	0,0083	0,0148
Répétition 2	0,0410	0,0175	0,0072	0,0063	0,0183
Loc. norvégien 4	i	e	a	o	u
Répétition 1	0,0346	0,0176	0,0393	0,0128	0,0216
Répétition 2	0,0201	0,0095	0,0242	0,0089	0,0100
Loc. norvégien 5	i	e	a	o	u
Répétition 1	0,0612	0,0606	0,0401	0,0449	0,0569
Répétition 2	0,0779	0,0464	0,0502	0,0572	0,0746

Tableau 46: Valeurs RMS des voyelles orales en contexte CVC pour tous les locuteurs norvégiens (les deux répétitions)

Contexte CVC					
Loc. norvégien 1	i	ε	ɑ	ɔ	u
Répétition 1	0,0268	0,0194	0,0092	0,0137	0,0377
Répétition 2	0,0205	0,0173	0,0095	0,0127	0,0439
Loc. norvégien 2	i	ε	ɑ	ɔ	u
Répétition 1	0,0090	0,0083	0,0056	0,0079	0,0132
Répétition 2	0,0058	0,0124	0,0049	0,0055	0,0144
Loc. norvégien 3	i	ε	ɑ	ɔ	u
Répétition 1	0,0096	0,0080	0,0071	0,0079	0,0109
Répétition 2	0,0130	0,0094	0,0075	0,0065	0,0083
Loc. norvégien 4	i	ε	ɑ	ɔ	u
Répétition 1	0,0137	0,0158	0,0110	0,0116	0,0116
Répétition 2	0,0089	0,0121	0,0101	0,0074	0,0087
Loc. norvégien 5	i	ε	ɑ	ɔ	u
Répétition 1	0,0154	0,0138	0,0070	0,0085	0,0177
Répétition 2	0,0282	0,0177	0,0100	0,0100	0,0133

2.5 Valeurs intrinsèques RMS pour voyelles orales en ourdou

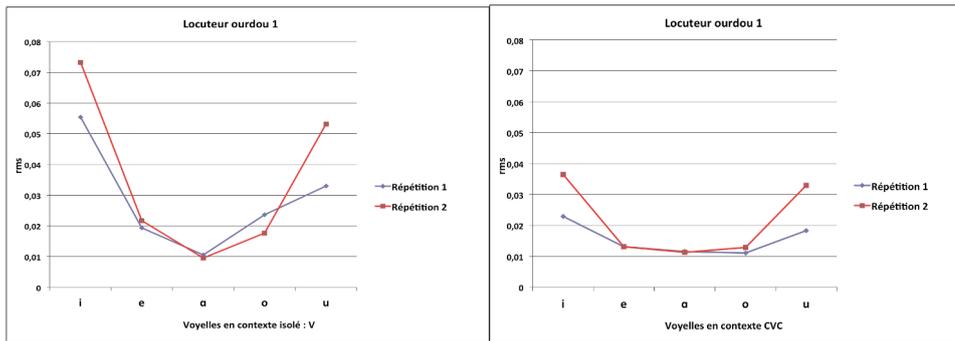


Figure 108: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en context CVC (à droite) pour le locuteur 1 de l'ourdou. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2

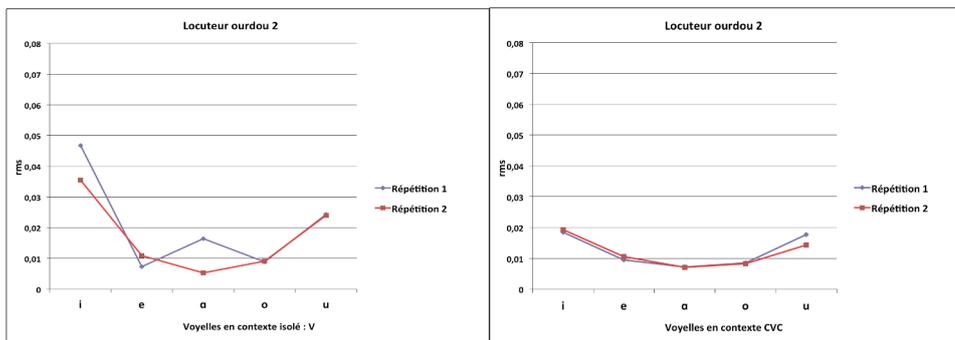


Figure 109: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en context CVC (à droite) pour le locuteur 2 de l'ourdou. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2

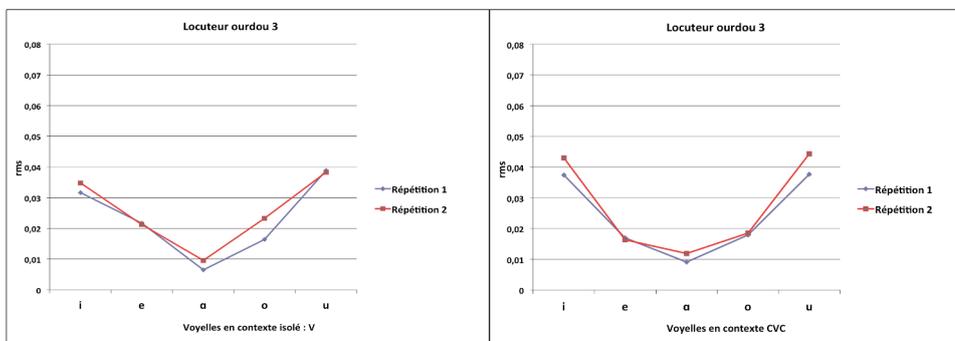


Figure 110: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en context CVC (à droite) pour le locuteur 3 de l'ourdou. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2

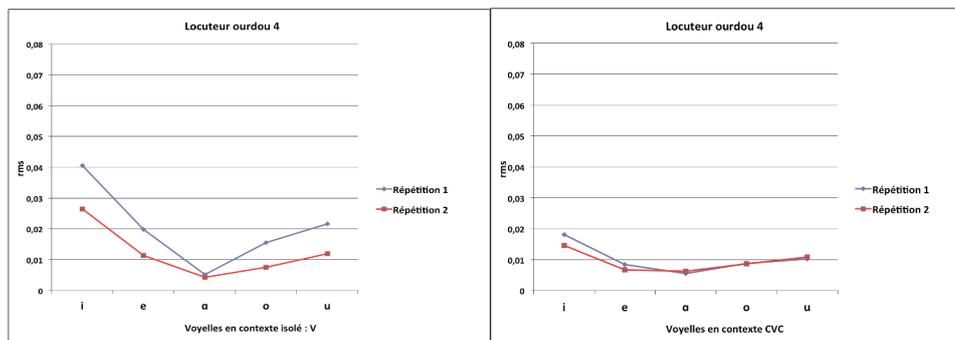


Figure 111: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en context CVC (à droite) pour le locuteur 4 de l'ourdou. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2

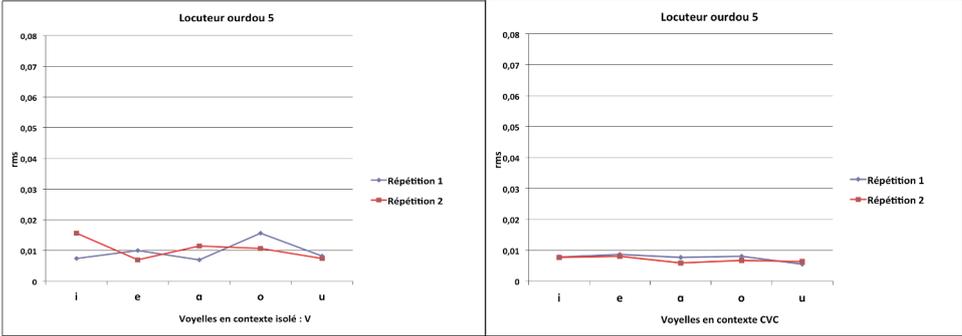


Figure 112: La moyenne RMS des voyelles orales en contexte isolé (à gauche) et en context CVC (à droite) pour le locuteur 5 de l'ourdou. En bleu: répétition 1, en rouge: répétition 2

Tableau 47: Valeurs RMS des voyelles orales en contexte isolé pour tous les locuteurs ourdou (les deux répétitions)

Contexte isolé					
Loc. ourdou 1	I	e	ɑ	o	u
Répétition 1	0,0553	0,0193	0,0105	0,0236	0,0330
Répétition 2	0,0732	0,0217	0,0095	0,0176	0,0532
Loc. ourdou 2	I	e	ɑ	o	u
Répétition 1	0,0467	0,0072	0,0163	0,0089	0,0243
Répétition 2	0,0354	0,0108	0,0052	0,0091	0,0239
Loc. ourdou 3	I	e	ɑ	o	u
Répétition 1	0,0317	0,0217	0,0064	0,0164	0,0388
Répétition 2	0,0348	0,0212	0,0095	0,0233	0,0383
Loc. ourdou 4	I	e	ɑ	o	u
Répétition 1	0,0405	0,0198	0,0051	0,0154	0,0215
Répétition 2	0,0264	0,0113	0,0042	0,0075	0,0119
Loc. ourdou 5	I	e	ɑ	o	u
Répétition 1	0,0074	0,0099	0,0069	0,0156	0,0081
Répétition 2	0,0156	0,0069	0,0114	0,0106	0,0074

Tableau 48: Valeurs RMS des voyelles orales en contexte CVC pour tous les locuteurs ourdou (les deux répétitions)

Contexte CVC					
Loc. ourdou 1	i	E	ɑ	o	u
Répétition 1	0,0228	0,0131	0,0115	0,0110	0,0182
Répétition 2	0,0364	0,0131	0,0112	0,0128	0,0329

Loc. ourdou 2	i	e	a	o	u
Répétition 1	0,0184	0,0094	0,0071	0,0084	0,0177
Répétition 2	0,0193	0,0105	0,0070	0,0082	0,0143
Loc. ourdou 3	i	e	a	o	u
Répétition 1	0,0374	0,0169	0,0090	0,0179	0,0376
Répétition 2	0,0429	0,0163	0,0118	0,0185	0,0443
Loc. ourdou 4	i	e	a	o	u
Répétition 1	0,0180	0,0083	0,0054	0,0087	0,0101
Répétition 2	0,0145	0,0067	0,0061	0,0085	0,0108
Loc. ourdou 5	i	e	a	o	u
Répétition 1	0,0077	0,0085	0,0076	0,0080	0,0054
Répétition 2	0,0077	0,0080	0,0058	0,0066	0,0062

3. Logatomes CVNC : comparaison des répétitions par locuteurs

ANGLAIS

Tableau 49 : différence entre les deux répétitions pour chaque locuteur en anglais, les valeurs significatives sont en gras

DUREE DE LA VOYELLE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
F=0,070, p=0,7925, n=79	F=0,112 p= 0,7390,n=80	F=1,330 p= 0,2519,n=89	F=0,553 p= 0,4591,n=81	F=1,897 p= 0,1725,n=77
DUREE DE LA CONSONNE NASALE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
F=0,079 p=0,7789, n=79	F=0,046 p= 0,8315,n=80	F=0,489 p= 0,4860,n=89	F=0,002 p= 0,9686,n=81	F=3,190 p= 0,0782,n=77
DUREE DE LA NASALISATION ANTICIPATOIRE EN MS				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
F=0,070 p=0,7925,n=79	F=0,111 p= 0,7402,n=80	F=0,990 p= 0,3226,n=89	F=0,003 p= 0,9594,n=81	F= 3,239 p= 0,0759,n=77
NASALISATION ANTICIPATOIRE EN %				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
F=5,228 p=0,0250,n=79	F=3,978 p=0,0496,n=80	F=0,083 p= 0,7764,n=89	F=2,222 p= 0,1401,n=81	F= 1,618 p= 0,2072,n=77

BOSNIEN

Tableau 50 : différence entre les deux répétitions pour chaque locuteur en bosnien, les valeurs significatives sont en gras

DUREE DE LA VOYELLE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
F=14,065 p=0,0003 ,n=82	F=0,001 p=0,9802,n=78	F=20,347 p< 0,0001 ,n=80	F=2,061 p=0,1551,n=79	F=9,093 p=0,0035 ,n=79
DUREE DE LA CONSONNE NASALE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
F=2,798 p=0,0983,n=82	F=3,348 p= 0,0712,n=78	F=0,804 P=3728,n=80	F=0,518 p= 0,4740,n=79	F=1,347 p= 0,2493,n=79
DUREE DE LA NASALISATION ANTICIPATOIRE EN MS				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
F=6,537 p=0,0125 ,n=82	F=7,774 p=0,0067 ,n=78	F=4,832 p=0,0309 ,n=80	F=2,384 p=0,1267,n=79	F=6,995 p=0,0099 ,n=79
NASALISATION ANTICIPATOIRE EN %				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
F=20,819 p<0,0001 ,n=82	F=11,223 p=0,0013 ,n=78	F=0,167 p=0,6837,n=80	F=0,112 p=0,7392,n=79	F=0,299 p=0,5862,n=79

FRANCAIS

Tableau 51 : différence entre les deux répétitions pour chaque locuteur en français, les valeurs significatives sont en gras

