



HAL
open science

Complexité et contrôle du geste linguo-palatal sous l'éclairage de sa variabilité. Le cas de la palatalisation en russe. Aspects phonétiques et phonologiques.

Ekaterina Biteeva Lecocq

► To cite this version:

Ekaterina Biteeva Lecocq. Complexité et contrôle du geste linguo-palatal sous l'éclairage de sa variabilité. Le cas de la palatalisation en russe. Aspects phonétiques et phonologiques.. Sciences de l'Homme et Société. Université Grenoble alpes, 2021. Français. NNT: . tel-03783216

HAL Id: tel-03783216

<https://hal.science/tel-03783216>

Submitted on 22 Sep 2022

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.



THÈSE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES

Spécialité : Sciences du langage Spécialité Linguistique
Sociolinguistique et Acquisition du langage

Arrêté ministériel : 25 mai 2016

Présentée par

Ekaterina BITEEVA

Thèse dirigée par **Nathalie VALLEE**, Université Grenoble Alpes
et codirigée par **Elisabetta CARPITELLI**, Université Grenoble
Alpes

préparée au sein du **Laboratoire Grenoble Images Parole Signal
Automatique**
dans l'**École Doctorale Langues, Littératures et Sciences
Humaines**

**Complexité et contrôle du geste linguo-
palatal sous léclairage de sa variabilité. Le
cas de la palatalisation en russe. Aspects
phonétiques et phonologiques.**

**Complexity and control of the linguo-palatal
gesture in the light of its variability. The case
of Russian palatalization. Phonetic and
phonological aspects.**

Thèse soutenue publiquement le **3 septembre 2021**,
devant le jury composé de :

Madame Nathalie VALLEE

DIRECTRICE DE RECHERCHE, CNRS délégation Rhône Auvergne,
Directrice de thèse

Madame Elisabetta CARPITELLI

PROFESSEUR DES UNIVERSITES, Université Grenoble Alpes, Co-
directrice de thèse

Madame Galina KEDROVA

PROFESSEUR, Lomonosov Moscow State University, Examinatrice

Monsieur Noël NGUYEN

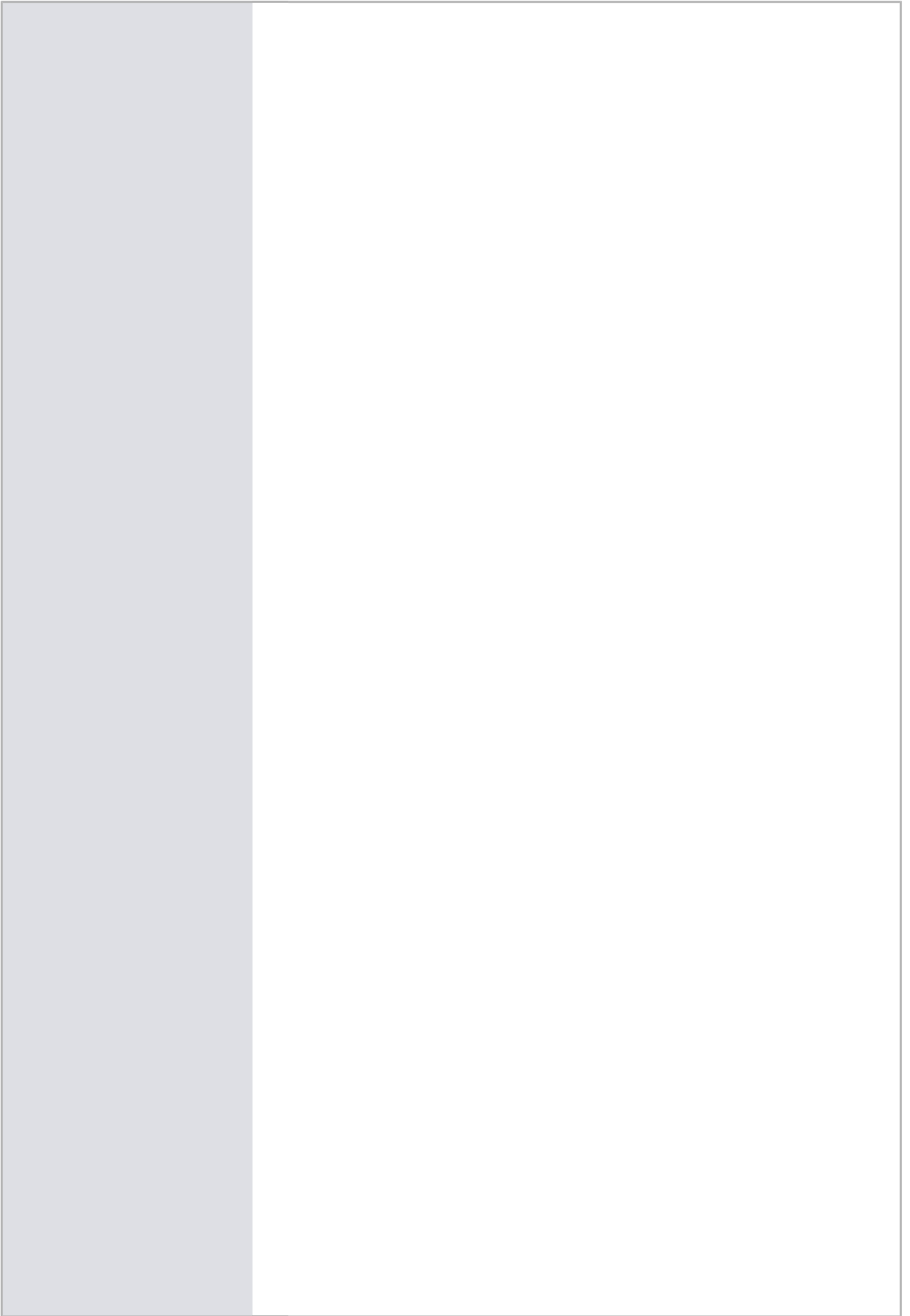
PROFESSEUR DES UNIVERSITES, Aix-Marseille Université, Président

Madame Ioana CHITORAN

PROFESSEUR DES UNIVERSITES, Université de Paris, Rapporteuse

Monsieur Daniel RECASENS

PROFESSEUR, Université Autonome de Barcelone, Rapporteur



"Relax, it's only life or death."

Rhea Jarrell, Succession

Remerciements

Il est temps pour moi de dire merci et de témoigner ma reconnaissance à toutes les personnes qui ont participé et ont contribué à cette aventure :

Nathalie Vallée

Elisabetta Carpitelli

Christophe Savariaux

Silvain Gerber

Denis Faure-Vincent

Anne Vilain

Alan Wrench

Pierre Badin

Alexei Kochetov

Laurent Lamalle

Jean-Luc Schwartz

Julien Meyer

Noël Nguyen

Daniel Recasens

Ioana Chitoran

Galina Kedrova

Daria Dashkevich

Ekaterina Belavina

Thomas Hueber

Anton Dogadov

Mes locuteurs et locutrices

Sandra

Geneviève

Estelle

Limace

Cette recherche a bénéficié du soutien financier de l'IRS IDEX ComUE UGA projet PALGEST 2017 - 2020 (soumis à l'expertise du pôle de recherche SHS UGA), du Conseil Européen de la Recherche sous le septième programme-cadre de l'Union Européenne (FP7/2007-2013 Grant Agreement no. 339152, "Speech Unit(e)s", PI: Jean-Luc-Schwartz) et ANR-10-BLAN-1916 APPSy, coord. N. Vallée. La deuxième étude expérimentale de la thèse a été réalisée dans le cadre de la coopération internationale (Réf. 7-18-26) établie entre la faculté de langue russe et de philologie de l'Université d'État Lomonossov de Moscou et Grenoble INP et financée en partie par le Projet IUF : Institut Universitaire de France, PI: Anne Vilain.

Sommaire

INTRODUCTION	23
1. LA PALATALISATION : DE LA PHONETIQUE A LA PHONOLOGIE ET LA SPECIFICITE DU RUSSE	31
1.1. LA PALATALISATION : UNE ORIGINE PHONETIQUE	33
1.2. LA PALATALISATION DANS LA PHONOLOGIE SEGMENTALE DU RUSSE MODERNE	37
1.2.1. Système consonantique	37
1.2.2. Système vocalique	42
1.3. LA PALATALISATION EN RUSSE : ELEMENTS DE PHONETIQUE HISTORIQUE	45
1.4. LA PALATALISATION DANS LA TYPOLOGIE DES LANGUES : LA SPECIFICITE DU RUSSE	49
1.5. LA DESCRIPTION DU GESTE LINGUO-PALATAL : UN ELEMENT DETERMINANT DU CLASSEMENT DES CONSONNES PALATALES ET PALATALISEES	53
1.5.1. Classification articulatoire des consonnes produites dans la région palatale	53
1.5.2. Consonnes palatalisées du russe : éléments de phonétique articulatoire et acoustique	60
1.5.2.1. <i>Labiales</i>	61
1.5.2.2. <i>Coronales</i>	64
1.5.2.3. <i>Vélaires</i>	66
1.5.2.4. <i>Caractéristiques générales des palatalisées</i>	66
Propriétés et complexité articulatoires	66
Éléments de marquage articulatoires et perceptifs	70
Contrôle moteur	71
Paramètres acoustiques	73
1.6. REPRESENTATION DES CONSONNES [+PALATAL] : DES THEORIES AUX FORMALISMES	75
1.6.1. De la difficulté à représenter la palatalisation en synchronie : le binarisme	76
1.6.2. Géométrie des traits : la hiérarchisation des propriétés	80
1.6.3. La phonologie articulatoire et la coordination gestuelle comme variable d'ajustement de la palatalisation phonologique	86
1.6.4. Se défaire de la complexité articulatoire des palatalisées..	90
2. QUESTION DE RECHERCHE, OBJECTIFS ET HYPOTHESES.....	95

3. ELEMENTS NOUVEAUX DE PHONOTAXE DU RUSSE ET ANALYSE DISTRIBUTIONNELLE : FOCUS SUR LES CONSONNES [+PALATAL]	103
3.1. MATERIEL ET METHODE.....	106
3.2. RESULTATS	108
3.2.1. Structures syllabiques et lexicales du russe dans une perspective typologique	109
3.2.2. Consonnes palatalisées du russe et phonotaxe	111
3.3. DISCUSSION	117
4. ETUDE ARTICULOGRAPHIQUE DU GESTE LINGUO-PALATAL EN RUSSE	123
4.1. HYPOTHESES TESTEES	125
4.2. METHODOLOGIE	126
4.2.1. Locuteurs	126
4.2.2. Stimuli	128
4.2.3. Protocole	129
4.2.4. Mesures et analyses statistiques	131
4.3. RESULTATS	135
4.3.1. Patterns spatiaux.....	135
4.3.1.1. Paire minimale /tuk/ ~ /tʲuk/.....	135
4.3.1.2. Effet de l'accent et de la position intra-syllabe sur la production de /tʲ/	140
4.3.1.3. /ʃ/ vs /ʃʲ:/	142
4.3.1.4. Effet de l'accent et de la position intra-syllabique sur l'affriquée et les fricatives /ʃʃʲ:/	146
4.3.2. Patterns temporels.....	149
4.3.2.1. Modalité Accent*Onset	150
4.3.2.2. Modalité Atone*Onset.....	151
4.3.2.3. Modalité Accent*Coda	152
4.4. DISCUSSION	153
5. APPORT DE DONNEES USI A LA CARACTERISATION DU GESTE LINGUO-PALATAL.....	161
5.1. HYPOTHESES	163
5.2. METHODOLOGIE	164
5.2.1. Participants.....	164

5.2.2. Stimuli.....	167
5.2.3. Matériel et protocole.....	168
5.2.4. Mesures et analyses	169
5.2.4.1. <i>Analyse quantitative</i>	171
Calcul du contour moyen.....	171
Méthode de classification des contours.....	174
Calcul des proportions de contours groupés.....	176
5.3. RESULTATS.....	178
5.3.1. Comparaison des contours globaux de la langue modélisés par SSANOVA.....	179
5.3.2. Clustering des contours linguaux.....	187
5.4. DISCUSSION.....	202
6. APPORT DE DONNEES IRM A LA CARACTERISATION DU GESTE LINGUO-PALATAL	207
6.1. METHODOLOGIE	210
6.1.1. Corpus et stimuli.....	210
6.1.2. Locuteurs	212
6.1.3. Protocole d'enregistrement.....	212
6.1.4. Segmentation semi-automatique.....	213
6.1.5. Correction du mouvement de la tête.....	214
6.1.6. Analyses	216
6.1.6.1. <i>Superposition des contours</i>	216
6.1.6.2. <i>Effets de la coarticulation</i>	216
6.1.7. Modélisation articulatoire	217
6.1.7.1. <i>Principes de la modélisation articulatoire</i>	217
6.1.7.2. <i>Représentations graphiques des données modélisées pour l'analyse des résultats</i>	220
6.2. RESULTATS.....	221
6.2.1. /t/ vs /ti/.....	221
6.2.2. /j/ vs /j ⁱ :/	222
6.2.3. /tʃ/.....	223
6.2.4. /p/ vs /pi/	225
6.2.5. /pi/ vs /ti/.....	226
6.2.6. /ti/ vs /j/	227
6.2.7. /j ⁱ :/ vs /j/	227
6.2.8. /pi/ vs /j/	228

6.3. DISCUSSION : QUELS APPORTS DE L'IRM ?.....	229
6.3.1. Effet de la coarticulation	232
7. DISCUSSION GENERALE, CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES .	235
BIBLIOGRAPHIE	259
ANNEXES	277