DUREE DE LA VOYELLE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
F=9,887 p=0,0024 ,n=78	F=8,838 p=0,0039 ,n=79	F=1,524 p=0,2209,n=78	F=0,822 p=0,3674,n=78	F=0,063 p=0,0802,n=80
DUREE DE LA CONSONNE NASALE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
F=23,259 p<0,0001 ,n=78	F=9,924 p=0,0023 ,n=79	F=22,951 p<0,0001 ,n=78	F=1,472 p=0,2288,n=78	F=1,363 p=0,2466,n=80
DUREE DE LA NASALISATION ANTICIPATOIRE EN MS				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
F=0,3809 p=0,7770,n=78	F=3,612 p=0,0611,n=79	F=0,194 p=0,6612,n=78	F=1,693 p=0,1971,n=78	F=12,341 p=0,0007 ,n=80
NASALISATION ANTICIPATOIRE EN %				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
F=14,949 p=0,0002 ,n=78	F=0,727 p= 0,3964,n=79	F=0,755 P=0,3876,n=78	F=3,370 p= 0,0703,n=78	F=11,973 p=0,0009 ,n=80

NORVEGIEN

Tableau 52 : :différence entre les deux répétitions pour chaque locuteur en norvégien, les valeurs significatives sont en gras

DUREE DE LA VOYELLE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
F=1,325 p=0,2522,n=80	F=1,020 p=0,3157,n=79	F=0,962 P=0,3297,n=79	F=4,980 p=0,0286,n=79	F=0,432 p=0,5128,n=79
DUREE DE LA CONSONNE NASALE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
F=23,142 p<0,0001,n=80	F=6,656 p=0,0118,n=78	F=0,349 p=0,5563,n=79	F=9,403 p=0,0030,n=79	F=0,172 p=0,6797,n=79
DUREE DE LA NASALISATION ANTICIPATOIRE EN MS				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
F=6,688 p=0,0116,n=80	F=3,546 p=0,0635,n=79	F=1,754 p=0,1893,n=79	F=4,756 p=0,0323,n=79	F=0,036 p=0,8504,n=79
NASALISATION ANTICIPATOIRE EN %				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
F=3,428 p=0,0679,n=80	F=9,064 p=0,0035,n=79	F=1,366 p=0,2427,n=79	F=0,057 p=0,8112,n=79	F=0,033 p=0,8567,n=79

OURDOU

Tableau 53 : : différence entre les deux répétitions pour chaque locuteur en ourdou, les valeurs significatives sont en gras

DUREE DE LA VOYELLE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
F=6,732 p=0,0115,n=72	F=6,381 p=0,0138,n=72	F=1,720 p=0,1940,n=71	F=24,701 p<0,0001,n=72	F=0,626 p=0,4313,n=82
DUREE DE LA CONSONNE NASALE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
F=0,372 p=0,5440,n=72	F=8,699 p=0,0043,n=72	F=3,320 p=0,0728,n=71	F=6,941 p=0,0104,n=72	F=0,017 p=0,8975,n=82
DUREE DE LA NASALISATION ANTICIPATOIRE EN MS				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
F=6,088 p=0,0161,n=72	F=2,076 p=0,1541,n=72	F=5,230 p=0,0253,n=71	F=33,162 p<0,0001,n=72	F=0,171 p=0,6801,n=82
NASALISATION ANTICIPATOIRE EN %				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
F=0,437 p=0,5108,n=72	F=0,417 p=0,5208,n=72	F=6,708 p=0,0117,n =71	F=16,113 p=0,0001,n=72	F=1,896 p=0,1724,n=82

4. Logatomes CVNC : comparaison intra-langues

ANGLAIS : REPETITION 1

Tableau 54 : différence entre les locuteurs en anglais pour la répétition 1, les valeurs significatives sont en gras, M= moyenne

DUREE DE LA VOYELLE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=175	M= 143	M= 119	M=143	M=108
<p>5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=7,565, p<0,0001, n=204)</p> <p>loc1 et loc 2 : p=0,0152 ; loc1 et loc3 : p<0,0001 ; loc 1 et loc 4 : p=0,0156 ; loc 1 et loc 5 : p <0,0001 ; loc2 et loc 5 : p=0,0114 , loc4 et loc5 :p=0,0112</p> <p>loc2 et loc 3 : p=0,0698 ; loc 2 et loc 4 : p=0,9934 ; loc 3 et loc4 : p=0,0685 ; loc 3 et loc 5 : p=0,3945</p>				
DUREE DE LA CONSONNE NASALE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=119	M= 120	M= 90	M=102	M=86
<p>5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=5,766, p=0,0002, n=204)</p> <p>Loc 1 et loc 3 : p=0,0016 ; loc 1 et loc 5 :p=0,0007 ; loc 2 et loc 3 :p=0,0010 ; loc 2 et loc 5 :p=0,0004</p> <p>loc 1 et loc2 : p=0,8848 ; loc 1 et loc4 :p=0,0782 ; loc 2 et loc 4 : 0,0569 ; loc3 et loc4 : p=0,1784 ; loc 3 et loc 5 : 0,6686, loc 4 et loc5 :p=0,0916</p>				
DUREE DE LA NASALISATION ANTICIPATOIRE EN MS				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=151	M= 123	M=131	M=125	M=110
<p>5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=2,061, p=0,0873, n=204),</p> <p>loc1 et loc5 :p=0,0059</p> <p>Loc1 et loc2 :p=0,0617 ; loc 1 et loc 3 : p=0,1576 ; loc1 et loc 4 :p=0,0822 ; loc2 et loc3 :p=0,5935 ; loc2 et loc 4 :p=0,8950 ; loc 2 et loc 5 : 0,3543 ; loc3 et loc4 :p=0,6915 ; loc3 et loc5 : p=0,1374 ; loc4 et loc5 :p=0,2909</p>				

NASALISATION ANTICIPATOIRE EN %				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=82	M= 85	M=98	M=86	M=95
<p>5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=9,748, p<0,0001, n=204)</p> <p>loc1 et loc3 : p<0,0001 ; loc1 et loc5 : p<0,0001 ; loc2 et loc3 : p<0,0001 ; loc2 et loc5 : p=0,0023 ; loc3 et loc4 :p=0,0001, loc4 et loc5 :0,0052</p> <p>loc1 et loc2 : p=0,3729 ; loc1 et loc4 : p=0,2443 ; loc2 et loc4 : 0,7838 ; loc 3 et loc5 :p=0,3570</p>				
DURÉE DE LA NASALISATION ANTICIPATOIRE EN MS EN FONCTION DE LA VOYELLE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
/A/ M=264	/A/ M=221	/A/ M=225	/A/ M=203	/A/ M=178
/E/ M=130	/E/ M=90	/E/ M=114	/E/ M=98	/E/ M=103
/I/ M=64	/I/ M=58	/I/ M=92	/I/ M=70	/I/ M=63
/U/M=145	/U/M=125	/U/M=89	/U/M=130	/U/M=101
<p>5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle : (F(3)=226,116, p<0,0001, n=204)</p> <p>5 locuteurs pris ensemble (en fonction du locuteur) : (F(4)=8,866, p<0,0001, n=204)</p> <p>/A/ et /E/ p<0,0001 ; /A/ et /I/ p<0,0001 ; /A/ et /U/ p<0,0001 ; /E/ et /I/ p<0,0001 ; /I/ et /U/ p<0,0001</p> <p>/E/ et /U/ p=0,0790</p> <p>loc 1 et loc 2 p p<0,0001 ; loc 1 et loc 3 p= 0,0027 ; loc 1 et loc 4 p=0,0002 ; loc 1 et loc 5 p p<0,0001 , loc 2 et loc 5 p=0,0480 ; loc 3 et loc 5 p=0,0016 ; loc4 et loc5 p=0,0243</p> <p>loc 2 et loc 3 p=0,2532 ; loc 2 et loc 4 p=0,7773 ; loc 3 et loc 4 p= 0,3954</p>				
NASALISATION ANTICIPATOIRE EN % EN FONCTION DE LA VOYELLE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
/A/ M=93	/A/ M=92	/A/ M=100	/A/ M=94	/A/ M=97
/E/ M=81	/E/ M=80	/E/ M=100	/E/ M=78	/E/ M=98
/I/ M=58	/I/ M=75	/I/ M=94	/I/ M=75	/I/ M=85

/U/M=95	/U/M=92	/U/M=97	/U/M=94	/U/M=100
<p>5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle : (F(3)=24,841, p<0,0001, n=204)</p> <p>5 locuteurs pris ensemble (en fonction du locuteur) : (F(4)=14,270, p<0,0001, n=204)</p> <p>/A/ et /E/ p=0,0026 ; /A/ et /I/ p<0,0001 ; /E/ et /I/ p<0,0001 ; /I/ et /U/ p<0,0001</p> <p>/E/ et /U/ p=0,0018</p> <p>/A/ et /U/ p=0,8935</p> <p>loc 1 et loc 2 p=0,2829 ; loc 1 et loc 3 p<0,0001 ; loc 1 et loc 5 p<0,0001 ; loc 2 et loc 3 p<0,0001 ; loc 2 et loc 5 p=0,0003 ; loc 3 et loc 4 p<0,0001 ; loc 4 et loc 5 p=0,0008</p> <p>loc 1 et loc 4 p=0,1607 ; loc 2 et loc 4 p=0,7407 ; loc 3 et loc 5 p=0,2670</p>				

ANGLAIS : REPETITION 2

Tableau 55 : différence entre les locuteurs en anglais pour la répétition 2, les valeurs significatives sont en gras, M= moyenne

DUREE DE LA VOYELLE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=180	M= 138	M= 107	M=134	M=95
<p>5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=13,539 p<0,0001, n=200)</p> <p>loc 1 et loc2 p=0,0009 ; loc1 et loc3 p<0,0001 ; loc1 et loc4 p=0,0003, loc 1 et loc 5 p<0,0001 ; loc 2 et loc 3 p=0,0150, loc 2 et loc 5 p=0,0009 ; loc 3 et loc 4 p=0,0287 ; loc 4 et 5 p=0,0020</p> <p>loc 2 et loc 4 p=0,7934 ; loc 3 et loc 5 p=0, 3320</p>				
DUREE DE LA CONSONNE NASALE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=115	M= 118	M=85	M=102	M=76
<p>5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=10,086, p<0,0001, n=200)</p> <p>loc1 et loc3 p=0,0003, loc 1 et loc5 p<0,0001 ; loc 2 et loc3 p<0,0001 ; loc 2 et loc5 p<0,0001 ; loc 3 et loc4 p=0,0360 ; loc 4 et loc5 p=0,0014</p> <p>loc1 et loc2 p=0,7282 ; loc1 et loc4 p=0,1176 ; loc 2 et loc4 p=0,0545 ; loc3 et loc5 p=0,2408</p>				

DUREE DE LA NASALISATION ANTICIPATOIRE EN MS				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=171	M= 128	M=118	M=125	M=92
<p>5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=8,932, p<0,0001, n=200)</p> <p>loc 1 et loc2 p=0,0017 ; loc 1 et loc 3 p=0,0001, loc 1 et loc 4 p=0,0007 ; loc 1 et loc 5 p<0,0001 ; loc 2 et loc 5 p=0,0070 ; loc 3 et loc 5 p=0,0447 ; loc 4 et loc 5 p=0,0138</p> <p>loc 2 et loc 3 p=0,4590 ; loc 2 et loc 4 p=0,7971, loc 3 et loc 4 p=0,6275</p>				
NASALISATION ANTICIPATOIRE EN %				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=90	M= 91	M=98	M=91	M=91
<p>5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=2,605, p=0,0371, n=200),</p> <p>loc 1 et loc 3 p=0,0085 ; loc 2 et loc3 p=0,0202 ; loc 3 et loc4 p=0,0114 ; loc 3 et loc5 p=0,0126</p> <p>loc 1 et loc2 p=0,7438 ; loc 1 et loc4 p=0,8919 ; loc 1 et loc5 p=0,8904 ; loc 2 et loc4 p=0,8460 ; loc 2 et loc5 p=0,8507, loc 4 et loc5 p=0,9971</p>				
DURÉE DE LA NASALISATION ANTICIPATOIRE EN MS EN FONCTION DE LA VOYELLE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
/A/ M=306	/A/ M=203	/A/ M=185	/A/ M=194	/A/ M=133
/E/ M=144	/E/ M=119	/E/ M=101	/E/ M=110	/E/ M=72
/I/ M=77	/I/ M=82	/I/ M=78	/I/ M=76	/I/ M=70
/U/M=153	/U/M=108	/U/M=111	/U/M=121	/U/M=90
<p>5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle) : (F(3)=159,032, p<0,0001, n=200)</p> <p>5 locuteurs pris ensemble (en fonction du locuteur) : (F(4)=33,507, p<0,0001, n=200)</p> <p>/A/ et /E/ p<0,0001 ; /A/ et /I/ p<0,0001 ; /A/ et /U/ p<0,0001 ; /E/ et /I/ p<0,0001 ; /I/ et /U/ p<0,0001</p> <p>/E/ et /U/ p=0,2455</p>				

loc 1 et loc 2 $p < 0,0001$; loc 1 et loc 3 $p < 0,0001$; loc 1 et loc 4 $p < 0,0001$; loc 1 et loc 5 $p < 0,0001$;
 loc 2 et loc 5 $p < 0,0001$; loc 3 et loc 5 $p = 0,0001$; loc 4 et loc 5 $p < 0,0001$
 loc 2 et loc 3 $p = 0,1501$; loc 2 et loc 4 $p = 0,6166$; loc 3 et loc 4 $p = 0,3451$

NASALISATION ANTICIPATOIRE EN % EN FONCTION DE LA VOYELLE

Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
/A/ M=96	/A/ M=95	/A/ M=100	/A/ M=94	/A/ M=97
/E/ M=91	/E/ M=89	/E/ M=97	/E/ M=92	/E/ M=77
/I/ M=75	/I/ M=89	/I/ M=97	/I/ M=83	/I/ M=87
/U/M=100	/U/M=93	/U/M=99	/U/M=93	/U/M=100

5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle) : (F(3)=10,031, $p < 0,0001$, n=200)

5 locuteurs pris ensemble (en fonction du locuteur) : (F(4)=3,183, $p < 0,0148$, n=200)

/A/ et /E/ $p < 0,0036$; /A/ et /I/ $p < 0,0001$; /I/ et /U/ $p < 0,0001$

/E/ et /U/ $p = 0,0023$

/A/ et /U/ $p = 0,9103$; /E/ et /I/ $p = 0,1658$

loc 1 et loc 3 $p = 0,0040$; loc 2 et loc 3 $p = 0,0110$; loc 3 et loc 4 $p = 0,0056$; loc 3 et loc 5 $p = 0,0063$

loc 1 et loc 2 $p = 0,7200$; loc 1 et loc 4 $p = 0,8816$; loc 1 et loc 5 $p = 0,8799$; loc 2 et loc 4 $p = 0,8365$;
 loc 4 et loc 5 $p = 0,9968$

BOSNIEN : REPETITION 1

Tableau 56 : différence entre les locuteurs en bosnien pour la répétition 1, les valeurs significatives sont en gras, M= moyenne

DUREE DE LA VOYELLE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=122	M= 99	M= 132	M=119	M=128

5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=11,374, $p < 0,0001$, n=196)

**loc 1 et loc 2 $p < 0,0001$; loc 2 et loc 3 $p < 0,0001$; loc 2 et loc 4 $p = 0,0002$; loc 2 et loc 5 $p < 0,0001$;
 loc 3 et loc 4 $p = 0,0175$**

loc 1 et loc 3 $p = 0,0551$; loc 1 et loc 4 $p = 0,6364$; loc 1 et loc 5 $p = 0,2321$; loc 3 et loc 5 $p = 0,4638$; loc 4

et loc5 p=0,0967				
DUREE DE LA CONSONNE NASALE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=86	M= 77	M= 92	M=88	M=85
<p>5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=4,515, p=0,0017, n=196),</p> <p>loc 1 et loc2 p=0,0159 ; loc2 et loc3 p<0,0001 ; loc 2 et loc4 p=0,0024 ; loc 2 et loc5 p=0,0377</p> <p>loc 1 et loc3 p=0,1008 ; loc 1 et loc4 p=0,5195 ; loc 1 et loc5 p=0,7469 ; loc 3 et loc4 p=3128 ; loc 3 et loc5 p=0,0517 ; loc 4 et loc5 p=0,3361</p>				
DUREE DE LA NASALISATION ANTICIPATOIRE EN MS				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=73	M= 94	M=128	M=107	M=120
<p>5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=18,395, p<0,0001, n=196),</p> <p>loc 1 et loc2 p=0,0027 ; loc1 et loc3 <0,0001 ; loc 1 et loc4 p<0,0001 ; loc 1 et loc5 <0,0001 ; loc 2 et loc3 <0,0001 ; loc 2 et loc5 p=0,0005 ; loc 3 et loc4 p=0,0042</p> <p>loc 2 et loc4 p=0,0785 ; loc 3 et loc5 p=0,2658 ; loc 4 et loc5 p=0,0752</p>				
NASALISATION ANTICIPATOIRE EN %				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=62	M= 90	M=90	M=89	M=89
<p>5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=19,202, p<0,0001, n=196)</p> <p>loc 1 et loc2 p<0,0001 ; loc1 et loc3 p<0,0001 ; loc 1 et loc2 p<0,0001 ; loc 1 et loc4 p<0,0001 ; loc 1 et loc5 p<0,0001</p> <p>loc 2 et loc3 p=0,9684 ; loc 2 et loc4 p=0,7832 ; loc 2 et loc5 p=0,7912 ; loc 3 et loc4 p=0,8166 ; loc 3 et loc5 p=0,8243 ; loc 4 et loc5 p=0,9931</p>				
DUREE DE LA NASALISATION ANTICIPATOIRE EN MS EN FONCTION DE LA VOYELLE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5

/A/ M=54	/A/ M=114	/A/ M=175	/A/ M=131	/A/ M=149
/E/ M=63	/E/ M=115	/E/ M=109	/E/ M=116	/E/ M=130
/I/ M=87	/I/ M=74	/I/ M=104	/I/ M=83	/I/ M=70
/U/M=88	/U/M=75	/U/M=127	/U/M=97	/U/M=124

5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle : (F(3)=27,143, p<0,0001, n=196)

5 locuteurs pris ensemble (en fonction du locuteur) : (F(4)=36,041, p<0,0001, n=196)

/A/ et /E/ p=0,0002 ; /A/ et /I/ p<0,0001 ; /A/ et /U/ p<0,0001 ; /E/ et /I/ p<0,0001 ; /I/ et /U/ p=0,0001

/E/ et /U/ p=0,3038

loc 1 et loc 2 p<0,0001 ; loc 1 et loc 3 p<0,0001 ; loc 1 et loc 4 p<0,0001 ; loc 1 et loc 5 p<0,0001 ; loc 2 et loc 3 p<0,0001, loc 2 et loc 4 p=0,0147 ; loc 2 et loc 5 p<0,0001 ; loc 3 et loc 4 p<0,0001 ; loc 4 et loc 5 p=0,0136

loc 3 et loc 5 p=0,1216

NASALISATION ANTICIPATOIRE EN % EN FONCTION DE LA VOYELLE

Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
/A/ M=40	/A/ M=94	/A/ M=100	/A/ M=96	/A/ M=97
/E/ M=44	/E/ M=98	/E/ M=74	/E/ M=88	/E/ M=91
/I/ M=80	/I/ M=82	/I/ M=90	/I/ M=85	/I/ M=73
/U/M=85	/U/M=88	/U/M=97	/U/M=88	/U/M=95

5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle : (F(3)=7,040 p=0,0002, n=196)

5 locuteurs pris ensemble (en fonction du locuteur) : (F(4)=31,107, p<0,0001, n=196)

/A/ et /E/ p=0,0305 ; /A/ et /I/ p=0,3401 ; /A/ et /U/ p=0,0323 ; /E/ et /I/ p=0,2241 ; /I/ et /U/ p=0,0022

/E/ et /U/ p<0,0001

loc 1 et loc 2 p<0,0001 ; loc 1 et loc 3 p<0,0001 ; loc 1 et loc 4 p<0,0001 ; loc 1 et loc 5 p<0,0001

loc 2 et loc 3 p=0,9598 ; loc 2 et loc 4 p=0,7266 ; loc 2 et loc 5 p=0,7365 ; loc 3 et loc 4 p=0,7681 ; loc 3 et loc 5 p=0,7778 ; loc 4 et loc 5 p=0,9913

BOSNIEN : REPETITION 2

Tableau 57 : différence entre les locuteurs en bosnien pour la répétition 2, les valeurs significatives sont en gras, M= moyenne

DUREE DE LA VOYELLE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=101	M= 99	M= 107	M=112	M=110
<p>5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=2,770p=0,0285, n=200)</p> <p>loc 1 et loc4 p=0,0182 ; loc 2 et loc4 p=0,0085 ; loc 2 et loc5 p=0,0270</p> <p>loc 1 et loc2 p=0,7345 ; loc 1 e loc3 p=0,1656 ; loc 1 et loc5 p=0,0537 ; loc 2 et loc 3 p=0,0914 ; loc 3 et loc4 p=0,3110 ; loc 3 et loc5 p=0,5720 ; loc 4 et loc5 p=0,6546</p>				
DUREE DE LA CONSONNE NASALE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=92	M= 82	M=89	M=91	M=89
<p>5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=2,476, p=0,0456, n=200)</p> <p>loc 1 et loc2 p=0,0045 ; loc 2 et loc4 p=0,0107</p> <p>loc 1 et loc3 p= 0,2987 ; loc 1 et loc4 p=0,8024 ; loc 1 et loc5 p=0,3639 ; loc 2 et loc3 p=0,0648 ; loc2 et loc5 p=0,0524 ; loc3 et loc4 p=0,4410 ; loc 3 et loc5 p=0,9053 ; loc4 et loc5 p=0,5191</p>				
DUREE DE LA NASALISATION ANTICIPATOIRE EN MS				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=87	M= 76	M=110	M=99	M=99
<p>5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=9,049, p<0,0001, n=200)</p> <p>loc 1 et loc3 p=0,0001 ; loc 1 et loc4 p=0,0346 ; loc 1 et loc5 p=0,0342 ; loc 2 et loc3 p<0,0001 ; loc 2 et loc4 p=0,0003 ; loc 2 et loc5 p=0,0002</p> <p>loc 1 et loc2 p=0,0937 ; loc 3 et loc4 p=0,0924 ; loc 3 et loc5 p=0,0886, loc 4 et loc5 p=0,9926</p>				
NASALISATION ANTICIPATOIRE EN %				

Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=85	M= 75	M=92	M=89	M=88

5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=5,726, p=0,0002, n=200)

loc 1 et loc2 p=0,0087 ; loc 2 et loc3 p<0,0001 ; loc 2 et loc4 p=0,0005 ; loc 2 et loc5 p=0,0010

loc1 et loc3 p=0,0618 ; loc 1 et loc4 p=0,3309 ; loc 1 et loc5 p=0,4546 ; loc 3 et loc4 p=0,3859 ; loc 3 et loc5 p=0,2699 ; loc 4 et loc5 p=0,8202

DUREE DE LA NASALISATION ANTICIPATOIRE EN MS EN FONCTION DE LA VOYELLE

Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
/A/ M=91	/A/ M=80	/A/ M=125	/A/ M=115	/A/ M=118
/E/ M=93	/E/ M=91	/E/ M=105	/E/ M=109	/E/ M=102
/I/ M=79	/I/ M=70	/I/ M=95	/I/ M=87	/I/ M=84
/U/M=84	/U/M=69	/U/M=115	/U/M=89	/U/M=93

5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle : (F(3)=7,647 p<0,0001, n=200)

5 locuteurs pris ensemble (en fonction du locuteur) : (F(4)=31,107, p<0,0001, n=200)

/A/ et /E/ p=0,2735 ; /A/ et /I/ p<0,0001; /A/ et /U/ p=0,0023; /E/ et /I/ p=0,0012; /I/ et /U/ p=0,1865

/E/ et /U/ p<0,0513

NASALISATION EN % EN FONCTION DE LA VOYELLE

Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
/A/ M=77	/A/ M=64	/A/ M=93	/A/ M=91	/A/ M=92
/E/ M=81	/E/ M=79	/E/ M=79	/E/ M=91	/E/ M=80
/I/ M=89	/I/ M=79	/I/ M=99	/I/ M=85	/I/ M=84
/U/M=93	/U/M=76	/U/M=97	/U/M=88	/U/M=94

5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle : (F(3)=2,300p<0,0789, n=200)

5 locuteurs pris ensemble (en fonction du locuteur) : (F(4)=6, 248 p<0,0001, n=200)

/A/ et /E/ p=0,5492 ; /A/ et /I/ p=0,2477; /A/ et /U/ p=0,0755/E/ et /I/ p=0,0808/I/ et /U/ p=0,5140

/E/ et /U/ p=0,0189

loc 1 et loc2 p=0,0069 ; loc 1 et loc3 p=0,0543 ; loc 1 et loc4 p=0,3162 ; loc 1 et loc5 p=0,4408 ; loc 2 et loc3 p<0,0001 ; loc 2 et loc 4 p=0,0003 ; loc 2 et loc 5 p=0,0007 ; loc 3 et loc 4 p=0,3715 ; loc 3 et loc 5 p=0,2555 ; loc 4 et loc 5 p=0,8148

FRANCAIS : REPETITION 1

Tableau 58 : différence entre les locuteurs en français pour la répétition 1, les valeurs significatives sont en gras, M= moyenne

DUREE DE LA VOYELLE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=104	M= 89	M= 100	M=83	M=83
<p>5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=8,075, p<0,0001, n=196)</p> <p>loc 1 et loc2 p=0,0025 ; loc 1 et loc4 p<0,0001 ; loc 1 et loc5 p<0,0001 ; loc 2 et loc3 p=0,0193 ; loc 3 et loc4 p=0,0005 ; loc 3 et loc5 p=0,0004</p> <p>loc 1 et loc3 p=0,4761 ; loc 2 et loc4 p=0,2279 ; loc 2 et loc5 p=0,2316, loc 4 et loc5 p=0,9801</p>				
DUREE DE LA CONSONNE NASALE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=144	M= 118	M=82	M=87	M=81
<p>5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=73,576, p<0,0001, n=196)</p> <p>loc 1 et loc2 p<0,0001 ; loc 1 et loc3 p<0,0001 , loc 1 et loc4 p<0,0001 , loc 1 et loc5 p<0,0001 , loc 2 et loc3 p<0,0001 , loc 2 et loc4 p<0,0001 , loc 2 et loc5 p<0,0001</p> <p>loc 3 et loc4 p=0,2543, loc3 et loc 5 p=0,9244, loc4 et loc5 p=0,2175</p>				
DUREE DE LA NASALISATION ANTICIPATOIRE EN MS				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=74	M= 69	M=78	M=64	M=30

5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=17,924, p<0,0001, n=196)

loc 1 et loc5 p<0,0001 ; loc 2 et loc5 p<0,0001 , loc 3 et loc4 p=0,0313, loc 3 et loc5 p<0,0001 , loc 4 et loc5 p<0,0001

loc 1 et loc2 p=0,3956, loc 1 et loc3 p=0,5202, loc 2 et loc3 p=0,1275, loc 2 et loc4 p=0,4951