Liste des tables

Table 1 – Inventaire classé des phonèmes consonantiques du russe. Les parenthèses signalent les consonnes dont le statut phonémique fait l’objet de discussion.....	37
Table 2 : Classement des consonnes produites dans la région palatale d’après Keating (1988).	56
Table 3 : Classement articulatoire des consonnes produites dans la région palatale, à partir de Recasens (1990).	58
Table 4: Composition des différents types consonantiques en traits distinctifs selon Chomsky & Halle (1968). Nous y avons rajouté les consonnes vélares palatalisées qui seraient décrites comme [-antérieur, -coronal, +haut, -arrière].....	77
Table 5 : Gestes présents dans la structure des consonnes labiale et dentale ainsi que dans celle de leurs contreparties palatalisées (adapté de Kochetov, 2002).	87
Table 6 : Répartition des consonnes [-pal] et [+pal] en fonction de leurs positions dans la syllabe.....	112
Table 7 : Fréquences des consonnes [+pal] dans le lexique en fonction de leur position dans la syllabe, rapportées au nombre total d’occurrences pour ces consonnes (3 874).	114
Table 8 : Cooccurrences attaque-noyau en russe estimées à partir du calcul du ratio R entre syllabes attestées et attendues dans les structures CVC + CV (à gauche) et C’VC + C’V (à droite). Les attaques sont en lignes. $R < 1$ signifie que les combinaisons ne sont pas favorisées ; $R = 1$ signifie qu’une prédiction n’est pas possible et $R > 1$ indique que la combinaison est favorisée. En gras sont indiquées les cooccurrences favorisées du russe (les résultats du test du χ^2 d’indépendance sont significatifs pour les structures CVC + CV ($\chi^2(8) = 1212,3$, $p < 0,0001$) et pour les structures C’VC + C’V ($\chi^2(8) = 782,69$, $p < 0,0001$), signifiant ainsi que les combinaisons C*V ne sont pas dues au hasard).....	116
Table 9 : Informations sociolinguistiques concernant les participants de l’étude EMA.	127
Table 10 : Stimuli sélectionnés pour l’étude EMA.	129
Table 11 : Différents types de réalisations observées de la plosive coronale /t/ : 1 = apical, dos plat ; 2 = apical, dos concave ; 3 = apico-laminal, dos abaissé.	136
Table 12 : Fréquence des différentes réalisations observées du phonème /tʲ/ en fonction du contexte vocalique pour tous les locuteurs.	139
Table 13 et 14 : Z scores et P-value associées pour les différences des moyennes estimées pour les coordonnées (X, Y) de chaque point de référence pour /tʲ/ dans /'tʲe.lo/ vs /tʲe.'la/ (en haut) et dans /tʲap/ vs /matʲ/ (en bas) tout locuteur confondu.	141
Table 15 : Z scores et P-value associées pour les différences des moyennes estimées pour les coordonnées (X, Y) de chaque point mesuré TT, TB, TD _m et TD _b pour /tʲ/ dans les mots /tʲap/ vs /'tʲe.la/ vs /tʲuk/	142

Table 16 : Différents types de réalisations observées de la fricative coronale /ʃ/ :1 = apical, dorsum concave ; 2 = apical, lame concave ; 3 = apical, dos abaissé ; 4 = apical, dos plat.....	143
Table 17 : Z scores et P-value associées pour les différences des moyennes estimées pour les coordonnées (X, Y) de chaque point de référence pour /ʃ/ dans /'ʃer.ti/~/'ʃer.'ti/ tout locuteur confondu.....	146
Table 18 : Z scores et P-value associées pour les différences des moyennes estimées pour les coordonnées (X, Y) de chaque point de référence pour /ʃj:/ dans /ʃj:it/ vs /ʃj:i.'ta/.....	147
Table 19 : Z scores et P-value associées pour les différences des moyennes estimées pour les coordonnées (X, Y) de chaque point de référence pour /ʃ/ dans /ʃestʃ/ vs /ʃes.'ti/.....	147
Table 20 : Z scores et P-value associées pour les différences des moyennes estimées pour les coordonnées (X, Y) de chaque point de référence pour /ʃ/ dans /ʃem/ vs /mjeʃ/.....	147
Table 21 : Z scores et P-value associées pour les différences des moyennes estimées pour les coordonnées (X, Y) de chaque point de référence pour /ʃj:/ dans /ʃj:elʃ/ vs /leʃj:/.....	148
Table 22 : Z scores et P-value associées pour les différences des moyennes estimées pour les coordonnées (X, Y) de chaque point de référence pour /ʃ/ dans /ʃov/ vs /voʃ/.....	148
Table 23 : Z scores et P-value associées pour les différences des moyennes estimées pour les coordonnées (X, Y) de chaque point mesuré TT, TB, TDm et TDb pour /ʃ/ dans les mots /ʃov/ vs /ʃestʃ/.....	148
Table 24 : Z scores et P-value associées pour les différences des moyennes estimées pour les coordonnées (X, Y) de chaque point mesuré TT, TB, TDm et TDb pour /ʃj:/ dans les mots /ʃj:elʃ/ vs /ʃj:it/.....	149
Table 25 : Caractéristiques des participants classés par lieu de naissance. Le chiffre 1 dans la colonne « Langue étrangère » désigne que le participant a témoigné d'une pratique quotidienne et régulière d'une ou de plusieurs langue(s) étrangère(s). A l'inverse, 0 signifie que la personne est exposée quasi exclusivement à sa langue maternelle.....	165
Table 26 : Mots cibles du corpus USI présentés selon la combinaison consonne cible*voyelle avec traduction et gloses	168
Table 27 : Nombre de contours linguaux analysés par participant dans l'étude USI. ...	171
Table 28 : Nombre de groupes sélectionnés pour chaque participant et chaque région linguale après l'étape du regroupement successif. Ce choix s'appuie sur la perte d'homogénéité obtenue entre deux regroupements successifs comme illustré Figure 41.....	176
Table 29 : Table de classification des contours pour le locuteur ABI avec les entrées suivantes. La colonne 1 C*I correspond à la combinaison Consonne*Instant ; la ligne 1 indique la combinaison Voyelle*Région linguale. Les valeurs des cellules	

indiquent le numéro du groupe dans lequel le contour a été affecté par l'algorithme de CAH. « NA » indique une valeur manquante (cf. section 5.2.4). 177

- Table 30 : Proportions de contours linguaux, affectés dans un même groupe par la CAH, pour les plosives labiales et coronales /p/ et /t/ et la fricative coronale /ʃ/ et leurs équivalentes palatalisées /pʲ/, /tʲ/ et /ʃʲ:/, à un instant donné pour l'ensemble des participants et quelles que soient la région linguale et la voyelle qui suit. « on » signifie l'instant Onset, « mid » Midpoint et « off » Offset. Les valeurs 0 signifient que les contours n'ont jamais été regroupés dans un même ensemble. À l'inverse, 1 indique que les contours ont toujours été classés dans un même groupe. Deux contours linguaux rangés dans un même ensemble sont considérés comme étant semblables du point de vue de leurs formes et de leurs distances. « NA » indique une valeur manquante (cf. section 5.2.4, p. 169). 189
- Table 31 : Proportions de contours pour les plosives labiales et coronales /p/ et /t/ et la fricative coronale /ʃ/ et leurs équivalentes palatalisées /pʲ/, /tʲ/ et /ʃʲ:/ à un instant donné et pour une région linguale donnée, affectés dans un même groupe lors de la CAH pour l'ensemble des participants et quel que soit le contexte vocalique. Dans la colonne 1 (entrée de la table), la région linguale antérieure est associée à « 1 », médiane à « 2 » et postérieure à « 3 ». 194
- Table 32 : Proportions de contours groupés par la CAH pour les plosives labiales et coronales /p/ et /t/ et la fricative coronale /ʃ/ et leurs équivalentes palatalisées /pʲ/, /tʲ/ et /ʃʲ:/ à un instant donné et pour une voyelle donnée, pour l'ensemble des participants, et quelle que soit la région linguale. 200
- Table 33 : Corpus des contrastes étudiés dans 5 environnements vocaliques, issu du corpus plus large intégrant les formes orthographiques (présenté annexe 25) enregistré via la technique d'IRM. Parmi ces stimuli, les mots /pil/, /per/, /plen/, /ʃolk/ ont été utilisés dans l'étude USI et le mot /'ʃer.ti/ figure dans le corpus EMA. Le symbole dièse marque la frontière entre deux mots. 211
- Table 34 : Évaluation de la modélisation par articulateur (pour les articulateurs mandibule, langue et lèvres) et par paramètre pour le locuteur EBL. Dans la colonne VarCum est indiquée en gras la variance cumulative expliquée par les composantes. La colonne RMS en cm correspond à l'erreur de reconstruction (Root Mean Square Error). 220
- Table 35 : Proposition de modélisation du système phonologique du russe dans le cadre de la Théorie des Éléments (Backley, 2011). 255

Table des illustrations

Figure 1 : À gauche, la fricative palato-alvéolaire /ʃ/ de l'anglais (Ladefoged & Maddieson, 1996: 149). La ligne noire indique la position du centre de la langue et la ligne grise indique la position du bord latéral de la langue. À droite, l'occlusive palatale /c/ du hongrois (Bolla, 1980 cité par Ladefoged & Maddieson, 1996: 166).	53
Figure 2 : Configurations linguales pour la consonne /ʃ/ du russe chez trois locuteurs différents (Skalozub, 1963 : 94). Les lignes en pointillés représentent la position neutre de la langue.....	54
Figure 3 : Configurations linguales pour les consonnes /ʃ/ et /ʃj:/ du russe d'après (Matusevich, 1976 : 138). La ligne continue représente la position de la langue pour /ʃ/ et celle en pointillés pour /ʃj:/.....	54
Figure 4 : Configurations linguales pour les réalisations des phonèmes fricatifs russes /ʃ/ (à gauche et au milieu) et /ʃj:/ (à droite) produites par le même locuteur (d'après Bolla, 1981: 62, 60, 64).	55
Figure 5 : Configurations linguales pour la vélaire palatalisée /kʲ/ du russe et pour la palatale /c/ du tchèque (Keating, 1988 : 84).....	57
Figure 6 : Schémas de deux types articulatoires différents palatal (à gauche) vs palatalisé (à droite) avec les gestes linguaux recrutés dans leur production, représentés par les flèches bleues. D'après Ladefoged & Maddieson (1996: 149) et Knyazev & Pozharitskaya (2012 : 403).	60
Figure 7 : À gauche, deux profils linguaux pour la labiale palatalisée sourde /pʲ/ (en pointillés) et la labiale vélarisée sourde /p/ (en ligne pleine) en contexte /a_a/, d'après l'étude expérimentale de Skalozub (1963 : 86). À droite, la labiale non palatalisée sonore /b/ avec une constriction secondaire vélaire indépendamment du contexte vocalique /a_a/, /i_i/ ou /a_e/, d'après Kedrova et al. (2009) en utilisant la technique d'IRM.....	62
Figure 8 : Profils linguaux pour les consonnes labiales non palatalisée /p/ en contexte /a/ à gauche et palatalisée /pʲ/ en contexte /e/ à droite en finale de syllabe extraits de l'étude expérimentale de Bolla (1981).	62
Figure 9 : Contours linguaux et palatogrammes des consonnes coronales non palatalisée /t/ (en ligne pleine) et palatalisée /tʲ/ (en pointillés) du russe (Matusevich, 1976 : 135).	64
Figure 10 : Contours linguaux des consonnes coronales /tʲ/ (en ligne discontinue), /tʃ/ (en ligne pleine) et /ʃ/ (en pointillés) en contexte _a pour deux locuteurs différents (Skalozub, 1963 : 98).	66
Figure 11 : Palatogrammes des coronales /n/ (à gauche) et /t/ (au milieu) réalisées avec le prédorsum en contexte _a par un locuteur de Moscou. A droite, la consonne /t/ réalisée apicale dans le même contexte par un locuteur de la région d'Ivanovo située à 250 km au Nord-Est de Moscou (Kuznetsova, 1969 : 49, 48).	68
Figure 12 : Palatogrammes des coronales /d/ (à gauche) réalisée cacuminale et /dʲ/ (à droite) en contexte _a dans la production d'un locuteur de la région d'Arkhangelsk située à 1 200 km au Nord de Moscou (Kuznetsova, 1969 : 63, 64).	68

- Figure 13 : Palatogrammes des consonnes occlusives /n/ réalisée cacuminale (à gauche) et /nj/ réalisée médio-dorso-palatale (à droite) en contexte _a, produites par un même locuteur, originaire du Kazakhstan (Kuznetsova, 1969 : 63). 70
- Figure 14 : Spectrogrammes des mots russes /pot/ et /pʲotr/ avec respectivement /p/ non palatalisé et sa contrepartie palatalisée (Ladefoged & Maddieson, 1996: 364). Sur la figure /pʲ/ palatalisé dans /pʲotr/ se différencie par un relâchement intense entre 2000 et 2500 Hz. 73
- Figure 15 : Répartition des langues dans la base données G-ULSID selon l'appartenance génétique et la répartition géographique (d'après Vallée, 2017). 107
- Figure 16 : Répartition des unités lexicales selon le nombre de syllabes. Le russe est représenté avec les langues de G-ULSID qui présentent un mode de distribution à 3 syllabes. Il s'agit du Type 4 qui regroupe les langues avec une majorité d'unités lexicales trisyllabiques (adapté à partir de Vallée, 2017). 109
- Figure 17 : Distribution des syllabes en russe par nombre de phonèmes. Les ellipses indiquent les syllabes bi- et triphonémiques majoritaires en russe et dans d'autres langues, contre les syllabes de plus de 3 segments rares en russe et de manière générale dans les langues de G-ULSID. 110
- Figure 18 : Fréquence des différentes structures syllabiques en russe (à gauche). Pour comparaison avec la moyenne des langues du monde (à droite), d'après Rousset (2004). 111
- Figure 19 : Répartitions des occurrences des consonnes [-pal] vs [+pal] pour chacune des catégories calculées avec le nombre global d'occurrences pour une catégorie. ... 112
- Figure 20 : Répartition des consonnes [-pal] et [+pal] selon leur lieu d'articulation et leur position dans la syllabe. 113
- Figure 21 : Acquisition de données à l'aide d'un EMA[®] 2D, AG-200. 130
- Figure 22 : De haut en bas, trajectoires et vitesses des mouvements des articulateurs mandibule et pointe de la langue. Sur la figure Δt correspond à l'intervalle temporel entre l'instant correspondant au minimum de la position de la mandibule (situé dans la réalisation de la voyelle /a/) et l'instant correspondant au maximum de déplacement vertical de la pointe (atteinte de cible de la consonne apicale /t/). Les minima et maxima des courbes de déplacement des articulateurs ont été identifiés automatiquement à partir des passages par zéro de la courbe de vitesse de la mâchoire et de chaque partie de la langue. 132
- Figure 23 : Représentation des valeurs Δt de la matrice de variance/covariance pour les 4 bobines sur la langue (IT, TB, TD_m et TD_b). Pour rappel, les Δt correspondent aux intervalles temporels entre l'instant correspondant au minimum de la position de la mandibule (situé dans la réalisation de la voyelle /a/) et l'instant correspondant au maximum de déplacement vertical de chacune des zones linguales repéré par la position des bobines électromagnétiques correspondantes. Ces intervalles temporels caractérisent la mise en place du geste consonantique. 134
- Figure 24 : Formes de la langue suggérées à partir de la localisation des quatre bobines dans la cavité buccale des locuteurs IM (en haut), MTf (au milieu) et MK (en bas) pour cinq répétitions de la paire minimale /tuk/ (à gauche) ~ /tʲuk/ (à droite). La ligne continue indique le contour du palais. 137