NASALISATION ANTICIPATOIRE EN %

Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=66	M= 77	M=78	M=78	M=37

5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=27,880, p<0,0001, n=196),

loc 1 et loc2 p=0,0240, loc 1 et loc3 p=0,0128, loc 1 et loc4 p=0,0121, loc 1 et loc5 p<0,0001, loc 2 et loc5 p<0,0001, loc 3 et loc5 p<0,0001, loc 4 et loc5 p<0,0001

loc 2 et loc3 p=0,8237, loc 2 et loc4 p=0,7859, loc 3 et loc4 p=0,9585

DUREE DE LA NASALISATION ANTICIPATOIRE EN MS EN FONCTION DE LA VOYELLE

Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
/A/ M=93	/A/ M=76	/A/ M=95	/A/ M=80	/A/ M=13
/E/ M=94	/E/ M=83	/E/ M=89	/E/ M=69	/E/ M=48
/I/ M=61	/I/ M=59	/I/ M=59	/I/ M=66	/I/ M=36
/U/M=48	/U/M=56	/U/M=71	/U/M=42	/U/M=25

5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle : (F(3)=12,689 p<0,0001, n=196)

5 locuteurs pris ensemble (en fonction du locuteur) : (F(4)=22, 499p<0,0001, n=196)

/A/ et /E/ p=0,3045 ; /A/ et /I/ p=0,0040; /A/ et /U/ p<0,0001; /E/ et /I/ p=0,0001; /I/ et /U/ p=0,1366

/E/ et /U/ p<0,0001

loc 1 et loc 5 p<0,0001 ; loc 2 et loc 5 p<0,0001 ; loc 3 et loc 5 p<0,0001 ; loc 4 et loc 5 p<0,0001

loc 1 et loc 2 p=0,3408 ; loc 1 et loc 3 p=0,4708 ; loc 1 et loc 4 p=0,0871 ; loc 2 et loc 3 p=0,0960 ; loc 2 et loc 4 p=0,4442

NASALISATION ANTICIPATOIRE EN % EN FONCTION DE LA VOYELLE

Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
------------	------------	------------	------------	------------

/A/ M=70	/A/ M=75	/A/ M=73	/A/ M=78	/A/ M=14
/E/ M=73	/E/ M=86	/E/ M=76	/E/ M=72	/E/ M=56
/I/ M=67	/I/ M=76	/I/ M=75	/I/ M=93	/I/ M=46
/U/M=55	/U/M=72	/U/M=90	/U/M=70	/U/M=31

5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle : (F(3)=3,746 p<0,0121, n=196)

5 locuteurs pris ensemble (en fonction du locuteur) : (F(4)=32,187, p<0,0001, n=196)

/A/ et /E/ p=0,0064 ; /A/ et /I/ p=0,0143; /A/ et /U/ p=0,7182; /E/ et /I/ p=0,7734; /I/ et /U/ p=0,0374

/E/ et /U/ p=0,0183

loc1 et loc 2 p=0,0152, loc 2 et loc 3 p=0,0074 ; loc 1 et loc 4 p=0,0070 ; loc 1 et loc 5 p<0,0001 ; loc 2 et loc 5 p<0,0001 ; loc 3 et loc 5 p<0,0001 ; loc 4 et loc 5 p<0,0001

loc 2 et loc 3 p=0,8102 ; loc2 et loc 4 p=0,7697 ; loc 3 et loc 4 p=0,9553

FRANCAIS : REPETITION 2

Tableau 59 : différence entre les locuteurs en français pour la répétition 2, les valeurs significatives sont en gras, M= moyenne

DUREE DE LA VOYELLE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=88	M= 74	M= 93	M=78	M=84
5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=4,337=0,0022, n=195)				
loc 1 et loc2 p=0,0050 ; loc 2 et loc3 p=0,0003, loc 2 et loc5 p=0,0428, loc 3 et loc4 p=0,0063				
loc 1 et loc3 p=0,4043 ; loc 1 et loc4 p=0,0566, loc 1 et loc5 p=0,4080, loc 2 et loc4 p=0,3505, loc 3 et loc5 p=0,0954, loc 4 et loc5 p=0,2713				
DUREE DE LA CONSONNE NASALE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=120	M= 103	M=96	M=92	M=85
5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=26,881, p<0,0001 n=195)				

loc 1 et loc2 p<0,0001, loc 1 et loc3 p<0,0001, loc 1 et loc4 p<0,0001, loc 1 et loc5 p<0,0001, loc 2 et loc4 p=0,0027, loc 2 et loc5 p<0,0001, loc 3 et loc5 p=0,0005, loc 4 et loc5 p=0,0483

loc 2 et loc3 p=0,1511, loc 3 et loc4 p=0,1216

DUREE DE LA NASALISATION ANTICIPATOIRE EN MS

Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=62	M= 59	M=76	M=70	M=47

5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=14,134, p<0,0001, n=195)

loc 1 et loc2 p<0,0001, loc 1 et loc4 p=0,0233, loc1 et loc5 p<0,0001, loc 2 et loc 3 p=0,0016 ; loc 2 et loc4 p=0,0388 ; loc2 et loc5 p=0,0195, loc 3 et loc5 p<0,0001, loc 4 et loc5 p<0,0001

loc 1 et loc3 p=0,2585 ; loc 3 et loc4 p=0,2560

NASALISATION ANTICIPATOIRE EN %

Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=84	M= 81	M=81	M=86	M=57

5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=13,596, p<0,0001, n=195),

loc 1 et loc5 p<0,0001, loc 2 et loc5 p<0,0001, loc 3 et loc5 p<0,0001, loc 4 et loc5 p<0,0001

loc 1 et loc2 p=0,4750, loc 1 et loc3, p=0,5642, loc 1 et loc4 p=0,6693, loc 2 et loc3 p=0, 8961, loc2 et loc4 p=0,2481 ; loc 3 et loc4 p=0,3124

DUREE DE LA NASALISATION ANTICIPATOIRE EN MS EN FONCTION DE LA VOYELLE

Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
/A/ M=104	/A/ M=69	/A/ M=83	/A/ M=77	/A/ M=40
/E/ M=103	/E/ M=74	/E/ M=89	/E/ M=79	/E/ M=54
/I/ M=74	/I/ M=56	/I/ M=59	/I/ M=62	/I/ M=48
/U/M=50	/U/M=38	/U/M=71	/U/M=62	/U/M=45

5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle : (F(3)=19,082 p<<0,0001, n=196)

5 locuteurs pris ensemble (en fonction du locuteur) : (F(4)=19,780, p<0,0001, n=196)

/A/ et /E/ p=0,2142 ; /A/ et /I/ p=0,0002; /A/ et /U/ p<0,0001; /E/ et /I/ p<0,0001; /I/ et /U/ p=0,1128

/E/ et /U/ p<0,0001

loc 1 et loc 1 p<0,0001 ; loc 1 et loc 4 p=0,0074 ; loc 1 et loc 5 p<0,0001 ; loc 2 et loc 3 p=0,0002 ; loc 2 et loc 4 p=0,0147 ; loc 2 et loc 5 p=0,0058 ; loc 3 et loc 5 p<0,0001 ; loc 4 et loc 5 p<0,0001

loc 1 et loc 3 p=0,1813 ; loc 3 et loc 4 p=0,1790

NASALISATION EN % EN FONCTION DE LA VOYELLE

Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
/A/ M=92	/A/ M=75	/A/ M=74	/A/ M=79	/A/ M=41
/E/ M=92	/E/ M=81	/E/ M=82	/E/ M=84	/E/ M=56
/I/ M=87	/I/ M=93	/I/ M=86	/I/ M=96	/I/ M=66
/U/M=68	/U/M=77	/U/M=86	/U/M=86	/U/M=65

5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle : (F(3)=4,033 p=0,0084, n=195)

5 locuteurs pris ensemble (en fonction du locuteur) : (F(4)=14,823 p<0,0001, n=195)

/A/ et /E/ p=0,1014 ; /A/ et /I/ p=0,0009; /A/ et /U/ p=0,3126; /E/ et /I/ p=0,0837; /I/ et /U/ p=0,0190

/E/ et /U/ p=0,5289

loc 1 et loc 2 p=0,4576 ; loc 1 et loc 3 p=0,5487 ; loc 1 et loc 4 p=0,6569 ; **loc 1 et loc 5 p<0,0001** ; loc 2 et loc 3 p=0,8920 ; loc 2 et loc 4 p=0,2298 ; **loc 2 et loc 5 p<0,0001** ; loc 3 et loc 4 p=0,2936 ; **loc 3 et loc 5 p<0,0001 ; loc 4 et loc 5 p<0,0001**

NORVEGIEN : REPETITION 1

Tableau 60 : différence entre les locuteurs en norvégien pour la répétition 1, les valeurs significatives sont en gras, M= moyenne

DUREE DE LA VOYELLE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=89	M= 77	M= 114	M=87	M=75
5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=23,314, p<0,0001, n=194)				

loc 1 et loc2 p=0,0091, loc 1 et loc3 p<0,0001, loc 1 et loc5 p=0,0028, loc 2 et loc3 p<0,0001, loc 2 et loc4 p=0,0225, loc 3 et loc4 p<0,0001, loc 3 et loc5 p<0,0001

loc 1 et loc4 p=0,7594 ; loc 2 et loc5 p=0,7143

DUREE DE LA CONSONNE NASALE

Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=131	M= 152	M=153	M=128	M=124

5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=5,184, p=0,0006, n=196),

loc 1 et loc2 p=0,0177, loc 1 et loc3 p=0,0132, loc 2 et loc4 p=0,0061 ; loc 2 et loc5 p=0,0012, loc 3 et loc4 p=0,0043, loc 3 et loc5 p=0,0008

loc 1 et loc4 p=0,6765 ; loc 1 et loc5 p=0,3531, loc 2 et loc3 p=0,9392, loc 4 et loc5 p=0,6151

DUREE DE LA NASALISATION ANTICIPATOIRE EN MS

Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=55	M= 43	M=80	M=76	M=67

5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=15,582, p<0,0001, n=194),

loc 1 et loc2 p=0,0304, loc 1 et loc3 p<0,0001, loc 1 et loc4 p=0,0001, loc 1 et loc5 p=0,0194, loc 2 et loc3 p<0,0001, loc 2 et loc4 p<0,0001, loc 2 et loc5 p<0,0001, loc 3 et loc5 p=0,0255

loc 3 et loc4 p=0,4819, loc 4 et loc5 p=0,1295

NASALISATION ANTICIPATOIRE EN %

Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=60	M= 56	M=70	M=87	M=87

5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=19,491, p<0,0001, n=194),

loc 1 et loc3 p=0,0214, loc 1 et loc4 p<0,0001, loc 1 et loc5 p<0,0001, loc 2 et loc3 p=0,0020, loc 2 et loc4 p<0,0001, loc 2 et loc5 p<0,0001, loc 3 et loc4 p=0,0006, loc 3 et loc5 p=0,0004

loc 1 et loc2 p=0,4004, loc 4 et loc5 p=0,9520

DUREE DE LA NASALISATION ANTICIPATOIRE EN MS EN FONCTION DE LA VOYELLE

Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
/A/ M=65	/A/ M=47	/A/ M=75	/A/ M=80	/A/ M=77
/E/ M=58	/E/ M=50	/E/ M=81	/E/ M=65	/E/ M=64
/I/ M=47	/I/ M=41	/I/ M=64	/I/ M=84	/I/ M=65
/U/M=49	/U/M=28	/U/M=103	/U/M=77	/U/M=66

5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle : (F(3)=1,112 p=0,3458 n=194)

5 locuteurs pris ensemble (en fonction du locuteur) : (F(4)=14,823 p<0,0001, n=194)

/A/ et /E/ p=0,3238 ; /A/ et /I/ p=0,0978; /A/ et /U/ p=0,5848; /E/ et /I/ p=0,4962; /I/ et /U/ p=0,2804

/E/ et /U/ p=0,6756

loc 1 et loc 2 p=0,0257 ; loc 1 et loc 3 p<0,0001 ; loc 1 et loc 4 p<0,0001 ; loc 1 et loc 5 p=0,0160 ;
loc 2 et loc 3 p<0,0001 ; loc 2 et loc 4 p<0,0001 , loc 2 et loc 5 p<0,0001 ; loc 3 et loc 4 p=0,4682 ;
loc 3 et loc 5 p=0,0213 ; loc 4 et loc 5 p=0,1180

NASALISATION ANTICIPATOIRE EN % EN FONCTION DE LA VOYELLE

Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
/A/ M=69	/A/ M=59	/A/ M=60	/A/ M=90	/A/ M=86
/E/ M=60	/E/ M=68	/E/ M=65	/E/ M=78	/E/ M=85
/I/ M=63	/I/ M=58	/I/ M=66	/I/ M=92	/I/ M=87
/U/M=48	/U/M=37	/U/M=93	/U/M=88	/U/M=91

5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle : (F(3)=0,145 p=0,9328, n=194)

5 locuteurs pris ensemble (en fonction du locuteur) : (F(4)=22,782 p<0,0001, n=194)

/A/ et /E/ p=0,7291 ; /A/ et /I/ p=0,8644; /A/ et /U/ p=0,8763; /E/ et /I/ p=0,6094; /I/ et /U/ p=0,7491

/E/ et /U/ p=0,8552

loc 1 et loc 2 p=0,3708 ; loc 1 et loc 3 p=0,0145 ; loc 1 et loc 4 p<0,0001 ; loc 1 et loc 5 p<0,0001 ;
loc 2 et loc 3 p=0,0010 ; loc 2 et loc 4 p<0,0001 ; loc 2 et loc 5 p<0,0001, loc 3 et loc 4 p=0,0003 ;
loc 3 et loc 5 p=0,0002 ; loc 4 et loc 5 p=0,9489