- Figure 25 : Formes de la langue suggérées à partir des quatre bobines dans la cavité buccale des locuteurs de haut en bas : KB, AD, IH, TU, TA et MTm pour cinq répétitions de la paire minimale /tuk/ (à gauche) ~ /tʰuk/ (à droite). La ligne continue indique le contour du palais. 138
- Figure 26 : Spectrogrammes de différentes réalisations de la consonne /tʰ/ dans le mot /tʰuk/ par les locuteurs IM et IH (en haut) et KB (en bas à gauche) et une réalisation de la consonne /tʰ/ dans le mot /tʰap/ par le locuteur TA..... 140
- Figure 27 : Positions des quatre bobines de référence dans la cavité buccale des locuteurs MTf (type 1), KB (type 2), IM (type 3) et IH (type 4), de gauche à droite et de haut en bas, pour /ʃ/ dans /ʃov/ correspondants aux 4 types de productions observées. La ligne pleine indique le contour du palais..... 143
- Figure 28 : Positions des quatre bobines de référence dans la cavité buccale des locuteurs MTf, KB, IM et IH (de gauche à droite et de haut en bas) pour /ʃʲ:/ dans /ʃʲ:elʲ/. La ligne pleine indique le contour du palais..... 144
- Figure 29 : Positions des quatre bobines de référence dans la cavité buccale des locuteurs (de haut en bas) AD, MK, MTm, TA et TU pour /ʃ/ dans /ʃov/ (à gauche) et pour /ʃʲ:/ dans /ʃʲ:elʲ/ (à droite)..... 145
- Figure 30 : Valeurs moyennes des décalages ou écarts temporels et intervalles de confiance à 95 % pour les quatre bobines TT, TB, TD_m et TD_b pour les consonnes /t tʰ ʃ ʃʲ:/ dans la modalité Accent*Onset tout locuteur confondu. 151
- Figure 31 : Moyennes des écarts temporels et intervalles de confiance à 95 % pour les quatre bobines linguales TT, TB, TD_m et TD_b pour les consonnes /tʰ ʃ ʃʲ:/ dans la modalité Atone*Onset..... 152
- Figure 32 : Valeurs moyennes des écarts temporels et intervalles de confiance à 95 % pour les bobines linguales TT, TB, TD_m et TD_b pour les consonnes /tʰ ʃ ʃʲ:/ dans la modalité Accent*Coda. 153
- Figure 33 : Schémas tridimensionnels des muscles de la langue (Takemoto, 2001). 157
- Figure 34 : Carte situant les lieux d'enquête (en jaune) et villes russes mentionnées (en bleu)..... 166
- Figure 35 : Segmentation acoustique (en bleu) et les trois instants temporels onset, midpoint et offset (en rouge) pour la consonne /t/ dans le mot /tap/ où les images échodoppler ont été extraites. La voyelle /a/ qui précède la consonne cible est celle de la phrase porteuse. 170
- Figure 36 : Exemple de contours tracés dans le plan cartésien par le logiciel AAA. Les contours correspondent à 6 réalisations de la consonne /t/ (en rouge) et de son équivalente palatalisée /tʰ/ (en bleu) devant la voyelle /a/ dans la paire minimale /tap/~tʰap/ en début de segment. La dimension des axes est exprimée en millimètres. 170
- Figure 37 : Contours de langue pour le locuteur KB, pour les consonnes /t/ et /tʰ/, devant la voyelle /a/, dans la paire minimale /tap/~tʰap/ au début, au milieu et à la fin du segment consonantique. Les lignes en pointillés représentent les intervalles de confiance à 95 % autour des positions moyennes de la langue (lignes pleines).

- Lorsque les intervalles de confiance des deux courbes ne se chevauchent pas, on peut considérer que les courbes en question sont significativement différentes.173
- Figure 38 : Contours linguaux pour le locuteur KB, pour la consonne /tʰ/, devant la voyelle /a/, dans le mot /tʰap/ au début, au milieu et à la fin du segment consonantique. Les lignes en pointillés représentent les intervalles de confiance à 95 % autour des positions moyennes de la langue qui, elles, sont en lignes pleines. Lorsque les intervalles de confiance des deux courbes ne se chevauchent pas, on peut considérer que les courbes en question sont significativement différentes.174
- Figure 39 : Division d'un contour lingual en 3 régions pour les 3 instants (onset, midpoint et offset) pour la consonne /tʰ/ en contexte _a produite par le locuteur KB : ① antérieure, ② médiane et ③ postérieure.174
- Figure 40 : Regroupements successifs (Cluster Dendrogram) des contours linguaux pour le locuteur KBM pour la région 3. Le regroupement (clustering) est calculé à partir de la matrice de distances de Fréchet et de l'indice de Ward. Les contours sont identifiés avec [locuteur consonne voyelle instant région linguale].175
- Figure 41 : Gains d'inertie calculés pour le locuteur KBM et la région 3. Le saut dans les valeurs associé à la perte d'homogénéité entre deux regroupements k et k-1 est visible au niveau des index 3 et 4, ce qui signifie que le dendrogramme des productions de KBM et la région 3 (Figure 40) est stoppé à la hauteur 15 (4 groupes).....176
- Figure 42 : De gauche à droite et de haut en bas, consonnes /p/ et /pʰ/ devant /e/ dans la paire /per/ vs /pʰen/, /ʃ/ et /ʃʰ:/ devant /e/ dans /festʰ/ vs /ʃʰ:eɪ/ et /t/ et /tʰ/ devant /e/ dans /test/ vs /'tʰes.to/ au début du segment consonantique produites par le locuteur ABI.179
- Figure 43 : De gauche à droite et de haut en bas, consonnes /p/ et /pʰ/ devant /a u o i/ dans les paires /pat/~ /pʰat/, /put/ vs /pʰu. 'pʰitr/, /pot/ vs /pʰotr/ et /pil/~ /pʰil/ produites par le locuteur ABI, contour lingual au début du segment consonantique.180
- Figure 44 : De gauche à droite et de haut en bas, contours modélisés des consonnes /p/ et /pʰ/ devant /a/ dans la paire minimale /pat/~ /pʰat/ à l'onset du segment, réalisées par les locuteurs AD, URV, NG et IT.....181
- Figure 45 : Contours linguaux à l'onset du segment. A gauche, les 3 paires /t/ vs /tʰ/, /ʃ/ vs /ʃʰ:/ et /p/ vs /pʰ/ réalisées par le locuteur KB. Au milieu et à droite les paires /t/ vs /tʰ/, /ʃ/ vs /ʃʰ:/ produites par NG et URV dans un même contexte vocalique /e/ dans les paires de mots /per/ vs /pʰen/, /test/ vs /'tʰes.to/ et /festʰ/ vs /ʃʰ:eɪ/.....182
- Figure 46 : De haut en bas, les contours linguaux modélisés des locuteurs KB, ABI, NG et KBM pour la paire /t/ vs /tʰ/ à l'onset du segment dans des contextes vocaliques différents, de gauche à droite /u a i e o/, dans les paires de mots /tuk/~ /tʰuk/, /tap/~ /tʰap/, /tin/~ /tʰin/, /tok/~ /tʰok/ et /test/ vs /'tʰes.to/. Pour KBM, les contours dans le contexte devant la voyelle /o/ n'ont pas pu être récupérés.....184
- Figure 47 : De haut en bas, les contours modélisés de la langue aux instants onset, midpoint et offset (de gauche à droite) pour les locuteurs EK, URV, KB et ABI pour les consonnes /t/ et /tʰ/ devant /e/ dans les mots /test/ vs /'tʰes.to/ pour EK, /ʃ/

et /ʃ^j/ devant /e/ dans /ʃest^j/ vs /ʃi:el^j/ pour URV, /t/ et /t^j/ devant /u/ dans la paire minimale /tuk/ ~ /t^juk/ pour KB et /p/ et /p^j/ devant /a/ dans la paire minimale /tap/ ~ /t^jap/ pour ABI..... 185

Figure 48 : Contours modélisés pour les consonnes /p/ et /p^j/ dans la paire de mots /put/ vs /p^ju. 'p^jitr/ devant /u/ produites par locuteur KBM. Le dernier graphique en bas à droite représente une superposition de contours pour la palatalisée /p^j/ devant /u/ aux trois instants temporels. 186

Figure 49 : De gauche à droite et de haut en bas, les contours linguaux pour les consonnes /t/ vs /t^j/ devant /a/ dans la paire minimale /tap/ ~ /t^jap/, p/ vs /p^j/ devant /e/ dans la paire /per/ vs /p^jen/, /ʃ/ vs /ʃi:/ devant /e/ dans /ʃest^j/ vs /ʃi:el^j/ et /p/ vs /p^j/ devant /i/ dans la paire minimale /pil/ ~ /p^jil/ dans les productions du locuteur ABI à l'onset. 187

Figure 50 : Différents contours articulatoires segmentés manuellement et superposés à une image IRM ([J] de /aʃa/). Dans le sens des aiguilles d'une montre : lèvre supérieure, palais, velum, paroi naso- et oropharyngée, larynx, épiglotte, os hyoïde, langue, mâchoire et lèvre inférieure. 214

Figure 51 : A gauche, nomogramme montrant l'effet du changement d'inclinaison de la tête sur le tracé de la configuration du conduit vocal, à droite, ellipses de dispersion des contours corrigés au niveau des points d'échantillonnage. 215

Figure 52 : Superposition des contours moyens du conduit vocal lors de la production des consonnes /p/ (en rouge) et /p^j/ (en bleu) en contexte /i a o e u / par le locuteur EBL. 216

Figure 53 : Exemple de dispersion tracée à ± 2 écarts-types autour du contour moyen (en noir) pour la consonne /p^j/..... 217

Figure 54 : Nomogrammes des articulateurs pour le locuteur EBL. Les nomogrammes articulatoires de la mâchoire JH et JA (53a, 53b), de la langue TB et TD (53c, 53d), du mouvement vertical et horizontal de la pointe TTH et TTF (53b, 53e), de la hauteur et de la protrusion des deux lèvres ULH, LLH, ULP, LLP (53c, 53d) et d'autres articulateurs que nous ne présentons pas ici (velum, épiglotte, pharynx etc.) variant de -3 à +3 avec pas de 0,5. Les lignes noires correspondent aux contours moyens, les contours pour les valeurs négatives des paramètres sont en vert, ceux pour les valeurs positives en rouge. 218

Figure 55 : Nomogrammes des articulateurs pour le locuteur EBL. Les nomogrammes articulatoires du mouvement de l'ouverture de la mâchoire JH, de la langue TB et TD et de la pointe TTF et TTH variant de -3 à +3 avec pas de 0,5. Les valeurs en cm correspondent à l'erreur de reconstruction Root Mean Square Error (RMS). Les contours moyens sont tracés en noir, les contours pour les valeurs négatives des paramètres sont en vert, ceux pour les valeurs positives en rouge. 219

Figure 56 : Exemple de graphique radar affichant 9 paramètres articulatoires (4 pour les lèvres, 4 pour la langue et 1 pour la mandibule) pour les consonnes /p/ (en rouge) et /p^j/ (en bleu) et les polygones repères, correspondants à -3, 0, +3..... 221

Figure 57 : Contours moyens superposés (à gauche) et graphique radar avec les paramètres articulatoires (à droite) pour les occlusives palatalisée /t^j/ (en bleu) vs non palatalisée /t/ (en rouge). JH correspond à la hauteur de la mandibule, ULP et

- LLP à la protrusion des lèvres supérieure et inférieure, ULH et LLH renvoient à la hauteur des lèvres, TB et TD correspondent respectivement au mouvement en oblique du corps de la langue vers le haut et l'avant de la cavité buccale et au mouvement d'élévation de la partie postérieure du dos de la langue vers le velum, accompagné d'un abaissement laminal (TTF et TTH renvoient aux mouvements horizontaux et verticaux de la pointe).222
- Figure 58 : Contours moyens superposés (à gauche) et graphique de type radar avec les paramètres articulatoires (à droite) pour les fricatives palatalisée /ʃ^j/ (en bleu) vs palato-alvéolaire non palatalisée /ʃ/ (en rouge) pour le locuteur EBL.....223
- Figure 59 : Contours moyens superposés (à gauche) et graphique de type radar avec les paramètres articulatoires (à droite) pour la plosive palatalisée /t^j/ (en bleu) vs la phase plosive de l'affriquée /tʃ/ (en rouge) pour le locuteur EBL.....224
- Figure 60 : Contours moyens superposés (à gauche) et graphique de type radar avec les paramètres articulatoires (à droite). En haut, la fricative palatalisée /ʃ^j/ (en bleu) vs la phase fricative de l'affriquée /tʃ/ (en rouge), en bas, la fricative /ʃ/ (en bleu) vs la phase fricative de l'affriquée /tʃ/ (en rouge).....225
- Figure 61 : Contours moyens superposés (à gauche) et graphique de type radar avec les paramètres articulatoires (à droite) pour la plosive labiale /p/ (en rouge) vs sa contrepartie palatalisée /p^j/ (en bleu).226
- Figure 62 : Contours moyens superposés (à gauche) et graphique de type radar avec les paramètres articulatoires (à droite) pour les plosives palatalisées labiale /p^j/ (en bleu) vs coronale /t^j/ (en rouge)......226
- Figure 63 : Contours moyens superposés (à gauche) et graphique radar avec les paramètres articulatoires (à droite) pour la plosive palatalisée coronale /t^j/ (en bleu) vs l'approximante palatale /j/ (en rouge).227
- Figure 64 : Contours moyens superposés (à gauche) et graphique de type radar avec les paramètres articulatoires (à droite) pour la fricative palatalisée coronale /ʃ^j/ (en bleu) vs l'approximante palatale /j/ (en rouge).....228
- Figure 65 : Contours moyens superposés (à gauche) et graphique de type radar avec les paramètres articulatoires (à droite) pour la plosive palatalisée labiale /p^j/ (en bleu) vs l'approximante palatale /j/ (en rouge).229
- Figure 66 : Contours moyens pour les consonnes /p/ vs /p^j/, /t/ vs /t^j/, /ʃ/ vs /ʃ^j/, [t] de /tʃ/ et [ʃ] de /tʃ/ produites par le locuteur EBL. Les intervalles en rouge correspondent aux ellipses de dispersion tracées à 2 écarts-types de part et d'autre du contour moyen.234
- Figure 67 : Contour moyen pour l'approximante /j/ produite par le locuteur EBL. Les intervalles en rouge correspondent aux ellipses de dispersion tracées à 2 écarts-types de part et d'autre du contour moyen.234
- Figure 68 : Partitions gestuelles pour la palatalisée /t^j/ dans les mots /tʃuk/, /tʃap/ et /'tʃe.lo/ suivie des voyelles /u/, /a/ et /e/ dans la modalité Accent*Onset (à gauche) et dans le mot /matʃ/ après la voyelle /a/ dans la modalité Accent*Coda (à droite). La ligne continue représente un couplage en phase et la ligne discontinue représente les gestes en anti phase.242

- Figure 69 : Partitions gestuelles pour l'affriquée /tʃ/ dans les mots /'tʃer.ti/ et /tʃem/, suivie de la voyelle /e/ dans la modalité Accent*Onset (à gauche) et dans le mot /mje'tʃ/ après la voyelle /e/ dans la modalité Accent*Coda (à droite). 244
- Figure 70 : Partitions gestuelles pour la fricative /ʃ/ dans les mots /ʃest/et /ʃov/, suivie des voyelles /e/ et /o/ dans la modalité Accent*Onset (à gauche) et dans le mot /voʃ/ après la voyelle /o/ dans la modalité Accent*Coda (à droite). 244
- Figure 71 : Partitions gestuelles pour la fricative /ʃj:/ dans les mots /ʃj:it/ et /ʃj:el/, suivie des voyelles /i/ et /e/ dans la modalité Accent*Onset (à gauche) et dans le mot /lɛʃj:/ après la voyelle /e/ dans la modalité Accent*Coda (à droite). 244
- Figure 72 : Partitions gestuelles pour la plosive /t/ (à gauche) et sa contrepartie palatalisée /tʃ/ (à droite) devant la voyelle /u/ dans la paire minimale /tuk/ ~ /tʃuk/. 247
- Figure 73 : A gauche, consonne vélaire de la phrase porteuse qui se trouve devant la voyelle /a/ et qui précède la consonne cible non palatalisée, à droite, consonne vélaire qui se trouve devant /a/, voyelle qui précède la cible palatalisée. Les images échographiques correspondent à l'instant du relâchement de la cible vélaire. Les patrons articulatoires semblables à ceux-ci ont été observés pour l'ensemble des participants. 249

Liste des abbréviations

Acc.	Accusatif
Adj.	Adjectif
Adv.	Adverbe
Dat.	Datif
Fém.	Féminin
Gén.	Génitif
Imperfect.	Aspect imerfectif
Indénombr.	Indénombrable
Infinit.	Infinitif
Injonc.	Injonctif
Invariab.	Invariable
Masc.	Masculin
Nom.	Nominatif
Pl.	Pluriel
Prép.	Préposition
Prépos.	Prépositionnel
Sg.	Singulier

INTRODUCTION

Il est généralement admis par les phonéticiens que la palatalisation consonantique se produit lorsqu'une consonne acquiert une articulation secondaire palatale ou change de lieu et, parfois, de mode articuloires lorsque son lieu d'articulation principal est déplacé vers le palais dur (ex. Straka, 1965 ; Bhat, 1978 ; Ladefoged & Maddieson, 1996 ; Bateman, 2011 ; Kochetov, 2011 etc.). Ce processus est à l'origine de l'apparition, dans les systèmes sonores, des consonnes avec un lieu d'articulation palatal. En général, la palatalisation est issue d'un processus combinatoire observé dans les langues du monde, aussi bien en diachronie qu'en synchronie. Il se produit devant une voyelle antérieure ou une autre consonne palatale ou palatalisée ou devant un glide palatal. Dans ces cas, la palatalisation est le résultat d'un processus d'assimilation articuloire. La palatalisation peut aboutir à une opposition phonémique entre deux consonnes, l'une comportant une articulation secondaire palatale et l'autre pas. Ainsi, on rencontre dans des langues des paires minimales qui se distinguent juste par la présence ou non d'une articulation linguo-palatale que nous décrirons dans la suite du mémoire par le trait [\pm palatal].

Dans les langues indo-européennes, les consonnes palatales et palatalisées ne sont généralement pas considérées comme des articulations primaires parce qu'elles proviennent soit d'une articulation vélaire, soit d'une articulation dentale ou alvéolaire, affectées par l'assimilation de lieu (Straka, 1965). Dans ce cas, le trait [+palatal] est considéré comme une caractéristique secondaire superposée à une articulation vélaire ou dento-alvéolaire initiale. Le système phonologique du russe, comme les systèmes phonologiques des langues slaves, comportent de nombreuses consonnes palatalisées alors que les consonnes palatales et palatalisées, quand elles sont phonologiques, sont peu fréquentes dans les langues du monde : en moyenne elles sont représentées dans environ 8 % des inventaires consonantiques LAPSyD₆₀₂ (Maddieson et al., 2013) et peuvent être rares comparées à certains types de consonnes telles que les alvéodentales, bilabiales et vélares (Vallée et al. 2002). Le système phonologique du russe est ainsi intéressant du fait que la plupart des consonnes possède leur équivalente palatalisée, communément appelée dans la tradition slaviste consonne *molle* par opposition à une consonne dite *dure*.

On peut s'interroger sur la faible fréquence des consonnes palatales et palatalisées dans les langues du monde et supposer que leur nature, qu'on peut envisager à partir de leurs caractéristiques phonétiques, y participe. En effet, cette situation est peut-être la conséquence de leur complexité articuloire liée à un coût de production élevé en raison soit de la superposition combinée de deux articulations (initiale et secondaire) dans le cas d'une consonne palatalisée, soit d'une articulation tendue et « extrême » lorsque la masse linguale se dirige vers le palais dur dans le cas d'une palatale (Koneczna, 1953 citée par Kuznetsova, 1969 ;

Straka, 1965), mais leur fréquence peut être liée aussi à un manque d'efficacité perceptive (Lindblom & Maddieson, 1988 ; Vallée et al. 2002). En effet, le trait secondaire [+palatal] commun à tout un système phonologique comme c'est le cas en russe pourrait engendrer une diminution de la distance perceptive entre segments et conduire à une saillance perceptive moindre par rapport aux articulations de base lesquelles confèrent au système des propriétés acoustiques relativement efficaces (Lindblom et al., 2011).

Le trait [+palatal] est donc considéré comme un trait secondaire lorsqu'il réfère à une articulation superposée à une articulation primaire. Du fait de cette superposition de deux gestes articulatoires impliquant chacun l'articulateur lingual, les réalisations palatalisées sont considérées comme complexes. Cependant, définir la complexité articulatoire n'est pas aisé. Elle est souvent associée à la notion d'articulation primaire ou articulation de base à laquelle s'ajoute une ou des articulation(s) supplémentaire(s) (Lindblom & Maddieson, 1988). Une articulation secondaire ou supplémentaire se caractérise par la présence d'un deuxième rétrécissement dans le conduit vocal ce qui entraîne une modification du son produit et est à l'origine d'une articulation dite élaborée. Selon ce point de vue, la palatalisation relève donc d'une articulation secondaire et une consonne palatalisée est un segment élaboré. La notion de complexité articulatoire est aussi associée à la théorie de la marque, abordée initialement dans les travaux de Trubetzkoy (1939) et Jakobson (1929, 1969), qui considère que si le phénomène linguistique est complexe alors il est rare et donc marqué ; à l'inverse, s'il est fréquent, il est peu complexe et considéré comme non marqué.

Les études qui ont porté plus spécifiquement sur la nature des consonnes [+palatal] n'ont pas toujours abordé clairement le concept de consonne élaborée ou complexe lorsque leurs résultats ont apporté une contribution à la complexité en phonétique. Les aspects articulatoires de ces consonnes ont été étudiés dans divers travaux tels que ceux de Skalozub (1963), Kuznetsova (1965, 1969), Bolla (1981) ou encore ceux de Kochetov (2002) et Kedrova et al. (2008, 2009) dans une perspective de comparaison des consonnes palatalisées *vs* non palatalisées en russe. D'autres études ont porté sur la force articulatoire des palatales et palatalisées (ex. Straka, 1965), sur les aspects dynamiques de production des palatalisées *vs* palatales en russe et en catalan ou des consonnes [±palatal] en russe (Recasens & Romero, 1997 ; Kochetov, 2002). D'autres ont comparé palatalisées *vs* vélarisées dans un dialecte irlandais (Bennett et al., 2018) ou ont examiné l'acoustique des palatalisées et non palatalisées en russe (Derkach, 1970 ; Bondarko, 1981 ; Zsiga, 2000 ; Kochetov, 2002, 2006a). Une étude réalisée par Kavitskaya (2006) a été consacrée à la perception des consonnes palatalisées dans le but de mettre en évidence ce qui est perceptivement plus saillant dans les articulations consonantiques élaborées.

L'ensemble de ces investigations ne permet cependant pas encore de définir clairement ce qui caractérise les consonnes [+palatal] car ce trait, d'une part, ne capture pas toute la complexité d'une articulation palatale et, d'autre part, il ne permet pas de prendre en compte la diversité des réalisations consonantiques rangées faute de mieux sous ce trait. Par exemple, la qualification de consonne *molle* employée par des linguistes slavistes est utilisée pour désigner aussi bien les consonnes palatales que les palatalisées, alors que certains des travaux suggèrent des différences articulatoires et acoustiques entre ces deux types de consonnes (ex. Straka, 1965 ; Kuznetsova, 1965, 1969 ; Ladefoged & Maddieson, 1996).

Des travaux de phonétique expérimentale concluent que ces consonnes ne devraient pas être décrites avec le même ensemble de nœuds/traits. En effet, les propriétés phonologiques de ces deux types de consonnes ont été étudiées en relation avec la phonétique par Keating (1988, 1991, 1993), Recasens (1990), Recasens et al. (1995) et Recasens & Romero (1997). Ces études ont montré, entre autres, que le contrôle du geste linguo-palatal donne lieu à des discussions en phonétique et en phonologie notamment parce que les résultats divergent quant à la caractérisation du geste lingual entre consonnes palatalisées et palatales. D'après Keating (1988), les palatales sont des articulations complexes impliquant dans leur production deux gestes articulatoires et donc deux contrôles moteurs distincts. Inversement, Recasens & Romero (1997) les considèrent comme simples (au contraire des palatalisées), donc sans superposition de deux articulations (principale et secondaire). La description du geste linguo-palatal ne fait pas consensus alors que les caractéristiques articulatoires d'autres consonnes (labiales, vélares, dentales) sont beaucoup plus stables.

La langue est un articulateur rapide et flexible et qui peut se déformer de manière complexe avec des parties se déplaçant simultanément ou successivement afin de produire des configurations géométriques spécifiques du conduit vocal, suggérant ainsi un contrôle moteur complexe (ex. Perrier et al., 2004 ; Fuchs et al., 2006 ; Marchal, 2010). Le geste linguo-palatal, participant à une articulation primaire (consonne palatale) ou à une articulation secondaire (consonne palatalisée), pourrait sans doute rendre compte du concept de complexité articulatoire et refléter des aspects du contrôle moteur de la parole. À notre connaissance, le contrôle du geste lingual dans la production des consonnes [+palatal] a fait l'objet de peu d'études (ex. Recasens, 1990 ; Recasens et al., 1993, 1994 ; Recasens & Romero, 1997). Dans ces travaux, et de manière plus générale (ex. Fowler, 1995), le degré de coarticulation (estimé en évaluant le taux de chevauchement des gestes dans le temps) est souvent considéré comme l'expression du mécanisme de contrôle articulatoire ou de la planification des gestes. Ainsi, l'étude des déplacements, dans l'espace et le temps, des différentes

parties de la langue est un moyen d'examiner avec une certaine précision le geste lingual primaire ou secondaire dans la production de consonnes et, en même temps, de certainement mieux définir son contrôle.

Les études expérimentales antérieures citées ci-avant ont, pour la plupart, analysé des données statiques. L'examen de données dynamiques renforcerait la connaissance du phénomène : évolution temporelle des parties linguales dans l'atteinte de la cible consonantique, coordination des gestes apical et dorsal etc. (ex. travaux de Recasens & Romero, 1997 ou Kochetov, 2002). Si ces études ont abordé des aspects dynamiques de la palatalisation, elles se sont restreintes à un nombre assez limité de consonnes et de contextes vocaliques. Ces travaux ont, de plus, souvent été conduits sur des logatomes et des pseudo-mots et sur un nombre limité de locuteurs. De ce fait, des questions de variation liées à l'origine géographique des locuteurs ou à leurs expériences linguistiques n'ont pas reçu une attention particulière, sauf peut-être dans des travaux classiques de phonétique slave (cf. Kuznetsova, 1969). Peu d'études antérieures sur la nature articuloire et le classement des consonnes [+palatal] se sont penchées sur la variabilité des réalisations, hormis la variabilité liée aux différences de contexte vocalique.