NORVEGIEN : REPETITION 2

Tableau 61 : différence entre les locuteurs en norvégien pour la répétition 2, les valeurs significatives sont en gras, M= moyenne

DUREE DE LA VOYELLE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=83	M= 72	M= 110	M=77	M=73
<p>5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=27,317, p p<0,0001, n=200)</p> <p>loc 1 et loc2 p=0,0092, loc 1 et loc3 p<0,0001, loc 1 et loc5 p=0,0122, loc 2 et loc3 p<0,0001, loc 3 et loc4 p<0,0001, loc 3 et loc5 p<0,0001</p> <p>loc 1 et loc4 p=0,1340, loc 2 et loc4 p=0,2580, loc 2 et loc5 p=0,9306, loc 4 et loc5 p=0,2996</p>				
DUREE DE LA CONSONNE NASALE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=172	M= 176	M=156	M=99	M=127
<p>5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=29,618, p<0,0001 n=200)</p> <p>loc 1 et loc4 p<0,0001, loc 1 et loc5 p<0,0001, loc 2 et loc3 p=0,0183, loc 2 et loc4 p<0,0001, loc 2 et loc5 p<0,0001, loc 3 et loc4 p<0,0001, loc 3 et loc5 p=0,0011, loc 4 et loc5 p=0,0009</p> <p>loc 1 et loc2 p=0,5782, loc 1 et loc3 p=0,0709</p>				
DUREE DE LA NASALISATION ANTICIPATOIRE EN MS				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=39	M= 54	M=69	M=66	M=67
<p>5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=8,039, p<0,0001, n=200),</p> <p>loc 1 et loc2 p=0,0219, loc 1 et loc3 p<0,0001, loc 1 et loc4 p<0,0001, loc 1 et loc5 p<0,0001, loc 2 et loc3 p=0,0130, loc 2 et loc4 p=0,0441</p> <p>loc 3 et loc4 p=0,6130, loc 3 et loc5 p=0,6375, loc 4 et loc5 p=0,9745</p>				

NASALISATION ANTICIPATOIRE EN %				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=49	M= 73	M=63	M=86	M=88
<p>5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=15,713, p<0,0001, n=200)</p> <p>loc 1 et loc2 p<0,0001, loc 1 et loc3 p =0,0175, loc 1 et loc4 p<0,0001, loc 1 et loc5 p<0,0001, loc 2 et loc4 p=0, 0236, loc 2 et loc5 p=0,0104, loc 3 et loc4 p=0,0001, loc 3 et loc5 p<0,0001</p> <p>loc 2 et loc3 p=0,0900 ; loc 4 et loc5 p=0,7494</p>				
DUREE DE LA NASALISATION ANTICIPATOIRE EN MS EN FONCTION DE LA VOYELLE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
/A/ M=51	/A/ M=51	/A/ M=53	/A/ M=66	/A/ M=75
/E/ M=30	/E/ M=43	/E/ M=71	/E/ M=64	/E/ M=64
/I/ M=57	/I/ M=83	/I/ M=52	/I/ M=71	/I/ M=50
/U/M=20	/U/M=40	/U/M=103	/U/M=65	/U/M=80
<p>5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle : (F(3)=1,075 p=0,3610n=200)</p> <p>5 locuteurs pris ensemble (en fonction du locuteur) : (F(4)=10,137 p<0,0001, n=200)</p> <p>/A/ et /E/ p=0,2917 ; /A/ et /I/ p=0,5340; /A/ et /U/ p=0,6766; /E/ et /I/ p=0,0932; /I/ et /U/ p=0,8408</p> <p>/E/ et /U/ p=0,1424</p> <p>loc 1 et loc 2 p=0,0099, loc 1 et loc 3 p<0,0001 ; loc 1 et loc 4 p<0,0001 ; loc 1 et loc 5 p<0,0001 ; loc 2 et loc 3 p=0,0052 ; loc 2 et loc 4 p=0,0234 ; loc 2 et loc 5 p=0,0222 ; loc 3 et loc 4 p=0,5683 ; loc 3 et loc 5 p=0,5951 ; loc 4 et loc 5 p=0,9712</p>				
NASALISATION EN % EN FONCTION DE LA VOYELLE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
/A/ M=54	/A/ M=70	/A/ M=43	/A/ M=77	/A/ M=97
/E/ M=32	/E/ M=67	/E/ M=56	/E/ M=83	/E/ M=83
/I/ M=81	/I/ M=98	/I/ M=51	/I/ M=95	/I/ M=73

/U/M=29	/U/M=58	/U/M=100	/U/M=90	/U/M=100
<p>5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle : (F(3)=5,164 p=0,0019n=200)</p> <p>5 locuteurs pris ensemble (en fonction du locuteur) : (F(4)=23,953 p<0,0001, n=200)</p> <p>/A/ et /E/ p=0,2484 ; /A/ et /I/ p=0,0105; /A/ et /U/ p=0,1512; /E/ et /I/ p=0,0002; /I/ et /U/ p=0,2602</p> <p>/E/ et /U/ p=0,0103</p> <p>loc 1 et loc 2 p<0,0001 ; loc 1 et loc 3 p=0,0036, loc 1 et loc 4 p<0,0001 ; loc 1 et loc 5 p<0,0001 ; loc 2 et loc 3 p=0,0378 ; loc 2 et loc 4 p=0,0056 ; loc 2 et loc 5 p=0,0017 ; loc 3 et loc 4 p<0,0001 ; loc 3 et loc 5 p<0,0001 ; loc 4 et loc 5 p=0,6945</p>				

OURDOU : REPETITION 1

Tableau 62 : différence entre les locuteurs en ourdou pour la répétition 1, les valeurs significatives sont en gras, M= moyenne

DUREE DE LA VOYELLE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=92	M= 126	M= 95	M=106	M=115
<p>5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=12,727, p<0,0001, n=189)</p> <p>loc 1 et loc2 p<0,0001, loc 1 et loc4 p=0,0200, loc 1 et loc5 p<0,0001, loc 2 et loc3 p<0,0001, loc 2 et loc4 p=0,0004, loc 3 et loc5 p=0,0004</p> <p>loc 1 et loc3 p=0,6114, loc 2 et loc5 p=0,0501, loc 3 et loc4 p=0,0757, loc 4 et loc5 p=0,0824</p>				
DUREE DE LA CONSONNE NASALE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=78	M= 71	M=70	M=64	M=73
<p>5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=3,951, p=0,0042 n=189),</p> <p>loc 1 et loc2 p=0,0494, loc 1 et loc3 p=0,0325, loc 1 et loc 4 p=0,0001, loc 2 et loc4 p=0,0491, loc 4 et loc5 p=0,0162</p> <p>loc 1 et loc5 p=0,1178, loc 2 et loc3 p=0,8177, loc 2 et loc5 p=0,6666, loc 3 et loc4 p=0,0904, loc 3 et</p>				

loc5 p=0,5146				
DUREE DE LA NASALISATION ANTICIPATOIRE EN MS				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=82	M= 94	M=91	M=81	M=103
<p>5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=2,520, p=0,0427, n=189),</p> <p>loc 1 et loc5 p=0,0085, loc 4 et loc5 p=0,0082</p> <p>loc 1 et loc2 p=0,1494, loc 1 et loc3 p=0,2736, loc 1 et loc4 p=0,9451, loc 2 et loc3 p=0,7568, loc 2 et loc4 p=0,1386, loc 2 et loc5 p=0,2341, loc 3 et loc4 p=0,2540, loc 3 et loc5 p=0,1422</p>				
NASALISATION ANTICIPATOIRE EN %				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=81	M= 71	M=92	M=77	M=89
<p>5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=8,527, p<0,0001, n=189)</p> <p>loc 1 et loc2 p=0,0182, loc 1 et loc3 p=0,0072, loc 2 et loc3 p<0,0001, loc 2 et loc5 p<0,0001, loc 3 et loc4 p=0,0005, loc 4 et loc5 p=0,0050</p> <p>loc 1 et loc4 p=0,3532, loc 1 et loc5 p=0,0536, loc 2 et loc4 p=0,1618, loc 3 et loc5 p=0,3908</p>				
DUREE DE LA NASALISATION ANTICIPATOIRE EN MS EN FONCTION DE LA VOYELLE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
/A/ M=98	/A/ M=67	/A/ M=104	/A/ M=87	/A/ M=109
/E/ M=87	/E/ M=67	/E/ M=100	/E/ M=90	/E/ M=121
/I/ M=78	/I/ M=67	/I/ M=62	/I/ M=57	/I/ M=90
/U/M=61	/U/M=183	/U/M=103	/U/M=90	/U/M=95
<p>5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle : (F(3)=13,466 p<0,0001, n=189)</p> <p>5 locuteurs pris ensemble (en fonction du locuteur) : (F(4)=4,953 p=0,0008, n=189)</p> <p>/A/ et /E/ p=0,8544 ; /A/ et /I/ p<0,0001; /A/ et /U/ p=0,0296; /E/ et /I/ p=0,0003; /I/ et /U/ p<0,0001</p>				

/E/ et /U/ p=0,0210				
loc 1 et loc 2 p<0,0001 ; loc 1 et loc 3 p=0,0036, loc 1 et loc 4 p<0,0001 ; loc 1 et loc 5 p<0,0001 ; loc 2 et loc 3 p=0,0378 ; loc 2 et loc 4 p=0,0056 ; loc 2 et loc 5 p=0,0017 ; loc 3 et loc 4 p<0,0001 ; loc 3 et loc 5 p<0,0001 ; loc 4 et loc 5 p=0,6945				
NASALISATION ANTICIPATOIRE EN % EN FONCTION DE LA VOYELLE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
/A/ M=79	/A/ M=67	/A/ M=97	/A/ M=83	/A/ M=89
/E/ M=85	/E/ M=57	/E/ M=100	/E/ M=77	/E/ M=92
/I/ M=87	/I/ M=64	/I/ M=79	/I/ M=66	/I/ M=83
/U/M=71	/U/M=97	/U/M=97	/U/M=81	/U/M=91
5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle : (F(3)=4,059 p=0,0081, n=189)				
5 locuteurs pris ensemble (en fonction du locuteur) : (F(4)=10,051 p<0,0001, n=189)				
<i>/A/ et /E/ p=0,5693 ; /A/ et /I/ p=0,0460; /A/ et /U/ p=0,1380; /E/ et /I/ p=0,1643; /I/ et /U/ p=0,0006</i>				
/E/ et /U/ p=0,0446				
loc 1 et loc 2 p=0,0099, loc 1 et loc 2 p=0,0034 ; loc 1 et loc 4 p=0,3100 ; loc 1 et loc 5 p=0,0351 ; loc 2 et loc 3 p<0,0001 ; loc 2 et loc 4 p=0,1262 ; loc 2 et loc 5 p<0,0001 ; loc 3 et loc 4 p=0,0001 ; loc 3 et loc 5 p=0,3480 ; loc 4 et loc5 p=0,0022				

OURDOU : REPETITION 2

Tableau 63 : différence entre les locuteurs en ourdou pour la répétition 2, les valeurs significatives sont en gras, M= moyenne

DUREE DE LA VOYELLE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=112	M= 107	M= 101	M=139	M=112
5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=9,505,p p<0,0001, n=178)				
loc1 et loc4 p<0,0001, loc 2 et loc4 p<0,0001, loc 3 et loc4 p<0,0001, loc 4 et loc5 p<0,0001				
<i>loc 1 et loc2 p=0,4903, loc 1 et loc3 p=0,1199, loc 1 et loc5 p=0,9729, loc 2 et loc3 p=0,3929, loc 2</i>				

et loc5 p=0,4473, loc 3 et loc5 p=0,0940				
DUREE DE LA CONSONNE NASALE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=82	M= 81	M=78	M=75	M=74
5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=1,465, p=0,2150 n=178)				
loc 1 et loc2 p=0,9127 ; loc 1 et loc3 p=0,4489, loc 1 et loc4 p=0,1069, loc 1 et loc5 p=0,0632, loc2 et loc3 p=0,5186, loc 2 et loc4 p=0,1333, loc 2 et loc5 p=0,0812, loc 3 et loc4 p=0,3797, loc 3 et loc5 p=0,2670, loc 4 et loc5 p=0,8380				
DUREE DE LA NASALISATION ANTICIPATOIRE EN MS				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=125	M= 76	M=109	M=126	M=106
5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=4,634, p=0,0014, n=178),				
loc 1 et loc 2 p=0,0004, loc 2 et loc3 p=0,0134, loc 2 et loc4 p=0,0002, loc 2 et loc5 p=0,0194				
loc 1 et loc3 p=0,2257, loc 1 et loc4 p=0,9161, loc 1 et loc5 p=0,1443, loc 3 et loc4 p=0,1785, loc 3 et loc5 p=0,8269, loc 4 et loc5 p=0,1085				
NASALISATION ANTICIPATOIRE EN %				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=84	M= 66	M=98	M=89	M=93
5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=13,490, p<0,0001, n=178),				
loc 1 et loc2 p=0,0002, loc 1 et loc3 p=0,0036, loc 2 et loc3 p<0,0001, loc 2 et loc 4 p<0,0001, loc 2 et loc5 p<0,0001, loc 3 et loc4 p=0,0494				
loc 1 et loc4 p=0,3096, loc 1 et loc5 p=0,0548, loc 3 et loc5 p=0,2571, loc 4 et loc5 p=0,3668				
DUREE DE LA NASALISATION ANTICIPATOIRE EN MS				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
/A/ M=228	/A/ M=65	/A/ M=108	/A/ M=184	/A/ M=112