Nous proposons d'examiner dans ce travail de recherche doctorale les propriétés du geste linguo-palatal impliqué dans la réalisation des différents types de consonnes palatalisées et palato-alvéolaires du russe et d'observer la variation de ce geste selon différents facteurs tels que le locuteur, l'accent et la structure syllabique. En fonction de ces facteurs, nous proposons d'étudier la configuration du geste lingual (description de la posture linguale) lors du point d'atteinte de la cible articuloire de ces consonnes, ainsi que l'organisation temporelle du geste lingual dans la phase d'atteinte de cette cible.

Nous chercherons à savoir si le contrôle de la langue est global ou plutôt différencié selon les différentes régions linguales (pointe, lame et dos de la langue), et s'il existe des différences entre les consonnes [+palatal]. L'étude des configurations linguales et de l'organisation temporelle du mouvement lingual devrait nous permettre d'inférer des caractéristiques dynamiques et de décrire la synergie des différentes parties de la langue lors de l'exécution du geste linguo-palatal dans la réalisation des différents types de consonnes.

La démarche que nous avons retenue pour parvenir à caractériser le geste linguo-palatal s'appuie sur trois études expérimentales complémentaires en production de la parole. Le choix du russe est pertinent pour étudier les différences de réalisation du trait *palatal* au sein d'un même système : d'une part, la majorité des consonnes possèdent leur équivalente palatalisée ; d'autre part, le russe possède également plusieurs consonnes palato-alvéolaires et un glide palatal.

Le premier chapitre *La palatalisation : de la phonétique à la phonologie et la spécificité du russe* fait le point des connaissances actuelles sur les segments consonantiques définis [+palatal], leur nature (articulatoire et acoustique), ainsi que sur le processus de palatalisation en phonologie et en phonétique. Nous évoquons également dans ce chapitre les éléments de diachronie qui situent et expliquent l'origine des consonnes palatalisées dans le système phonologique du russe moderne. L'exceptionnalité du russe en ce qui concerne le rendement du trait [+palatal] (généralement considéré comme marqué) est illustrée en présentant des données sur la fréquence des consonnes palatales et palatalisées dans les systèmes sonores d'autres langues. Cet aspect n'ayant pas fait l'objet d'études récentes, nous proposons dans le 3^e chapitre *Éléments nouveaux de phonotaxe du russe et analyse distributionnelle : focus sur les consonnes [+palatal]* une actualisation des connaissances sur les fréquences d'occurrences des consonnes [+palatal] du russe et sur leur distribution à partir de l'analyse d'un lexique phonologisé et syllabé de 15 000 entrées.

Le volet expérimental de la thèse consacre trois chapitres (4 à 6) à la caractérisation articulatoire du geste linguo-palatal, chacun consacré à une technique d'investigation expérimentale complémentaire des deux autres. Dans le chapitre *Étude articulographique du geste linguo-palatal en russe*, le mouvement lingual est examiné sous l'angle de la variabilité de ses caractéristiques spatiales et temporelles en tenant compte des facteurs locuteur, accent et distribution dans la syllabe. Le chapitre *Apport de données USI à la caractérisation du geste linguo-palatal* tente d'envisager les éléments qui relèvent de la dimension diatopique ainsi que du contact linguistique et ceux qui relèvent des stratégies individuelles afin de dégager les caractéristiques articulatoires intrinsèques aux consonnes étudiées. Le chapitre *Apport de données IRM à la caractérisation du geste linguo-palatal* a pour objectif de dégager les traits articulatoires qui composent les segments palatalisés *vs* non palatalisés grâce à la technique d'imagerie par résonance magnétique qui permet d'observer l'ensemble du conduit vocal et qui présente de ce fait des avantages par rapport aux techniques d'articulographie électromagnétique ou d'imagerie par ultrasons. Chacun des chapitres 4 à 6 comportent une discussion des résultats obtenus.

Avant la conclusion de ce travail de recherche, le 7^{ème} et dernier chapitre *Discussion générale, conclusions et perspectives* est consacré à une discussion générale ponctuée de perspectives de recherche sur les aspects phonétiques et phonologiques des consonnes [+palatal], de leur caractérisation phonétique à leur implémentation dans des modèles formels de la phonologie.

1. LA PALATALISATION : DE LA PHONETIQUE A LA PHONOLOGIE ET LA SPECIFICITE DU RUSSE

1.1. LA PALATALISATION : UNE ORIGINE PHONETIQUE

La palatalisation est issue d'un processus co-articulatoire attesté dans les langues du monde entre consonne et voyelle antérieure et/ou haute, entre consonne et glide palatal, ou encore entre deux consonnes dont l'une est palatale ou palatalisée (Straka, 1964, 1965 ; Chen, 1973 ; Campbell, 1974 ; Bhat, 1978 ; Sagey, 1986 ; Clements, 1976, 1985 ; Clements & Hume, 1995 ; Rubach, 1984 ; Lahiri & Evers, 1991 ; Kochetov, 2011 etc.). La palatalisation pourrait être aussi déclenchée par une perception erronée de l'auditeur (ex. Ohala, 1978, 1981 ; Guion, 1998).

La palatalisation est un processus phonétique par lequel une consonne ou une voyelle acquiert une articulation secondaire de type palatal ou déplace son lieu d'articulation principal vers la région palatale de la cavité buccale. Le changement de lieu peut être accompagné d'un changement de mode articulatoire. Généralement, cela s'effectue sous l'influence d'une voyelle antérieure et/ou d'une voyelle haute [i e] voisine(s), d'un glide palatal [j] ou d'une autre consonne produite avec un geste lingual vers la région palatale [ʃ ʒ tʃ nʃ]. Dans ces cas, la palatalisation est considérée comme un type d'assimilation articulatoire. Par exemple, en français, la consonne [k] est vélaire dans le mot /ku/ « cou », réalisé [ku]. Son lieu d'articulation se rapproche de la région palatale au contact d'une voyelle antérieure, exemple dans /ki/ « qui » réalisé [ki] : [k] assimile une articulation palatale et donc s'antériorise par anticipation de l'articulation de la voyelle haute antérieure [i]. En russe, une consonne peut se palataliser devant une autre consonne réalisée avec une constriction palatale : /kostʲ/ > [kosʲtʲ] « os » (subst., nom., acc., sg.). On peut citer également l'apparition des affriquées [ʃ ʒ] dans l'espace gallo-roman (et rhéto-roman), devenues fricatives [ʃ ʒ], qui ont résulté de l'évolution de [k] + [a] et de [g] + [a] : VACCA(M) ['va.ka] > « vache », GAMBBA ['gam.ba] > « jambe ». La palatalisation peut également aboutir, au cours de son évolution, à une opposition phonémique entre deux consonnes dont une palatale ou palatalisée comme c'est le cas dans plusieurs langues slaves : en russe /sok/ « jus » (subst., nom., acc., sg.) ~ /sʲok/ « fouetter » (verbe, 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} pers., masc., sg., passé, imperfect.), en haut-sorabe /dna/ « fond » (subst., gen., sg.) ~ /dʲna/ « jour » (subst., gen., sg.), en bulgare /bal/ « bal » (où on dance) ~ /bʲal/ « blanc » (Iskarous & Kavitskaya, 2018), ou encore en français dans /ano/ « anneau », où la consonne nasale intervocalique est dentale, donc, affectée du trait [-palatal], tandis qu'elle est dorso-palatale dans /aɲo/ « agneau » (en raison de la présence de palatale suivante dans la base latine), et donc possédant le trait [+palatal].

Le terme *palatalisation*, comme cela a déjà été remarqué par Bhat (1978), Kochetov (2011) ou Bateman (2011), renvoie à un large éventail de manifestations dans les langues du monde. Bateman (2011) rapporte que le processus par lequel une consonne acquiert une articulation secondaire palatale dans un contexte palatalisant a été appelé de plusieurs

manières différentes dans la littérature : palatalisation secondaire *secondary palatalization* (Kochetov, 2002, 2011 ; Bateman, 2007, 2011 ; Ladefoged, 1982 ; Ladefoged & Maddieson, 1996), élévation de la langue *tongue raising* (Bhat, 1978), palatalisation (Hume, 1994), tandis que le changement de lieu et de mode d'articulation a été appelé antériorisation de la langue *tongue fronting* souvent accompagnée d'une spirantisation (Bhat, 1978), palatalisation (on peut citer des linguistes-slavistes Ivanov (1990), Popov (1997), Remnjova (2012), lorsqu'ils parlent de la palatalisation en tant que phénomène qui se manifeste au cours de l'évolution historique du slave commun), coronalisation (Hume, 1994 ; Rubach, 1984), palatalisation coronale *coronal palatalisation* (Kochetov, 2011) ou encore palatalisation « complète » *full palatalization* (Bateman, 2007, 2011). Ajoutons également *primary palatalization* de Ladefoged (1982) en raison de la modification observée de l'articulation primaire en l'absence de toute articulation supplémentaire ou secondaire. Sous le terme de *palatalisation*, Bhat (1978) classe aussi la spirantisation qui consiste en la modification d'une consonne occlusive en une fricative ou affriquée. D'après cet auteur, les trois processus inhérents à la palatalisation (1) *tongue fronting*, (2) *tongue raising* et (3) *spirantisation*, agissent indépendamment l'un de l'autre ou, en se combinant, ils apparaissent dans différents contextes et n'affectent pas les mêmes sons. Pour exemples, citons en nupe (famille Niger-Congo, branche atlantico-congolaise), que le yod acquiert une friction audible devant les voyelles antérieures (spirantisation seule) ; dans les variétés grecques de Lesbos [k] devient [ts] devant voyelles antérieures (antériorisation avec spirantisation) (ibid.). Insistons sur le fait que Bhat (1978) passe en revue une centaine d'exemples de palatalisation issus de différentes langues du monde en considérant, d'une part, le type consonantique affecté par le changement phonétique en question et, d'autre part, l'environnement qui provoque ce changement. Il se démarque ainsi de la tradition phonétique qui définissait le phénomène de palatalisation de manière large pour désigner tout type de changement sonore qui implique consonnes et voyelles hautes et/ou antérieures, sans considération pour la nature de la consonne qui subit la palatalisation, ni les spécificités du contexte qui induit ce changement. Bateman (2011) insiste sur l'emploi du terme *palatalisation* qui, selon elle, devrait être précisé chaque fois qu'utilisé. Elle appuie son point de vue sur un travail typologique de la palatalisation qu'elle a conduit à partir de 5 études différentes qui avaient pour objectif de définir plus finement le phénomène en prenant en compte les sons qui subissent la palatalisation (cibles), les déclencheurs de la palatalisation et les résultats du processus (outputs). A l'issue de son étude, Bateman (2011) présente une série de règles implicationnelles qui opèrent sur les cibles et les déclencheurs de la palatalisation (dont certaines d'entre elles ont aussi été formulées, par exemple, par Chen (1973), Bhat (1978) ou encore Kochetov (2011)) : (1) si les consonnes labiales subissent, ce qu'elle appelle, une palatalisation « complète » dans une langue, les coronales et les dorsales le font également ; (2) si les labiales acquièrent une articulation secondaire palatale, il en va de même pour les coronales ou les dorsales ; (3) si les voyelles antérieures non hautes déclenchent la palatalisation, il en va de même pour les voyelles antérieures hautes et, enfin, si les voyelles hautes fermées non antérieures déclenchent la palatalisation, il en va de même pour les voyelles antérieures hautes. Ces

règles permettent de faire des prédictions telles qu'*il n'existe aucune langue où les consonnes labiales se palatalisent sans que d'autres lieux articulatoires ne soient affectés par la palatalisation.*

Bateman (2011) n'a pas observé de différences notables entre les segments consonantiques qui subissent une palatalisation primaire ou complète et une palatalisation secondaire, à l'exception des labiales, qui peuvent acquérir une articulation secondaire palatale (ex. le cas des langues slaves) mais qui très rarement changent le lieu et mode de leur articulation primaire, comme par exemple en tswana (langue bantoue), où les consonnes /p/ et /b/ sont réalisées respectivement [tʃ^w] et [dʒ^w] devant le suffixe *-wa* dans les formes passives des verbes (Kochetov, 2011 ; Bateman, 2007, 2011). Pour les autres lieux et de manière plus générale, le résultat de la palatalisation secondaire est une consonne avec une articulation secondaire de type palatal. Parmi les consonnes coronales et dorsales, les obstruantes sont les cibles privilégiées du processus de palatalisation, avec les occlusives plus affectées que les fricatives et les affriquées. Les obstruantes orales sont suivies au 2^e rang des nasales, puis des latérales et enfin des rhotiques (ibid.). Concernant ces dernières, d'après Kavitskaya et al. (2009), la rareté des rhotiques qui acquièrent une articulation secondaire palatale suggère que la palatalisation semble ne pas se combiner facilement avec les trills et qu'elle ne le fait pas de la même manière qu'avec les plosives, les nasales ou les fricatives. Ainsi, Kavitskaya et al. (2009), à partir de l'exemple du slave commun et des contraintes physiques exercées sur le dos de la langue lors de la palatalisation du trill alvéolaire, proposent un scénario des changements qui aboutissent à la dépalatalisation de /rⁱ/.

Parmi les résultats de la palatalisation qui affecte les lieux et modes articulatoires pour les plosives coronales et dorsales /t/, /d/ et /k/, /g/, on retrouve le plus souvent les affriquées palato-alvéolaires [tʃ] et [dʒ] ou [ʃ] et [ʒ] comme dans la palatalisation des vélaires en slave commun (Ivanov, 1990 ; Popov, 1997) et dans les palatalisations dans l'espace roman (cf. par exemple, Scheer, 2020). Les fricatives alvéolaires /s/ et /z/, quant à elles, sont produites plus en arrière sous l'effet de la palatalisation et aboutissent plus souvent à [ʃ] et [ʒ] respectivement. Par exemple, en anglais, en syllabe atone, les alvéolaires sont réalisées palato-alvéolaires en contexte [j] (Chomsky & Halle, 1968 : 230). Enfin, la nasale alvéolaire /n/ est réalisée comme nasale palatale [ɲ] le plus souvent devant [j] (Recasens, Fontdevila & Pallarès, 1995 ; Bateman, 2011). Il existe ainsi une tendance à la palatalisation des obstruantes (ibid.).

Les consonnes [+palatal] du russe sont très souvent discutées dans la littérature à l'aide des terminologies « impressionnistes » et auditives. Par exemple, en 1929, Jakobson utilise le contraste dur/mou, repris par Trubetzkoy en 1939 dans *Grundzüge der Phonologie [Principes de phonologie]* à côté de consonne mouillée vs non mouillée. Halle (1959) emploie *hard consonants* pour désigner en russe les consonnes non palatalisées qui s'opposent aux *soft* ou *sharped consonants*. Dans la tradition russophone, on retrouve la terminologie consonne dure vs consonne molle (ex. Avanesov, 1956 ; Panov, 1967 ; Kuznetsova, 1969 ; Bondarko, 1977, 1981 et bien d'autres). Les termes consonne semi-palatalisée vs palatalisée, molle vs

mouillée sont employés de manière récurrente dans la littérature consacrée aux aspects historiques de la palatalisation en russe (Ivanov, 1990 ; Popov, 1997 ; Remnjova, 2012). À ces termes s'ajoute le qualificatif semi-palatalisées pour des variantes des consonnes dures dans le contexte vocalique antérieur. Les phonéticiens russophones contemporains (Knjazev & Pozharitskaja, 2012) font appel à la même terminologie et suivent ainsi la tradition. On lit chez Knjazev & Pozharitskaja (2012) que toutes les consonnes molles sont palatalisées tandis que leurs contreparties dures sont plus ou moins vélarisées. En France, Straka (1965) utilise également les termes *consonne molle* pour consonne palatale, mouillée et *semi-molle* pour palatalisée. Ladefoged & Maddieson (1996) emploient *plain vs palatalized* en référence aux gestes des articulateurs : ainsi, *plain* signifie simple ou primaire et renvoie à un seul geste articulatoire de base contrairement à *palatalized* qui fait référence à une articulation élaborée, plus complexe, lorsqu'une articulation secondaire de type palatal est superposée à l'articulation primaire. Kochetov (2002) poursuit avec la terminologie *plain vs palatalized*.

Dans cet éventail terminologique, nous avons pris le parti d'utiliser le terme palatalisé pour évoquer le cas d'une consonne avec articulation secondaire et *palatal* en référence à une articulation primaire, [-palatal] pour désigner une consonne non palatalisée ou non palatale et enfin [+palatal] quand il s'agit de renvoyer à la fois aux palatales et palatalisées. Cependant, dans les sections suivantes, la terminologie employée par les différents auteurs est préservée et présentée telle quelle dans le manuscrit lorsqu'il est fait référence à leurs travaux. En outre, le formalisme [\pm palatal] nous servira d'outil pratique pour représenter dans les oppositions du système consonantique du russe, l'opposition phonémique entre consonnes non palatalisées et leurs équivalentes palatalisées.

Si les éléments diachroniques présentés plus loin section 1.3 permettent de mieux envisager l'origine linguistique du phénomène, il n'est toutefois pas facile de comprendre pourquoi une langue comme le russe a tant phonologisé les consonnes palatalisées. On peut supposer que le faible rendement des palatalisées dans les systèmes sonores est peut-être lié à une complexité articulatoire et/ou une moindre saillance perceptive (cf. sections 1.4 et 1.5). On peut également se demander si ce qui est classé par les linguistes sous le terme *palatalisation* renvoie aux mêmes caractéristiques de production. Ces interrogations nécessitent d'examiner au préalable les caractéristiques phonétiques des différents types de consonnes à partir d'éléments disponibles dans la littérature.

Les sections suivantes présentent le système phonologique des consonnes et des voyelles du russe moderne ainsi que les principaux travaux de phonétique qui ont cherché à décrire la réalité physique du trait *palatal* à partir de ses aspects articulatoires et acoustiques ainsi que perceptifs.

1.2. LA PALATALISATION DANS LA PHONOLOGIE SEGMENTALE DU RUSSE MODERNE

Nous présentons ci-dessous le système phonologique des consonnes et des voyelles du russe moderne et examinons en détail, à partir de la littérature sur le sujet, le statut des consonnes palato-alvéolaires et palatalisées dans le système sonore du russe.

1.2.1. Système consonantique

En russe moderne, la palatalisation concerne tout le système consonantique : à quelques exceptions près, chaque consonne possède son équivalent palatalisé. La Table 1 ci-dessous présente la classification des phonèmes consonantiques du russe moderne adaptée de Panov (1967), Akishina & Baranovskaja (2011), Knjazev & Pozharitskaja (2012) et Pirogova (2018).

	Labial	Labio-dental	Dental	Post-alvéolaire	Palatal	Vélaire
Occlusif	p p ^j b b ^j		t t ^j d d ^j			k (k ^j) g (g ^j)
Constrictif		f f ^j v v ^j	s s ^j z z ^j	ʃ (ʃ ^j) ʒ (ʒ ^j)	j	x (x ^j)
Affriqué			ts	tʃ		
Nasal	m m ^j		n n ^j			
Latéral			l	l ^j		
Trill				r r ^j		

Table 1 – Inventaire classé des phonèmes consonantiques du russe. Les parenthèses signalent les consonnes dont le statut phonémique fait l'objet de discussion.

En position forte de syllabe, c'est-à-dire devant voyelle, le russe totalise au maximum 37 phonèmes consonantiques. Cependant, ce nombre varie selon les deux écoles phonologiques, celle de Saint-Petersbourg et celle de Moscou, notamment en raison de divergences à propos du statut phonémique de certaines consonnes palatalisées. Les partisans de l'école de Moscou (ex. Avanesov, 1956 ; Reformatskij, 1970) n'attribuent pas le statut de phonème aux trois vélares palatalisées [k^j], [g^j] et [x^j], considérées comme les variantes combinatoires de /k/, /g/ et /x/, avant tout parce qu'elles ne se rencontrent jamais en finale de mot où seules leurs contreparties non palatalisées sont observées. De plus, les oppositions /k/~/k^j/, /g/~/g^j/, /x/~/x^j/ sont assez marginales devant les

voyelles postérieures : dans le lexique russe, hormis les emprunts, les plosives vélaires sourdes sont trouvées dans seulement deux items /kot/ « chat » (subst., nom., sg.) et /tkjot/ « tisser » (verbe, 3^{ème} pers., sg., présent, imperfect.) (Knjazev & Pozharitskaja, 2012). Ces segments vélaires sont trouvés dans d'autres contextes vocaliques, bien que les cas soient rares, comme dans les exemples suivants (dans lesquels le point indique la position de la frontière syllabique) /za.'kat/ « coucher de soleil » (subst., nom., acc., sg.) et /'k'jax.ta/ « nom de la ville en Russie », incluant des toponymes, et dans quelques emprunts et noms propres, ex. /u.'kor/ « reproche » (subst., nom., acc., sg.) et /l'i.'k'jor/ « liqueur » (subst., nom., acc., indé nomb., emprunté au français), /gus'i/ « oie » (subst., nom., sg.) et /g'jujs/ « pavillon de beaupré » ou « jack » (subst., nom., acc., sg., emprunté au néerland.), /'xu.do/ « mal » (adv.) et /'x'jub.ner/ « joueur d'échecs allemand » (Knjazev & Pozharitskaja, 2012). Les vélaires palatalisées sont particulièrement rencontrées devant les voyelles antérieures /i/ et /e/, y compris dans les emprunts de mots étrangers comme /g'je.'ran'i/ « géranium » (subst., nom., acc., sg.), /pa.'k'jet/ « paquet » (subst., nom., acc., sg.), /mo.'x'jer/ « mohair » (subst., nom., acc., sg.). Toutefois, la variante vélaire non palatalisée devant /e/ reste possible (Pirogova, 2018) comme dans les items /'kem.p'ing/ « camping » (subst., nom., acc., sg.) et /xemp/ « chanvre » (subst., nom., acc., indé nomb.). En revanche, les phonologues de l'école de Saint-Pétersbourg (Matusevich, 1976 ; Zinder, 1979 ; Bondarko, 1981) accordent le statut de phonème aux vélaires [kʲ], [gʲ], [xʲ]. Opposées à leurs équivalentes non palatalisées, ces consonnes permettent de contraster par exemple la paire /ku.'r'i/~k'ju.'r'i/, respectivement « fumer » (verbe, 2^{ème} pers., sg., imperfect., injonc.) et « Curie » (Marie Curie). La distinctivité entre deux variantes est observée en russe moderne grâce à des mots empruntés à d'autres langues et à des exemples tels que /k#i.r'i^e/¹ « chez Ira » (prép. + prénom fém. Ira au dat.) vs /'k'i.r'i/ à « Kira » (prénom fém. Kira au dat.), /k#ir.'g'i.zu/ « chez Irgiz » (prép. + prénom masc. Irgiz au dat.) vs /k'ir.'g'i.zu/ « kirghiz » (dat., sg.) (Gvozdev, 1957 ; discuté en détails dans Reformatskiy, 1957), même si le rendement de cette opposition reste exceptionnellement faible dans la langue.

Concernant cette question sur le statut des consonnes vélaires non palatalisées et leurs équivalentes palatalisées, nous adopterons le point de vue des phonologues de l'école de Moscou en nous basant d'une part sur le critère de finale de mot devant une pause, position dans laquelle seules les variantes non palatalisées [k], [g], [x] sont possibles, ex. /gr'ex/ « péché » (subst., nom., acc., sg.), /mox/ « la mousse » (subst., nom., acc., sg.), /prok/ « profit » (subst., nom., acc., sg.), /luk/ « oignon » (subst., nom., acc., sg.), et d'autre part parce qu'il s'agit d'une opposition de très bas rendement fonctionnel pour laquelle il n'est pas aisé de trouver des paires minimales pour le contraste non palatalisée vs palatalisée. Les résultats d'une analyse distributionnelle des segments consonantiques non palatalisés vs palatalisés, à partir desquels ont été estimées des probabilités phonotactiques du russe, et

¹ Nous avons utilisé le symbole dièse pour marquer la frontière entre la préposition et le nom.

que nous présentons au chapitre 3, permettront d'appuyer notre point de vue concernant le cas des consonnes vélares.

Le statut des consonnes fricatives longues palatalisées post-alvéolaires [ʃ^j] et [ʒ^j] est également sujet à discussion entre les deux écoles et même entre membres d'une même école. Certains représentants de celle de Saint-Pétersbourg (ex. Zinder, 1979) contestent l'existence du phonème /ʃ^j/ parce que son allophone [ʃ^j] est une réalisation de la combinaison bi-phonémique /s/ + /ʃ/ ou /z/ + /ʃ/, ex. /raz.'nos.ʃik/ > [rɛz.'no.ʃ^j:ik] « porteur », « livreur » (subst., nom., sg.), /'gruz.ʃik/ > ['gru.ʃ^j:ik] « manutentionnaire » (subst., nom., sg.) (Zinder, 1979). Autrement dit, dans ces exemples, la fricative palatalisée longue [ʃ^j] se rencontre à la frontière de deux morphèmes, radical et suffixe, lorsque le premier se termine par /s/ ou /z/ et le second commence par /ʃ/. De plus, la norme orthoépique saint-pétersbourgeoise préconisait la prononciation de /ʃ^j/ de graphie ш comme [ʃ^j ʃ], ex. /'ʃ^j:u.ka/ > ['ʃ^j ʃu.kə] « brochet » (subst., nom., sg.), comparé à la réalisation ['ʃ^j:u.ka] de la prononciation de Moscou devenue la prononciation de référence (Malysheva & Rogaleva, 2019). Tenant de la même tradition phonologique, Matusевич (1976), Bondarko (1981) ou encore Popov (2004), reconnaissent le phonème /ʃ^j/ tout comme les phonologues de Moscou (Reformatskiy, 1970 ; Avanesov, 1974 ; Panov, 1979) qui lui accordent un statut phonémique. Parmi les arguments avancés en faveur de cette position, citons le fait qu'un même locuteur natif peut utiliser les doublets de prononciation [ʃ^j ʃ] - [ʃ^j] à la place de /ʃ^j/ graphique ш, ex. ['ʃ^j ʃu.kə] vs ['ʃ^j:u.kə], ['ʃ^j ʃot.kə] vs ['ʃ^j:ot.kə] « brosse » (subst., nom., sg.), et des combinaisons /s/ + /ʃ/ ou /z/ + /ʃ/, ex. [rɛz.'nos.ʃik] vs [rɛz.'no.ʃ^j:ik]. D'après Matusевич (1976 : 142), « [...] l'habitude de produire une fricative palatalisée longue à la place de /ʃ^j/ indiqué dans la forme graphique du mot conduira inévitablement à la même prononciation dans le cas des combinaisons /s/ + /ʃ/ ou /z/ + /ʃ/, où la perte de l'élément occlusif de l'affriquée suivie de l'assimilation régressive [s > ʃ] et la fusion de deux [ʃ^j] aboutira à une consonne palatalisée longue. »² (t. p. n.). Ces variantes de réalisations ne sont pas le seul fait du contexte phonétique : le facteur morphologique joue également un rôle. Toujours selon Matusевич (1976), à la frontière morphologique entre les préfixes -ras et -is et lorsque la racine est initiée par [ʃ] (ex. /ras.'ʃis.titi/ « déblayer » (verbe, forme infinit.) > [rɛʃ^j.i.'ʃis.titi]), la variante [ʃ^j ʃ] est attendue tandis qu'entre racine et suffixe où la frontière morphologique est plus opaque pour un locuteur natif (comme dans /'gruz.ʃik/ > ['gru.ʃ^j:ik]), c'est plutôt la forme [ʃ^j] qui est rencontrée. Par conséquent, d'après Matusевич, il s'agit d'un processus de « monophthongaison »³ des combinaisons /s/ + /ʃ/ ou /z/ + /ʃ/ principalement là où il n'y a pas de frontière morphologique qui empêche sa

² « [...] привычка к произношению мягкого [долгого] на месте ш неизбежно повлечет за собой такое же произношение и в случае сочетаний согласных с, з, + ч, где происходит утрата смычного элемента аффрикаты, регрессивная ассимиляция [с→ш] и слияние двух [ш] в один мягкий долгий согласный. » (Matusевич, 1976 : 142).