/E/ M=160	/E/ M=32	/E/ M=114	/E/ M=122	/E/ M=118
/I/ M=86	/I/ M=63	/I/ M=96	/I/ M=77	/I/ M=87
/U/M=50	/U/M=144	/U/M=120	/U/M=123	/U/M=107

5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle : (F(3)=15,516 p<0,0001=178)

5 locuteurs pris ensemble (en fonction du locuteur) : (F(4)=9,721 p<0,0001, n=178)

/A/ et /E/ p=0,0008 ; /A/ et /I/ p<0,0001; /A/ et /U/ p=0,0003; /E/ et /I/ p=0,0026; /I/ et /U/ p=0,0037

/E/ et /U/ p=0,8558

loc 1 et loc 2 p<0,0001 ; loc 1 et loc 3 p=0,0955 ; loc 1 et loc 4 p=0,8844 ; loc 1 et loc 5 p=0,0447 ; loc 2 et loc 3 p=0,0007 ; loc 2 et loc 4 p<0,0001 ; loc 2 et loc 5 p=0,0014 ; loc 3 et loc 4 p=0,0642 ; loc 3 et loc 5 p=0,7630 ; loc 4 et loc 5 p=0,0275

NASALISATION ANTICIPATOIRE EN % EN FONCTION DE LA VOYELLE

Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
/A/ M=98	/A/ M=68	/A/ M=98	/A/ M=95	/A/ M=98
/E/ M=93	/E/ M=32	/E/ M=99	/E/ M=91	/E/ M=93
/I/ M=96	/I/ M=67	/I/ M=97	/I/ M=75	/I/ M=82
/U/M=57	/U/M=97	/U/M=98	/U/M=95	/U/M=99

5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle : (F(3)=4,333 p=0,0058n=178)

5 locuteurs pris ensemble (en fonction du locuteur) : (F(4)=23,723p<0,0001, n=178)

/A/ et /E/ p=0,0023 ; /A/ et /I/ p=0,0053; /A/ et /U/ p=0,2270; /E/ et /I/ p=0,7397; /I/ et /U/ p=0,1059

/E/ et /U/ p=0,0565

loc 1 et loc 2 p<0,0001 ; loc 1 et loc 3 p=0,0001 , loc 1 et loc 4 p=0,1752 ; loc1 et loc 5 p=0,0107 ; loc 2 et loc 3 p<0,0001 ; loc 2 et loc 4 p<0,0001, loc 2 et loc 5 p<0,0001, loc 3 et loc 4 p=0,0090 ; loc 3 et loc 5 p=0,1307 ; loc 3 et loc 5 p=0,2283

5. Logatomes CVNC : comparaison inter-langues

Tableau 64: différence entre les langues (les deux répétitions de tous les locuteurs pris ensemble) les valeurs significatives sont en gras, M= moyenne

DUREE DE LA VOYELLE				
Anglais	Bosnien	Français	Norvégien	Ourdou
M=134, n=406	M= 113, n=398	M= 88, n=393	M=86, n=396	M=111, n=369
<p>5 langues prises ensembles : (F(4)=119,105, p<0,0001, n=1957)</p> <p>anglais et bosnien (p<0,0001) ; anglais et français (p<0,0001) ; anglais et norvégien (p<0,0001) ; anglais et ourdou (p<0,0001) ; bosnien et français (p<0,0001) ; bosnien et norvégien (p<0,0001), bosnien et ourdou (p=0,4040) ; français et norvégien (p=0,4729) ; français et ourdou (p<0,0001) ; norvégien et ourdou (p<0,0001)</p>				
DUREE DE LA CONSONNE NASALE				
Locuteur 1	Locuteur 2	Locuteur 3	Locuteur 4	Locuteur 5
M=101, n=406	M= 87 (n=398)	M=101, n= 393	M=142, n= 396	M=75 (n=369)
<p>5 langues prises ensemble : (F(4)=242,464, p<0,0001, n=1957)</p> <p>anglais et bosnien (p<0,0001) ; anglais et français (p=0,8887) ; anglais et norvégien (p<0,0001) ; anglais et ourdou (p<0,0001) ; bosnien et français (p<0,0001) ; bosnien et norvégien (p<0,0001), bosnien et ourdou (p<0,0001) ; français et norvégien (p<0,0001) ; français et ourdou (p<0,0001) ; norvégien et ourdou (p<0,0001)</p>				
DUREE DE LA NASALISATION ANTICIPATOIRE EN MS				
Anglais	Bosnien	Français	Norvégien	Ourdou
M=127 n=406	M= 99, n=398	M=65, n=393	M=62, n=396	M=99, n=369
<p>5 langues prises ensemble : (F(4)=157,224, p<0,0001, n=1957)</p> <p>anglais et bosnien (p<0,0001) ; anglais et français (p<0,0001) ; anglais et norvégien (p<0,0001) ; anglais et ourdou (p<0,0001) ; bosnien et français (p<0,0001) ; bosnien et norvégien (p<0,0001), bosnien et ourdou (p=0,9533) ; français et norvégien (p=0,3359) ; français et ourdou (p<0,0001) ; norvégien et ourdou (p<0,0001)</p>				

NASALISATION ANTICIPATOIRE EN %

Anglais	Bosnien	Français	Norvégien	Ourdou
M=91, n= 406	M= 85, n=398	M=73, n=393	M=72, n=396	M=84, n=369

5 locuteurs pris ensemble : (F(4)=55,082 p<0,0001, n=1957)

anglais et bosnien (p=0,0003) ; anglais et français (p<0,0001) ; anglais et norvégien (p<0,0001) ; anglais et ourdou (p<0,0001) ; bosnien et français (p<0,0001) ; bosnien et norvégien (p<0,0001), bosnien et ourdou (p=0,5246) ; français et norvégien (p=0,7529) ; français et ourdou (p<0,0001) ; norvégien et ourdou (p<0,0001)

DUREE DE LA NASALISATION ANTICIPATOIRE EN MS EN FONCTION DE LA VOYELLE

Anglais	Bosnien	Français	Norvégien	Ourdou
/A/ M= 212	/A/ M= 115	/A/ M= 73	/A/ M= 64	/A/ M= 115
/E/ M=108	/E/ M=103	/E/ M=78	/E/ M=59	/E/ M=100
/I/ M=73	/I/ M=84	/I/ M=58	/I/ M=61	/I/ M=77
/U/ M=117	/U/ M=96	/U/ M=51	/U/ M=64	/U/ M=106

Anglais : 5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle) : (F(3)=227,411 p<0,0001, n=406)

/A/ et /E/ p<0,0001 ; /A/ et /I/ p<0,0001; /A/ et /U/ p<0,0001; /E/ et /I/ p<0,0001; /E/ et /U/ p=0,1120 ; /I/ et /U/ p p<0,0001

Bosnien : 5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle) : (F(3)=17,423 p<0,0001, n=397)

/A/ et /E/ p<0,0120 ; /A/ et /I/ p<0,0001; /A/ et /U/ p<0,0001; /E/ et /I/ p<0,0001; /E/ et /U/ p=0,0899; /I/ et /U/ p p<0,0061

Français : 5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle) : (F(3)=20,006 p<0,0001, n=392)

/A/ et /E/ p=0,2024; /A/ et /I/ p=0,0002; /A/ et /U/ p<0,0001; /E/ et /I/ p<0,0001; /E/ et /U/ p<0,0001; /I/ et /U/ p<0,0821

Norvégien : 5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle) : (F(3)=0,6107 p=0,6197, n=395)

/A/ et /E/ p=0,2272; /A/ et /I/ p=0,5519; /A/ et /U/ p=0,9206; /E/ et /I/ p=0,5396; /E/ et /U/ p=0,2743 ; /I/ et /U/ p=0,6256

Ourdou : 5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle) : (F(3)=11,462 p<0,0001, n=368)

/A/ et /E/ p=0,0377; /A/ et /I/ p<0,0001; /A/ et /U/ p=0,2229; /E/ et /I/ p=0,0008; /E/ et /U/ p=0,3779 ; /I/ et /U/ p p<0,0001

NASALISATION EN % EN FONCTION DE LA VOYELLE

Anglais	Bosnien	Français	Norvégien	Ourdou
/A/ M=96	/A/ M=84	/A/ M=67	/A/ M=71	/A/ M=87
/E/ M=89	/E/ M=80	/E/ M=75	/E/ M=68	/E/ M=81
/I/ M=82	/I/ M=85	/I/ M=78	/I/ M=77	/I/ M=79
/U/ M=96	/U/ M=90	/U/ M=70	/U/ M=74	/U/ M=88

Anglais : 5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle) : **(F(3)=25,044 p<0,0001, n=406)**

/A/ et /E/ p=0,0002 ; /A/ et /I/ p<0,0001; /A/ et /U/ p=0,8688; /E/ et /I/ p=0,0006; /E/ et /U/ p<0,0001; /I/ et /U/ p<0,0001

Bosnien : 5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle) : **(F(3)=4,648 p=0,0033, n=397)**

/A/ et /E/ p=0,1324; /A/ et /I/ p=0,8161; /A/ et /U/ p=0,0277; /E/ et /I/ p=0,0807; /E/ et /U/ p=0,0002 ; /I/ et /U/ p=0,0470

Français : 5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle) : **(F(3)=4,353 p=0,0050, n=392)**

/A/ et /E/ p=0,0155; /A/ et /I/ p=0,0014; /A/ et /U/ p=0,4423; /E/ et /I/ p=0,4310; /E/ et /U/ p=0,0996 ; /I/ et /U/ p=0,0155

Norvégien : 5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle) : **(F(3)=2,027 p=0,1096, n=395)**

/A/ et /E/ p=0,4138 ; /A/ et /I/ p=0,1227; /A/ et /U/ p=0,4662; /E/ et /I/ p=0,0190; /E/ et /U/ p=0,1259 ; /I/ et /U/ p=0,4244

Ourdou : 5 locuteurs pris ensemble (en fonction de la voyelle) : **(F(3)=3,806 p=0,0104, n=368)**

/A/ et /E/ p=0,0685; /A/ et /I/ p=0,0118; /A/ et /U/ p=0,7649; /E/ et /I/ p=0,5166; /E/ et /U/ p=0,0350 ; /I/ et /U/ p=0,0050

6. Le script matlab

```
function varargout = MeasurePiezo(varargin)
% MEASUREPIEZO MATLAB code for MeasurePiezo.fig
%     MEASUREPIEZO, by itself, creates a new MEASUREPIEZO or raises
the existing
%     singleton*.
%
%     H = MEASUREPIEZO returns the handle to a new MEASUREPIEZO or
the handle to
%     the existing singleton*.
%
%     MEASUREPIEZO('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls
the local
%     function named CALLBACK in MEASUREPIEZO.M with the given input
arguments.
%
%     MEASUREPIEZO('Property','Value',...) creates a new MEASUREPIEZO
or raises the
%     existing singleton*. Starting from the left, property value
pairs are
%     applied to the GUI before MeasurePiezo_OpeningFcn gets called. An
unrecognized property name or invalid value makes property
application
%     stop. All inputs are passed to MeasurePiezo_OpeningFcn via
varargin.
%
%     *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows
only one
%     instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help MeasurePiezo

% Last Modified by GUIDE v2.5 10-Jul-2013 09:56:02

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
    'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
    'gui_OpeningFcn', @MeasurePiezo_OpeningFcn, ...
```

```

    'gui_OutputFcn', @MeasurePiezo_OutputFcn, ...
    'gui_LayoutFcn', [] , ...
    'gui_Callback', []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before MeasurePiezo is made visible.
function MeasurePiezo_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to MeasurePiezo (see VARARGIN)

% Choose default command line output for MeasurePiezo
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes MeasurePiezo wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = MeasurePiezo_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure

```

```

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)

set(handles.text2,'String','Commencer par ouvrir un .TextGrid');

try
    delete(handles.hsignal_piezo)
    delete(handles.hsignal_wav)
    delete(handles.hsignal_piezoF)
    delete(handles.hplot1(1:handles.t))
    delete(handles.hplot2(1:handles.t))
    delete(handles.hplot3(1:handles.t))
    %delete(handles.hplot4(1:handles.t))
    %delete(handles.hplot5(1:handles.t))
    %delete(handles.hplot6(1:handles.t))
    delete(handles.tplot1(1:handles.t))
    delete(handles.hseuil)
    delete(handles.line1)
    delete(handles.line2)
    delete(handles.line3)
    delete(handles.line4)
    delete(handles.line5)
    delete(handles.line6)
    delete(handles.fname)
end

handles.signal_piezo = 0;
handles.signal_wav = 0;

```

```

% Add TextGrids library to java dynamic path if not already loaded
dynamicjavapath = javaclasspath('-dynamic');

jarPackageIndicesInJavaPath =
strfind(dynamicjavapath, 'TextGrids.jar');
if isempty(jarPackageIndicesInJavaPath) ||
~isfinite(jarPackageIndicesInJavaPath{1}),
    javaaddpath('TextGrids.jar');
else
    javarmppath('TextGrids.jar');
    javaaddpath('TextGrids.jar');
end

[fname_textgrid, iDir] = uigetfile('*.TextGrid', 'Selec .TextGrid
file', '/Users/altijanabrkan/Desktop/segmentation_phd/bosnien/');

fname = strtok(fname_textgrid, '.');

%textgrid = TextGrid([iDir, fname, '.TextGrid']);

%handles.output = hObject;

set(handles.text1, 'string', fname);
% on met ici les affichages
fname_wav = [iDir fname '_acou.wav'];
fname_piezo = [iDir fname '_piezo.wav'];

[signal_wav, Fch_wav, nbits_wav] = wavread(fname_wav);
[signal_piezo, Fch_piezo, nbits_piezo] = wavread(fname_piezo);
textgrid = TextGrid([iDir, fname, '.TextGrid']);

% Lecture du textgrid
phoneme_labels=cell(textgrid.getLabels(0));
phoneme_times=textgrid.getTimes(0);

Npts_piezo = length(signal_piezo);
Npts_wav = length(signal_wav);

% on filtre le fichier piezo pour avoir une courbe plus clean