³ L'auteur utilise ce terme pour « coalescence ».

mise en œuvre. Ainsi, la présence des doublets se rencontre non seulement entre des locuteurs différents mais aussi chez un même locuteur. Selon Reformatskiy (1970), lorsqu'une réalisation « fricative dorsale palatalisée longue » est attestée dans la prononciation de Moscou, il ne s'agit que d'un seul et unique phonème tandis que dans d'autres prononciations (ex. la norme saint-petersbourgeoise), la combinaison bi-phonémique doit être reconnue. En effet, à la fin du XIX^e siècle, /ʃ^j:/ graphique ш se réalise [ʃ^j] à Saint-Pétersbourg et [ʃ^j:] à Moscou.

En russe moderne, il existe des sons consonantiques longs qui résultent d'une fusion de deux phonèmes hétéromorphémiques, ex. /ras.'sa.da/ > [rɐ.'s:a.də] « semis » (subst., nom., indé nomb.), /ot.'tu.da/ > [ɐ.'t:u.də] « de là-bas » (adv.). Par conséquent, ces consonnes géminées ne sont pas des phonèmes à part entière mais les réalisations de deux phonèmes contigus (Avanesov, 1948). En revanche, la fricative palatalisée longue [ʃ^j:] est trouvée non seulement aux frontières morphémiques comme dans /iz.'voz.ʃik/ > [iz.'vo.ʃ^j:ik] « le cocher » (subst., nom, sg.), mais aussi comme segment à part entière de la racine comme dans /ʃ^j:e.'ka/ > [ʃ^j:i.'ka] « la joue » (subst., nom, sg.) (Avanesov, 1948). Cet auteur relève que toutes les consonnes longues, à l'exception des palatalisées, ne sont rencontrées qu'à la frontière des morphèmes et qu'elles sont donc bi-phonémiques. Les consonnes longues et palatalisées diffèrent en ce qu'elles se trouvent également à l'intérieur des morphèmes et sont mono-phonémiques. Nous pensons qu'il convient de souligner que la consonne [ʃ^j:] dans la langue russe moderne est un phonème distinct qui jouit d'un statut particulier et qui ne présente aucune opposition de durée en raison de son évolution historique à partir de la combinaison des phonèmes /s/ + /ʃ/.

Enfin, la fricative palatalisée voisée longue [ʒ^j:] n'est pas rencontrée dans tous les idiolectes mais seulement dans des productions de type ['vo.ʒ^j:i] < /'voʒ.ʒi/ « les rênes » (subst., nom., acc., pl.), ['po.ʒ^j:i] < /'poz.ʒe/ « plus tard » (adv.), ['je.ʒ^j:u] < /'jez.ʒu/ « aller » (verbe, 1^{ère} pers., sg., présent, imperfect.), [dɐ.'ʒ^j:i] < /doʒ.'dʲi/ « pluie » (subst., nom., acc., pl.). Dans les cas de ['vo.ʒ^j:i], ['po.ʒ^j:ə], ['je.ʒ^j:u], [dɐʒ.'dʲi], on notera alors l'absence du phonème /ʒ^j:/ dans un idiolecte donné (Knjazev & Pozharitskaja, 2012). Ajoutons que ce phonème est également rencontré dans les mots empruntés au français (ex. /ʒ^j:u.'rʲi/ « jury », /ʒ^j:u.li.'jen/ « Julien »). Cependant, la production [ʒ^j:] est rapidement supplantée dans la prononciation de la jeune génération par les variantes [ʒ:] ou [ʒd], ex. ['vo.ʒ:i], [dɐʒ.'dʲi] (ibid.).

Les points de vue divergents concernant la structure du système consonantique du russe et ses unités viennent du fait qu'elles sont déterminées différemment dans les deux écoles phonologiques. Celle de Moscou considère que le système phonologique du russe se décompose en un certain nombre de sous-systèmes : 1) lexical, hormis les mots étrangers, 2) emprunts à d'autres langues, 3) sous-système de mots « spécifiques » tels qu'abréviations, interjections etc. Dans cette conception, chaque sous-système possède ses propres règles. Par exemple, dans le sous-système des emprunts, sont rencontrés les phonèmes dont le

statut est discuté et qui ne sont pas caractéristiques des mots couramment utilisés (Knjazev & Pozharitskaja, 2012), tels que /xro.nʲi.'kʲor/ « chroniqueur » (subst., nom., sg.), /gʲu.'go/ « Hugo » (Victor Hugo). Ainsi, les représentants des deux écoles s'accordent sur le statut de 32 phonèmes consonantiques en russe moderne. Cependant, l'école de Moscou reconnaît 34 phonèmes consonantiques en contestant le statut phonologique des vélaires palatalisées [kʲ], [gʲ], [xʲ] qu'elle considère comme étant les variantes contextuelles de leur équivalentes non palatalisées, mais accorde ce statut à /ʃʲ:/ et /ʒʲ:/, alors que les représentants de l'école de Saint-Petersbourg s'accordent sur un système à 35 ou 36 phonèmes en fonction du statut qu'ils reconnaissent pour la fricative [ʃʲ]. Contrairement à leurs homologues de Moscou, les phonologues de Saint-Petersbourg incluent dans le système du russe les palatalisées /kʲ/, /gʲ/ et /xʲ/ et excluent la fricative sonore palatalisée longue /ʒʲ:/.

Comme mentionné plus haut, à l'inverse d'autres langues slaves (Kuznetsova, 1965 ; Iskarous & Kavitskaya, 2018), la palatalisation s'est développée en russe de manière systématique, touchant presque toutes les consonnes, indépendamment des lieux et modes articulatoires (cf. Table 1). Par conséquent, il est assez aisé de trouver dans la langue des paires minimales n'opposant que le trait référant à la palatalisation : /bil/ ~ /bilʲ/ « être » (verbe, 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} pers., masc., sg., passé, imperfect.) ~ « événement » (subst., nom., acc., sg.), /mat/ ~ /mʲat/ « tapis de sport » (subst., nom., acc., sg.) ~ « froissé » (adj., forme brève, masc., sg.), /mat/ ~ /matʲ/ « gros mots » (subst., nom., acc., indé nomb.) ~ « mère » (subst., nom., acc., sg.), /nos/ ~ /nʲos/ « nez » (subst., nom., acc., sg.) ~ « porter » (verbe, 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} pers., masc., sg., passé, imperfect.), /luk/ ~ /lʲuk/ « oignon » (subst., nom., acc., sg.) ~ « trappe » (subst., nom., acc., sg.) etc. Ces paires minimales contrastent les consonnes non palatalisées et palatalisées en finale de mot ainsi que devant voyelle.

En russe, la palatalisation peut être également le résultat d'une assimilation régressive lorsque $C_{[-palatal]} \rightarrow C_{[+palatal]} / _C_{[+palatal]}$: ex. /kostʲ/ > [kosʲtʲ] « os » (subst., nom., acc., sg.), /'sdʲe.latʲ/ > ['zʲdʲe.lətʲ] « faire » (verbe, forme infinit., perfect.), /snʲeg/ > [sʲnʲek] « neige » (subst., nom., acc., indé nomb.), /'ʒen.ʃʲ:i.na/ > ['ʒenʲ.ʃʲ:i.nə] « femme » (subst., nom., sg.). La palatalisation est ici le résultat d'un processus combinatoire d'assimilation régressive lorsque les consonnes acquièrent une articulation secondaire palatale au contact de la consonne suivante palatalisée phonologiquement. Selon Avanesov (1968), Knjazev & Pozharitskaja (2012), la palatalisation dans ce dernier cas dépend (1) de la nature de la consonne qui subit l'assimilation et de la consonne palatalisée qui suit : plus les consonnes partagent les mêmes caractéristiques articulatoires, plus l'assimilation a de chance de se produire ; (2) de la partie du mot où se trouve la combinaison de consonnes impliquées dans le processus, ex. (a) à l'intérieur de la racine, (b) à la frontière de la racine et du suffixe ou (c) à la frontière du préfixe et de la racine, (d) à la frontière de la préposition et du mot suivant. Ainsi, l'assimilation est plus souvent complète ou totale dans les deux premiers cas, elle est partielle à la frontière du préfixe et de la racine, et plutôt absente à la frontière de la

préposition et du mot suivant. Avanesov (1968) remarque que le degré de palatalisation d'une consonne au contact de la consonne palatalisée qui lui succède peut être très différent : le segment peut ne pas subir l'assimilation et rester non palatalisé, il peut acquérir une articulation secondaire palatale ou bien osciller entre les deux articulations. Dans ce dernier cas, il est difficile de classer le segment consonantique produit à la sortie du processus ce qui participe à la complexité du phénomène de palatalisation. Avanesov (1968, 1984) a proposé trois types de palatalisation régressive pour les séquences bi-consonantiques $CC_{[+palatal]}$ (le segment en position 2 étant phonologique). Ainsi, la palatalisation est : (1) requise ou obligatoire dans les séquences consonne dentale + une autre dentale palatalisée, ou consonne dentale + une constrictive ou affriquée palatale, ex. /zdiesj/ > [zidiesj] « ici » (adv. de lieu), /ʒiznʲj/ > [ʒizʲnʲj] « vie » (subst., nom., acc., sg.), /'ʒen.fʲi.na/ > ['ʒɛnʲ.fʲi.nə] « femme » (subst., nom., sg.) ; (2) facultative pour les consonnes dentales devant labiales palatalisées, ex. /dvʲerʲj/ > [dvʲerʲj] ou [dʲivʲerʲj] « porte » (subst., nom., acc., sg.), /zmʲe.'ja/ > [zmʲi.'ja] ou [zʲmʲi.'ja] « serpent » (subst., nom., sg.) et, dans certains cas, dans les séquences dentale + une autre dentale palatalisée, ex. /slʲe.'za/ > [slʲi.'za] ou [sʲlʲi.'za] « larme » (subst., nom., sg.) ; (3) interdite dans les deux types de combinaisons consonne vibrante + $C_{[+palatal]}$ ou consonne labiale + consonne vélaire palatalisée. À ces trois types d'assimilations régressives s'ajoutent les cas de la palatalisation devant /j/, obligatoire à l'intérieur du radical et à la frontière du radical et du suffixe, ainsi qu'à la jonction du radical et de la désinence, ex. /sʲem.'ja/ > [sʲimʲi.'ja] « famille » (subst., nom., sg.). Avanesov (1984) précise que, dans « l'ancien parler de Moscou », la palatalisation régressive des consonnes au contact immédiat d'une consonne palatalisée s'effectuait de manière beaucoup plus systématique qu'en russe moderne. En effet, dans de nombreux exemples, l'assimilation régressive du trait [+palatal] a cessé d'être une norme de la prononciation en acquérant une connotation familière ou en restant dans le langage courant aboutissant, dans certains cas, à un archaïsme. La palatalisation en tant que phénomène d'assimilation régressive a donc revêtu un caractère sociolinguistique.

Les processus allophoniques décrits ci-dessus, auxquels s'ajoutent les six consonnes [+palatales] /tʃ ʃ ʃʲ ʒ ʒʲ j/, rendent le système phonologique du russe particulièrement intéressant pour étudier l'articulation palatale primaire *vs* secondaire et les notions de consonne complexe et de complexité articulatoire car il offre un large éventail de réalisations du trait *palatal* au sein d'un même système.

1.2.2. Système vocalique

Le système vocalique du russe est aussi sujet à des divergences de points de vue entre les deux écoles phonologiques. Selon l'école de Moscou, on peut distinguer 5 phonèmes vocaliques en position forte, c'est-à-dire sous l'accent /i e a o u/ : ex. /dam/ « donner » (verbe, 1^{ère} pers., sg., futur, perfect.), /dom/ « maison » (subst., nom., acc., sg.), /dim/

« fumée » (subst., nom., acc., sg.), /dum/ « pensée » (subst., gén., pl.), /'den.dʲi/ « dandy » (subst., invariab.) (Knjazev & Pozharitskaja, 2012). Les membres de l'école de Saint-Pétersbourg ajoutent à cet ensemble la voyelle centrale haute /i̯/.

Des représentants de l'école de Moscou (Avanesov, 1956 ; Reformatsky, 1970 ; Panov, 1979 et autres) considèrent que la voyelle [i̯] ne constitue pas un phonème à part entière parce qu'il est une variante de /i/ : ainsi, les voyelles [i̯] et [i] sont des variantes contextuelles du même phonème /i/ en distribution complémentaire. La voyelle centrale haute [i̯] n'est rencontrée qu'après consonne non palatalisée, alors que [i] apparaît seulement après consonne palatalisée : ex. /mil/ > [m̩l] vs /m̩l/ > [m̩l] « laver » (verbe, 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} pers., masc., sg., passé, imperfect.) ~ « aimable » (adj., forme brève, masc., sg.), /tin/ > [t̩n] vs /t̩n/ > [t̩n] « palissade » (subst., nom., acc., sg.) ~ « la vase » (subst., gén., pl.). Les autres phonèmes vocaliques ne sont pas conditionnés par ces contextes et peuvent apparaître à la fois après les consonnes non palatalisées et palatalisées, ex. /mal/~ /m̩al/ « petit » (adj., forme brève, masc., sg.) ~ « froisser » (verbe, 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} pers., masc., sg., passé, imperfect.), /luk/~ /l̩uk/, /tok/~ /t̩ok/ « courant » (subst., nom., acc., sg.) ~ « couler » (verbe, 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} pers., masc., sg., passé, imperfect.). Il est de plus observé au sein d'unités morphémiques que la voyelle antérieure [i] se centralise en [i̯] sous l'influence de la consonne non palatalisée précédente : ex. /ig.'ral/ « jouer » (verbe, 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} pers., masc., sg., passé, imperfect.) > [sig.'ral] « jouer » (verbe, 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} pers., masc., sg., passé, perfect.), /is.'kal/ « chercher » (verbe, 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} pers., masc., sg., passé, imperfect.) > [ʋ.tis.'kal] « trouver » (verbe, 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} pers., masc., sg., passé, perfect.) etc. Enfin, les phonologues de Moscou relèvent que [i̯] n'est pas trouvée en début de mot.