```

```

[b, a]=butter(1,50/(Fech_wav/2),'high');
signal_piezo=filtfilt(b,a,signal_piezo);

n_samples_piezo = length(signal_piezo);

% on tente maintenant de calculer l'Énergie sur le signal filtrÉ
piezo
overlap = 0;
zeropad = 0;
windowlength = 200;
delta = windowlength - overlap;

%% CALCULATE RMS piezo

indices = 1:delta:length(signal_piezo);
% Zeropad signal
if length(signal_piezo) - indices(end) + 1 < windowlength
    if zeropad
        signal_piezo(end+1:indices(end)+windowlength-1) = 0;
    else
        indices = indices(1:find(indices+windowlength-1 <=
length(signal_piezo), 1, 'last')));
    end
end

rms_piezo = zeros(1, length(indices));
% Square the samples
signal_piezoF = signal_piezo;
signal_piezo = signal_piezo.^2;

index = 0;
for i = indices
    index = index+1;
    % Average and take the square root of each window
    rms_piezo(index) = sqrt(mean(signal_piezo(i:i+windowlength-1)));
end
%%%

%handles.axis1

```

```

axes(handles.axes1)
handles.signal_wav = signal_wav;
handles.t_sig = (0:Npts_wav)/Fech_wav;
Xmin_wav=0;
Xmax_wav = handles.t_sig(end);
Ymin_wav = min(signal_wav)-0.05;
Ymax_wav = max(signal_wav)+0.05;
handles.hsignal_wav=plot(handles.t_sig(1:Npts_wav),handles.signal_wa
v(1:Npts_wav),'k');
axis([0,Xmax_wav,Ymin_wav,Ymax_wav]);
xlabel('temps en seconde');
ylabel('Audio');
hold on;
%box off

axes(handles.axes3);
duree_piezo = length(signal_piezo)/Fech_wav;
interp_rms_fs = Fech_wav;
fs_rms_piezo = (length(rms_piezo)-1)/duree_piezo;
echelle_tps_rms_piezo = 0:1/fs_rms_piezo:duree_piezo;
echelle_tps_interp_rms_piezo = 0:1/interp_rms_fs:duree_piezo;
rms_interp_piezo
interp1(echelle_tps_rms_piezo,rms_piezo,echelle_tps_interp_rms_piezo
);
Xmin_piezo=0;
Xmax_piezo=duree_piezo;
Ymin_piezo=min(rms_interp_piezo);
Ymax_piezo=max(rms_interp_piezo)+0.05;
handles.hsignal_piezo=plot(echelle_tps_interp_rms_piezo,rms_interp_p
iezo,'r');
axis([Xmin_piezo,Xmax_piezo,Ymin_piezo,Ymax_piezo]);
ylabel('RMS Piezo (arb)');
xlabel('Tps (sec)');
hold on;
box off
linkaxes([handles.axes1,handles.axes2,handles.axes3],'x')
handles.FS_RMS_OK = round(length(rms_interp_piezo-1)/duree_piezo);

```

```

%% CALCULATE RMS audio
indices = 0;

indices = 1:delta:length(signal_wav);
% Zeropad signal
if length(signal_wav) - indices(end) + 1 < windowlength
    if zeropad
        signal_wav(end+1:indices(end)+windowlength-1) = 0;
    else
        indices = indices(1:find(indices+windowlength-1 <=
length(signal_wav), 1, 'last')));
    end
end

rms_wav = zeros(1, length(indices));
% Square the samples
signal_wav2 = signal_wav.^2;

index = 0;
for i = indices
    index = index+1;
    % Average and take the square root of each window
    rms_wav(index) = sqrt(mean(signal_wav2(i:i+windowlength-1)));
end
%%%

axes(handles.axes2);
handles.signal_piezo = signal_piezoF;
handles.t_piezo = (0:Npts_piezo)/Fech_wav;
Xmin_wav=0;
Xmax_spiezo = handles.t_piezo(end);
Ymin_spiezo = min(signal_piezoF)-0.05;
Ymax_spiezo = max(signal_piezoF)+0.05;
handles.hsignal_piezoF=plot(handles.t_piezo(1:Npts_piezo),handles.si
gnal_piezo(1:Npts_piezo),'k');
axis([0,Xmax_spiezo,Ymin_spiezo,Ymax_spiezo]);
xlabel('temps en seconde');
ylabel('Piezo');
hold on;

```

```

%box off

% duree_wav = length(signal_wav)/Fech_wav;
% interp_rms_fs = Fech_wav;
% fs_rms_wav = (length(rms_wav)-1)/duree_wav;
% echelle_tps_rms_wav = 0:1/fs_rms_wav:duree_wav;
% echelle_tps_interp_rms_wav = 0:1/interp_rms_fs:duree_wav;
%
%                               rms_interp_wav
interp1(echelle_tps_rms_wav,rms_wav,echelle_tps_interp_rms_wav); =
% Xmin_rwav=0;
% Xmax_rwav=duree_wav;
% Ymin_rwav=min(rms_interp_wav);
% Ymax_rwav=max(rms_interp_wav);
%
handles.hsignal_racou=plot(echelle_tps_interp_rms_wav,rms_interp_wav
,'k');
% axis([Xmin_rwav,Xmax_rwav,Ymin_rwav,Ymax_rwav]);
% ylabel('INT RMS (arb)');
% set(handles.axes2,'XTick',[])
% set(handles.axes1,'XTick',[])
% set(handles.axes4,'XTick',[])
% hold on;
% %box off

% trace labels
handles.t=0;
for j=1:length(phoneme_labels),
    phoneme_label = phoneme_labels{j};
    if(~strcmp(phoneme_label,''))
        handles.t=handles.t+1;
        phoneme_start = phoneme_times(j,1);
        phoneme_end = phoneme_times(j,2);
        handles.hplot2(handles.t)=plot(handles.axes2,[phoneme_start
phoneme_start],[Ymin_spiezo Ymax_spiezo],'Color',[0.5,0.5,0.5]);
        handles.hplot1(handles.t)=plot(handles.axes3,[phoneme_start
phoneme_start],[Ymin_piezo Ymax_piezo],'Color',[0.5,0.5,0.5]);
        handles.hplot3(handles.t)=plot(handles.axes1,[phoneme_start
phoneme_start],[Ymin_wav Ymax_wav],'Color',[0.5,0.5,0.5]);
        %handles.hplot4(handles.t)=plot(handles.axes2,[phoneme_end
phoneme_end],[Ymin_rwav Ymax_rwav],'Color',[0.5,0.5,0.5]);
        %handles.hplot5(handles.t)=plot(handles.axes3,[phoneme_end

```

```

phoneme_end],[Ymin_piezo Ymax_piezo],'Color',[0.5,0.5,0.5]);
    %handles.hplot6(handles.t)=plot(handles.axes1,[phoneme_end
phoneme_end],[Ymin_wav Ymax_wav],'Color',[0.5,0.5,0.5]);
    hold on;
    axes(handles.axes1);
    handles.tplot1(handles.t)=text(phoneme_start+(phoneme_end-
phoneme_start)/2,Ymax_wav+(0.25*Ymax_wav),phoneme_label,'Color',[0.5
,0.5,0.5],'FontSize',13);
    %hold on;
end
end

axes(handles.axes4);
rate=16000;
nfft=128;
nsampf=60;
nhop=5;
pre=1;
drng=120;
string='';
ngray=60;
clr=0;
[n,m]=size(handles.signal_wav);
if n==1 & m>1, handles.signal_wav=signal_wav'; n=m; end; % want row
vector
w=(signal_wav(1:n))/3276.8;
ms=n/rate*1000;
z=1:n;
z=z'/(rate/1000);
dur=max(z);
plotflag=0;
b=20.*log10(fftpsd(w,rate,nfft,nsampf,nhop,pre,plotflag)+eps)';
maxb=max(max(b));
b=(b-maxb)+drng;
i=find(b<0); b(i)=zeros(size(i))+eps;
%imagesc([0 max(t)],[0 rate/2000],b,'EraseMode','normal');
imagesc([0 max(z)],[0 rate/2000],-b,'EraseMode','normal');
%colormap(hot.*copper);
colormap(gray)

```

```

axis manual on xy;
xlabel('Time (ms)');
ylabel('Frequency (kHz)');
set(gca,'XLim',[0 max(z)],...
      'YLim',[0 rate/2000],...
      'TickDir','Out','Box','On');
set(gca,'xtick',[])
hold on

handles.Xmax_piezo = Xmax_piezo;
handles.Ymin_piezo = Ymin_piezo;
handles.Ymax_piezo = Ymax_piezo;
handles.Ymin_wav = Ymin_wav;
handles.Ymax_wav = Ymax_wav;
handles.Ymin_rwav = Ymin_spiezo;
handles.Ymax_rwav = Ymax_spiezo;
handles.signal_piezo = signal_piezo;
handles.Fech_wav = Fech_wav;
handles.fs_rms_piezo=fs_rms_piezo;
handles.rms_interp_piezo = rms_interp_piezo;
handles.rms_piezo=rms_piezo;
handles.phoneme_labels = phoneme_labels;
handles.fname = fname;
handles.phoneme_times=phoneme_times;
handles.iDir = iDir;
handles.echelle_tps_interp_rms_piezo=echelle_tps_interp_rms_piezo;
handles.echelle_tps_rms_piezo=echelle_tps_rms_piezo;

set(handles.OpenRMS,'Enable','on')

guidata(hObject, handles);

% hObject    handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```

% --- Executes on button press in OpenRMS.
function OpenRMS_Callback(hObject, eventdata, handles)

set(handles.text2,'String','Ouvrir le fichier Excel qui regroupe les
valeurs de RMS');

% hObject    handle to OpenRMS (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

indx=get(handles.pushbutton1,'Value');

[fname_xls, iDir] = uigetfile({'*.xls', 'Excel File (.xls)'}, 'Selec
.xls file',handles.iDir);

[num,txt,raw] = xlsread([iDir, fname_xls]);

set(handles.valid,'Enable','on')

handles.fname_xls = fname_xls;
handles.num = num;
handles.txt = txt;

guidata(hObject, handles);

% hObject    handle to selection (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% end
% hObject    handle to the selected object in selection
% eventdata  structure with the following fields (see UIBUTTONGROUP)
%   EventName: string 'SelectionChanged' (read only)
%   OldValue: handle of the previously selected object or empty if
none was selected
%   NewValue: handle of the currently selected object

```

```

% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes on button press in valid.
function valid_Callback(hObject, eventdata, handles)

% hObject      handle to valid (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
%handles.output = hObject;

% Update handles structure
%guidata(hObject, handles);

to_find=get(handles.edit1,'String');
SAMPA_symb={'i';'A';
'e';'I';'O';'U';'u';'a';'o';'ee';'E';'e';'V';'y';'AE';'Y'};

if( sum( strcmp(to_find,SAMPA_symb)))

    search = strcmp(to_find,handles.txt);

    if sum(search)==0
        set(handles.text2,'String','Ce phoneme non present dans le
fichier xls');
    else
        i=0;
        for i = 1:length(search)
            if search(i)==1
                extract = handles.num(i);
                set(handles.text2,'String','Ligne      pour      la
calibration trouvÈe');
            end
        end
    end
else
    set(handles.text2,'String','Attention nexiste pas dans la liste
!!');
end

```

```

try
    delete(handles.hseuil)
end

handles.hseuil
plot(handles.axes3,[0,handles.Xmax_piezo],[extract(1,1)
extract(1,1)], '--b');

set(handles.measure, 'Enable', 'on')

guidata(hObject, handles);

% --- Executes on button press in measure.
function measure_Callback(hObject, eventdata, handles)
global num
global txt
% hObject    handle to measure (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

try
    delete(handles.line1)
    delete(handles.line2)
    delete(handles.line3)
    delete(handles.line4)
    delete(handles.line5)
    delete(handles.line6)
end

fname_result = strtok(handles.fname_xls, '.');

fname_result = [handles.iDir, fname_result, '_results' , '.txt'];

```

```

ind_fil = exist(fname_result, 'file');

n = 0;

if ind_fil == 0
    oXls = fopen(fname_result, 'w+');
    firstLine = ['enonce\tphoneme      avant\tdeb      phoneme
avant\tduree_ms\tphoneme\tdeb  phoneme\tduree_ms\tphoneme  apres\tdeb
phoneme apres\tduree_ms\tmoyrmspiezo CLIC\tmax CLIC\tmoy piezo phon
av\tmoy piezo phon\tmoy piezo phon ap\tdebmeasure phon av\tmidmeasure
phon av\tfinmeasure      phon      av\tdebmeasure      phon\tmidmeasure
phon\tfinmeasure      phon\tdebmeasure      phon      ap\tmidmeasure      phon
ap\tfinmeasure phon ap\tCLIC1\tCLIC2\n'];
    fprintf(oXls, firstLine);
else
    oXls = fopen(fname_result, 'a+');
end

%

%% mesures
j=0;

axes(handles.axes3);

for j=1:2
    %axes(handles.axes3);
    [naf(1,j),r] = ginput(1);
    ylim = get(handles.axes3, 'Ylim');
    %handles.line3=line([naf(1,j)      naf(1,j)], [handles.Ymin_piezo
handles.Ymax_piezo], 'Color', 'b', 'LineWidth', 1);
    %axes(handles.axes1);
    %handles.line1=line([naf(1,j)      naf(1,j)], [handles.Ymin_wav
handles.Ymax_wav], 'Color', 'b', 'LineWidth', 1);
    %axes(handles.axes2);
    %handles.line2=line([naf(1,j)      naf(1,j)], [handles.Ymin_rwav
handles.Ymax_rwav], 'Color', 'b', 'LineWidth', 1);
    %axes(handles.axes3);
end

axes(handles.axes3);

```

```

handles.line3=line([naf(1,1)          naf(1,1)], [handles.Ymin_piezo
handles.Ymax_piezo], 'Color', 'b', 'LineWidth', 1);
handles.line4=line([naf(1,2)          naf(1,2)], [handles.Ymin_piezo
handles.Ymax_piezo], 'Color', 'b', 'LineWidth', 1);
axes(handles.axes1);
handles.line1=line([naf(1,1)          naf(1,1)], [handles.Ymin_wav
handles.Ymax_wav], 'Color', 'b', 'LineWidth', 1);
handles.line5=line([naf(1,2)          naf(1,2)], [handles.Ymin_wav
handles.Ymax_wav], 'Color', 'b', 'LineWidth', 1);
axes(handles.axes2);
handles.line2=line([naf(1,1)          naf(1,1)], [handles.Ymin_rwav
handles.Ymax_rwav], 'Color', 'b', 'LineWidth', 1);
handles.line6=line([naf(1,2)          naf(1,2)], [handles.Ymin_rwav
handles.Ymax_rwav], 'Color', 'b', 'LineWidth', 1);

set(handles.text2, 'String', 'Les valeurs sont extraites');

%% on peut commencer les mesures
%points_mesure = [0.333 0.5 0.666];
ii1=floor(naf(1,1)*handles.FS_RMS_OK); % sample index at N-onset
ii2=ceil(naf(1,2)*handles.FS_RMS_OK); % index at offset of (iN+3)
segment
%plot(handles.rms_interp_piezo(ii1:ii2), 'x')
[NM, iNM]=max(handles.rms_interp_piezo(ii1:ii2));

tNM=((ii1+iNM)/handles.FS_RMS_OK);
%plot(handles.axes3, tNM, NM, 'bo', 'markerFaceColor', 'r');
Moy_piezo = mean(handles.rms_interp_piezo(ii1:ii2));

% on va maintenant passer aux mesures, on cherche un m ou n autour
du clic

for i=1:length(handles.phoneme_labels)
    if          naf(1,1)<handles.phoneme_times(i,1)          &&
naf(1,2)>handles.phoneme_times(i,2)
        if
strcmp(handles.phoneme_labels{i}, 'm') || strcmp(handles.phoneme_labels
{i}, 'n')
            ind=i;
        end
    end
end

```

end

```
% for z=1:length(handles.phoneme_labels)
% search_nasal = strcmp(phoneme_nasal{1},handles.phoneme_labels{z});
%
% search_nasaln =
strcmp(phoneme_nasal{2},handles.phoneme_labels{z});
% set(handles.text2,'String', ['Nbre de consonnes trouvees :'
num2str(search_nasal)]);
% end
```

```
phoneme_courant = handles.phoneme_labels{ind};
% etiquette et temps de debut et fin du phoneme
deb_phoneme_courant = handles.phoneme_times(ind,1);
fin_phoneme_courant = handles.phoneme_times(ind,2);
duree_phoneme_courant_ms = (fin_phoneme_courant -
deb_phoneme_courant)*1000;
duree_phoneme_courant_3 = (duree_phoneme_courant_ms/3)/1000;
deb1_phoneme_courant = round((deb_phoneme_courant +
duree_phoneme_courant_3)*handles.FS_RMS_OK);
duree_phoneme_courant_2 = (duree_phoneme_courant_ms/2)/1000;
mid_phoneme_courant = round((deb_phoneme_courant +
duree_phoneme_courant_2)*handles.FS_RMS_OK);
deb_rms_phoneme_courant =
round(deb_phoneme_courant*handles.FS_RMS_OK);
fin_rms_phoneme_courant =
round(fin_phoneme_courant*handles.FS_RMS_OK);
fin2_phoneme_courant = round((fin_phoneme_courant -
duree_phoneme_courant_3)*handles.FS_RMS_OK);
```

```
if(deb_rms_phoneme_courant<1),
    deb_rms_phoneme_courant = 1;
end
```

```
if(fin_rms_phoneme_courant>length(handles.rms_interp_piezo)),
    fin_rms_phoneme_courant =
length(handles.rms_interp_piezo);
end
rms_phoneme_courant =
handles.rms_interp_piezo(deb_rms_phoneme_courant:fin_rms_phoneme_cou
rant);
```

```

        if(~isempty(rms_phoneme_courant)),
            RMS_moy = mean(rms_phoneme_courant);
            RMS_debut = rms_phoneme_courant(deb1_phoneme_courant-
deb_rms_phoneme_courant);
            RMS_milieu = rms_phoneme_courant(mid_phoneme_courant-
deb_rms_phoneme_courant);
            RMS_fin = rms_phoneme_courant(fin2_phoneme_courant-
deb_rms_phoneme_courant);
        else
            RMS_moy = NaN;
            RMS_debut = NaN;
            RMS_milieu = NaN;
            RMS_fin = NaN;
        end

        if ind == 1
            pho_av='_';
        else
            pho_av = handles.phoneme_labels{ind-1};
            deb_phonemeav_courant = handles.phoneme_times((ind-
1),1);
            fin_phonemeav_courant = handles.phoneme_times((ind-
1),2);

            duree_phonemeav_courant_ms = (fin_phonemeav_courant -
deb_phonemeav_courant)*1000;
            duree_phonemeav_courant_3 =
(duree_phonemeav_courant_ms/3)/1000;
            deb1_phonemeav_courant = round((deb_phonemeav_courant +
duree_phonemeav_courant_3)*handles.FS_RMS_OK);
            duree_phonemeav_courant_2 =
(duree_phonemeav_courant_ms/2)/1000;
            mid_phonemeav_courant = round((deb_phonemeav_courant +
duree_phonemeav_courant_2)*handles.FS_RMS_OK);
            deb_rms_phonemeav_courant =
round(deb_phonemeav_courant*handles.FS_RMS_OK);
            fin_rms_phonemeav_courant =
round(fin_phonemeav_courant*handles.FS_RMS_OK);
            fin2_phonemeav_courant = round((fin_phonemeav_courant -
duree_phonemeav_courant_3)*handles.FS_RMS_OK);

            if(deb_rms_phonemeav_courant<1),
                deb_rms_phonemeav_courant = 1;
            end
        end
    end
end

```

```

end

if(fin_rms_phonemeav_courant>length(handles.rms_interp_piezo)),
    fin_rms_phonemeav_courant =
length(handles.rms_interp_piezo);
end
    rms_phonemeav_courant =
handles.rms_interp_piezo(deb_rms_phonemeav_courant:fin_rms_phonemeav
_courant);

    if(~isempty(rms_phonemeav_courant)),
        RMS_moyav = mean(rms_phonemeav_courant);
        RMS_debutav =
rms_phonemeav_courant(deb1_phonemeav_courant-
deb_rms_phonemeav_courant);
        RMS_milieuav =
rms_phonemeav_courant(mid_phonemeav_courant-
deb_rms_phonemeav_courant);
        RMS_finav =
rms_phonemeav_courant(fin2_phonemeav_courant-
deb_rms_phonemeav_courant);
    else
        RMS_moyav = NaN;
        RMS_debutav = NaN;
        RMS_milieuav = NaN;
        RMS_finav = NaN;
    end
end

if ind == length(handles.phoneme_labels)
    pho_ap='_';
else
    pho_ap = handles.phoneme_labels{ind+1};
    deb_phonemeap_courant =
handles.phoneme_times((ind+1),1);
    fin_phonemeap_courant =
handles.phoneme_times((ind+1),2);
    duree_phonemeap_courant_ms = (fin_phonemeap_courant -
deb_phonemeap_courant)*1000;
    duree_phonemeap_courant_3 =
(duree_phonemeap_courant_ms/3)/1000;
    deb1_phonemeap_courant = round((deb_phonemeap_courant +

```

```

duree_phonemeap_courant_3)*handles.FS_RMS_OK);
    duree_phonemeap_courant_2 =
(duree_phonemeap_courant_ms/2)/1000;
    mid_phonemeap_courant = round((deb_phonemeap_courant +
duree_phonemeap_courant_2)*handles.FS_RMS_OK);
    deb_rms_phonemeap_courant =
round(deb_phonemeap_courant*handles.FS_RMS_OK);
    fin_rms_phonemeap_courant =
round(fin_phonemeap_courant*handles.FS_RMS_OK);
    fin2_phonemeap_courant = round((fin_phonemeap_courant -
duree_phonemeap_courant_3)*handles.FS_RMS_OK);

    if(deb_rms_phonemeap_courant<1),
        deb_rms_phonemeap_courant = 1;
    end

if(fin_rms_phonemeap_courant>length(handles.rms_interp_piezo)),
    fin_rms_phonemeap_courant =
length(handles.rms_interp_piezo);
end

    rms_phonemeap_courant =
handles.rms_interp_piezo(deb_rms_phonemeap_courant:fin_rms_phonemeap
_courant);
    %length(handles.rms_interp_piezo)

    if(~isempty(rms_phonemeap_courant)),
        RMS_moyap = mean(rms_phonemeap_courant);
        RMS_debutap =
rms_phonemeap_courant(deb1_phonemeap_courant-
deb_rms_phonemeap_courant);
        RMS_milieuap =
rms_phonemeap_courant(mid_phonemeap_courant-
deb_rms_phonemeap_courant);
        RMS_finap =
rms_phonemeap_courant(fin2_phonemeap_courant-
deb_rms_phonemeap_courant);
    else
        RMS_moyap = NaN;
        RMS_debutap = NaN;
        RMS_milieuap = NaN;
        RMS_finap = NaN;
    end
end

```



```

fclose(oXls);
guidata(hObject, handles);

% --- Executes on button press in print.
function print_Callback(hObject, eventdata, handles)
global num
global txt
% hObject    handle to print (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

saveas(gcf,[handles.iDir,handles.fname, '.fig']);

%print(gcf, '-dpng',[handles.iDir,handles.fname, '.png']);

guidata(hObject, handles);

% --- Executes on button press in edit.
function edit_Callback(hObject, eventdata, handles)
global num
global txt

% hObject    handle to edit (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
h=open([handles.iDir,handles.fname, '.fig'])
plottools(h)

guidata(hObject, handles);

```

Etude comparative des phénomènes de coarticulation nasale en anglais américain, bosnien, français, norvégien et ourdou

Cette thèse concerne la comparaison des stratégies de coarticulation nasale sur les voyelles dans deux langues possédant des voyelles nasales phonologiques (français et ourdou) et trois langues ne possédant pas de voyelles nasales phonologiques (l'anglais américain, le bosnien et le norvégien). Pour évaluer le degré de nasalité produit, nous avons utilisé un accéléromètre piézoélectrique (AP) (non invasive et transportable). Cinq locuteurs natifs par langue ont enregistré un corpus de logatomes CVNC et un ensemble de mots et de phrases. Cette thèse montre que (1) une différence inter-langues de stratégies existe, confirmant ainsi un fait déjà connu, (2) l'existence d'un contraste phonologique entre voyelles nasales et voyelles orales n'a pas d'influence prévisible sur la propagation de la nasalité, confirmant ainsi un fait déjà connu, (3) un modèle d'anticipation de nasalité peut être plus adéquat pour une langue que pour une autre, (4) les auditeurs francophones ne distinguent pas entre plusieurs degrés de nasalisation contextuelle, mais il existe une corrélation entre la quantité de vibrations issue de l'AP et la perception du degré de nasalisation pour les auditeurs de l'ourdou. L'intérêt de cette étude est que la comparaison de phénomènes de coarticulation nasale des voyelles dans les cinq langues a été faite avec la même instrumentation, dans les mêmes conditions. Un autre intérêt est de montrer l'intérêt de la méthode choisie.

Mots clés : coarticulation, nasalité, vibrations nasales

Comparative study of nasal coarticulation phenomena in American English, Bosnian, French, Norwegian and Urdu

This thesis concerns the comparison of the phenomena of nasal coarticulation of vowels in two languages that have phonological nasal vowels (French and Urdu) and three languages that don't have phonological nasal vowels (American English, Bosnian and Norwegian). To evaluate the degree of nasality, we used a piezoelectric accelerometer (PA) (non invasive and transportable). Five native speakers of each language recorded the corpus of logatomes CVNC, words and sentences. This thesis shows that: (1) an inter-language difference exists with respect to nasal coarticulation strategies, confirming an already known fact, (2) the existence or absence of a phonological contrast between nasal vowels and oral vowels in a language does not necessarily have a predictable influence on the propagation of nasality, confirming an already known fact, (3) one model of anticipation of nasality may be more suitable for one language, while for another language another model may be more suitable. (4) the french auditors don't distinguish between several degrees of contextual nasalization but there is a correlation between the quantity of vibration from the AP and the perception of the degree of nasality for the auditors of urdu. The interest of this study is that the comparison of the nasal coarticulation phenomena of vowels in the five languages was made with the same instrumentations under the same conditions. Another interest is to show the interest of the chosen method.

Keywords : coarticulation, nasality, nasal vibrations

UNIVERSITE SORBONNE NOUVELLE – PARIS 3

ED 268 Langage et Langues : Description, théorisation, transmission

Laboratoire de Phonétique et de Phonologie (UMR7018) – 19 rue des bernardins, 75005 Paris