Au contraire, les membres de l'école de Saint-Pétersbourg considèrent que /i̯/ et /i/ sont des phonèmes distincts : premièrement, selon eux, /i̯/ remplit une fonction distinctive dans la langue : ex. /mal/ « petit » (adj., forme brève, masc., sg.), /m̩l/ « laver » (verbe, 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} pers., masc., sg., passé, imperfect.), /mul/ « mulet » (subst., nom., sg.), /mol/ « môle » (subst., nom., acc., sg.) ; deuxièmement, dans certains mots étrangers /i̯/ se trouve au début du mot, ex. les toponymes /ig.'d̩r/ et /i̯j.'son/. Concernant le statut phonémique ou non de la voyelle centrale haute, nous adopterons le point de vue de l'école de Moscou, étant donné qu'en russe la présence de [i] et [i̯] dans une position donnée exclut la possibilité de la présence de l'autre (distribution complémentaire), condition qui permet de considérer ces deux voyelles hautes comme des variantes d'un même phonème /i/. Ainsi, dans une paire comme /mil/~ /m̩l/, la seule différence est portée par le premier segment consonantique et non par la voyelle. Selon Knjazev & Pozharitskaja (2012), le même raisonnement s'applique aux deux voyelles [e] et [ɛ] : le phonème /e/ se réalise comme [ɛ] après les consonnes non palatalisées et comme [e] après les consonnes palatalisées. D'après ces auteurs, à l'initiale de mot, lorsqu'il n'existe aucune influence sur leur prononciation issue de la consonne précédente, [e] et [ɛ] sont en variation libre. Cependant, [e] est plus fréquemment rencontrée dans cette position. Il est donc logique de la considérer comme un allophone principal de /e/ (ibid.). Historiquement, devant /e/,

l'opposition par le trait binaire [\pm palatalisé] était limitée à un faible nombre de paires minimales car toutes les consonnes se palatalisaient dans cette position. Des emprunts étrangers dans lesquels les consonnes se réalisaient comme des variantes non palatalisées devant /e/ ont permis l'apparition de paires minimales contrastant sur le seul trait [\pm palatalisé] et générant des oppositions distinctives : ex. /pas. 'telʲ/ « pastel » (subst., nom., acc., sg., emprunté au français « pastel » ou à l'italien « pastello ») // /pos. 'telʲ/ « lit » (subst., nom., acc., sg.).

Concernant les phénomènes responsables d'allophonie, des études sur la phonétique du russe ont permis de décrire les changements subis par les segments vocaliques dans le flux de parole et de les identifier en tant que réduction vocalique et/ou assimilation (coarticulation entre consonne et voyelle) (Matusevich, 1976 ; Zinder, 1979 ; Panov, 1979 ; Pirogova, 1980 ; Shamanova & Talitskaja, 2018). La réduction vocalique est à la fois qualitative et quantitative. Sont soumises à une réduction qualitative la voyelle basse [a] et les voyelles d'aperture moyenne [o], [e] lorsqu'elles ne sont pas affectées par l'accent tonique. En revanche, les voyelles hautes ou fermées [i], [ɨ], [u] subissent une réduction quantitative : la durée de la voyelle diminue sans que le timbre vocalique ne change fondamentalement. Il a été mis en évidence deux degrés de réduction en russe. Les réductions du premier degré affectent les voyelles dans la syllabe pré-tonique et à l'initiale de mot. La réduction du deuxième degré, plus extrême, est caractéristique des voyelles dans d'autres positions non accentuées que celle qui précède immédiatement la syllabe tonique, ainsi que dans les syllabes post-toniques. La qualité de la voyelle dans une position inaccentuée dépend donc de 3 facteurs : (1) du degré de réduction qui dépend à son tour de la position de cette même voyelle par rapport à l'accent ; (2) de la palatalisation ou non de la consonne précédente ; (3) de la structure de la syllabe initiale (avec ou sans attaque). Quant à l'assimilation entre consonne et voyelle, il s'agit d'un processus qui provoque l'antériorisation de l'articulation de la voyelle centrale [a] et des deux voyelles postérieures arrondies [o] et [u] en position accentuée et sous l'influence de consonnes palatalisées adjacentes, avec une diminution du degré d'aperture, au début /mʲat/ « froissé » (adj., forme brève, masc., sg.), à la fin du segment vocalique /matʲ/ « mère » (subst., nom., acc., sg.), ou tout au long de sa durée /mʲatʲ/ « froisser » (verbe, forme infinit., imperfect.). Les voyelles antérieures [i] et [e] qui apparaissent généralement après les consonnes palatalisées et avant les consonnes non palatalisées deviennent plus fermées et plus tendues lorsqu'elles se trouvent entre deux consonnes palatalisées. Ainsi, en russe l'assimilation se fait d'une consonne à une voyelle (ce qui n'exclut pas l'inverse) laquelle subit l'influence de la qualité de la consonne qui suit et/ou qui précède.

Les éléments de phonétique historique qui suivent expliquent et situent l'émergence des consonnes palato-alvéolaires et palatalisées dans le système phonologique du russe moderne.

1.3. LA PALATALISATION EN RUSSE : ELEMENTS DE PHONETIQUE HISTORIQUE

Les changements phonétiques les plus importants se sont produits à la fin de la période du slave commun, probablement au cours des V^e-IX^e siècles (Popov, 1997 ; Remnjova, 2012). Ces changements ont conduit à l'émergence puis à une augmentation du nombre de consonnes [+palatal] et ont eu lieu au même moment que des changements dans les combinaisons de consonnes avec /j/. Ils sont connus dans la slavistique sous les noms de 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} palatalisations. À cette époque, les segments d'une même syllabe tendent à être articulatoirement proches les uns des autres. Selon Jakobson (1929), un processus combinatoire cherchait à établir une articulation unifiée au sein d'une syllabe, soit [+antérieur], soit [-antérieur]. Selon ce processus, des syllabes de deux types pouvaient exister : « dures » ou [-palatal] et « molles » ou [+palatal]. Les premières ont été formées par la combinaison *consonne non palatalisée + voyelle non antérieure*, les secondes par la combinaison *consonne palatalisée ou palatale + voyelle antérieure*. De la sorte, la langue s'est débarrassée des combinaisons de type *consonne [-palatal] + voyelle antérieure* (ex. [k] + [i] ou [e] ou [k] + [j]) en mettant en œuvre des processus de palatalisation.

La 1^{ère} palatalisation des vélaires (V^e-VI^e siècles) a provoqué la transformation des consonnes [k], [g] et [x] en consonnes fricatives ou affriquées palatales, respectivement [tʃ], [ʒ] (via le stade [dʒ]) et [ʃ], devant les voyelles antérieures [ē, ī, ě, ĭ]. Ce processus s'est donc accompagné d'un changement de l'articulation primaire affectant soit le lieu (pour [x]), soit les lieu et mode articulatoires (pour [k] et [g]), processus de « coronalisation » pour certains linguistes tels que Hume (1994), Rubach (1984), ex. [kīto] > [tʃīto] « quoi », [bogĕ] > [boʒĕ] « dieu » (voc., sg.), [xelmŭ] > [ʃĭelmŭ] « casque de guerrier ». Dans les exemples cités, les palatales [tʃ], [ʒ] et [ʃ] sont des variantes combinatoires des phonèmes /k/, /g/ et /x/, déterminées par leur position phonétique devant une voyelle antérieure. Leur acquisition d'un statut phonémique, à l'époque du slave commun, est déterminée par d'autres changements phonétiques de cette période : 1) la palatalisation par le yod des plosives vélaires ayant les mêmes aboutissants que ceux de la 1^{ère} palatalisation ; 2) le passage [e] > [a] après les fricatives palatales. Par conséquent, la présence de ces dernières n'était plus déterminée par la position, ce qui a amené à la phonologisation de ces consonnes (Popov, 1997 ; Remnjova, 2012 ; Sériot, s. d.). Ainsi, la première vague de palatalisation des consonnes vélaires a conduit à l'émergence, dans les langues slaves, d'alternances synchroniques entre consonnes plosives vélaires et fricatives palatales (Remnjova, 2012).

La 2^{ème} palatalisation des vélaires s'est produite aux VI^e-VII^e siècles après la monophthongaison des diphtongues [ai] et [oi] et elle a eu pour aboutissants des sifflantes : [k] > [tʃ], [g] > [ʒ], (via [dʒ]), et [x] > [s] ou [ʃ] (d'après Remnjova, 2012) et > [tʃ] > [dʒ] et > [s] ou [ʃ] (selon Ivanov, 1990 et Popov, 1997) : [kaina] > [kĕna] > [tʃĕna] « prix », [nogai] > [nodʒĕ] > [nozĕ] « jambe », [muxai] > [musĕ] « mouche » (exemples issus de Sériot, s.d.).

Enfin, la 3^{ème} palatalisation (progressive) des vélaires (VIII^e-IX^e siècles) a eu lieu après les voyelles [ī ī̃ ē] et a donné les consonnes palatalisées [tsʲ], [zʲ] (en passant par [dʲzʲ]) et [sʲ] ou [ʃʲ] : [ovīka] > [ovītsʲa] « brebis », [pōligā] > [pōlʲdzʲā] > [pōlʲzʲa] « profit », [vīxū] > [vīšʲ] « tout entier » (exemples issus de Sériot, s.d.). Les aboutissants de cette 3^{ème} palatalisation sont proches de ceux de la seconde mais ils présentent un certain nombre de différences : par exemple, les consonnes fricatives résultant de la troisième vague de palatalisation étaient palatalisées. La question du degré de palatalisation des sons apparus à la suite de la deuxième vague est toujours sans réponse. D'après Remnjova (2012), il est possible que les résultats de la deuxième vague aient été des consonnes semi-palatalisées. Selon Popov (1997 : 69-70), « [...] les 2^{ème} et 3^{ème} palatalisations peuvent être considérées comme des changements purement phonétiques consistant en l'adaptation de l'articulation de la consonne à l'articulation des voyelles antérieures adjacentes qui suivaient (dans le cas de la 2^{ème} palatalisation) ou qui précédaient (dans le cas de la 3^{ème}) une consonne vélaire, ce qui n'a pas conduit à l'apparition de nouveaux phonèmes mais à des variations allophoniques. »⁴ (t. p. n.). Popov, tout comme Remnjova, remarque « avec une certaine prudence » (« [...] car en fin de compte dans toutes les langues slaves, les aboutissants des 2^{ème} et 3^{ème} palatalisations coïncidaient »⁵ (t. p. n.) (Popov, 1997 : 70)) la possibilité de supposer qu'initialement la 2^{ème} palatalisation a donné naissance à des allophones semi-palatalisés tandis que la 3^{ème} a abouti à des variantes contextuelles palatalisées. Du point de vue phonologique, le processus de « combinaison » des aboutissants des deux palatalisations est important car selon Popov (1997 : 70) « [...] ce n'est qu'après cela que nous pourrions parler de phonologisation de la série des fricatives [tsʲ], [dzʲ] > [zʲ] et [sʲ] »⁶ (t. p. n.).

Aux environs des VII^e-VIII^e siècles, les consonnes se palatalisent devant [j] avec des aboutissants différents en fonction de la langue slave (Popov, 1997). Toutes les consonnes sans exception étaient sujettes à la palatalisation devant [j] (Ivanov, 1990 ; Popov, 1997 ; Remnjova, 2012 ; Shamanova & Talickaja, 2018). Les combinaisons vélaire + [j], c'est-à-dire [kj], [gj] et [xj], se sont palatalisées en [tʃʲ], [ʒʲ] et [ʃʲ], respectivement. La palatalisation des fricatives dentales [s] et [z] devant [j] s'est aussi accompagnée d'un déplacement du lieu d'articulation vers l'arrière du palais dur. En conséquence, les aboutissants de ce processus se sont avérés être identiques à ceux de la palatalisation des vélaires [g] et [x]. Les résultats de la palatalisation des plosives dentales [t] et [d] constituent l'une des principales différences phonétiques entre les trois groupes de langues slaves (Remnjova, 2012 ; Sériot, s. d.). Ainsi, [t] et [d] devant [j] ont abouti à [tʃ] pour [t] et à [ʒ] (via [dʒ]) pour [d] en slave de l'est (ex. russe, biélorusse) : [světja] > [světʃa] « bougie » ; à [ts] et [dz], puis [z] en slave

⁴ « [...] II и III палатализации можно рассматривать в таком случае как чисто фонетические изменения, приспособление артикуляции согласного к артикуляции соседнего (последующего для II или предшествующего для III) гласного переднего ряда, которое не приводит к возникновению новых фонем, а вызывает лишь аллофонное варьирование. » (Popov, 1997: 69-70).

⁵ « [...] (так как в конечном итоге во всех славянских языках рефлексы II и III палатализаций совпали) » (Popov, 1997: 70).

⁶ « [...] так как только после этого можно говорить о фонологизации "свистящего" ряда *c', *dz' > z', *s'. » (Popov, 1997: 70).

de l'ouest (ex. polonais, tchèque) : [světja] > pol. [sfjɛʦa], tch. [svitʃe] ; et à [ft] et [ʒd] en slave du sud (ex. bulgare) : [světja] > [sveʃt] « bougie ». Les consonnes labiales [p], [b], [v] et [m] devant [j] ont abouti à [pʲ], [bʲ], [vʲ] et [mʲ] : [zemja] > [zemʲa] « terre », [bjudō] > [bʲjudō] « plat » (exemples issus de Ivanov, 1990 ; Popov, 1997 ; Remnjova, 2012 ; Sériot, s. d.). La latérale palatalisée [lʲ], qui apparaissait dans des combinaisons *consonnes labiales + [j]*, appelée généralement « l-epenteticum », s'est développée entre la consonne labiale suivie de [j], puis la combinaison Clj > Clʲ ou Cj selon les langues slaves (Ivanov, 1990 ; Popov, 1997 ; Remnjova, 2012). Les sonantes [r], [l] et [n] précédées de [j] se sont palatalisées en [rʲ], [lʲ] et [nʲ]. À la suite de ces changements, de nouveaux phonèmes /rʲ/, /lʲ/ et /nʲ/ opposés aux phonèmes /r/, /l/ et /n/ déjà existants sont apparus. Enfin, deux clusters de consonnes *dentale + vélaire* et *dentale + dentale* devant [j] se palatalisent également mais avec des aboutissants différents : l'ensemble du groupe a pu fusionner en une affriquée palatalisée ou bien une palatalisation séparée de chaque consonne s'est produit (ce phénomène n'a concerné que les dialectes du sud et partiellement de l'est, tel qu'indiqué par Remnjova, 2012). De nouvelles consonnes palatalisées sont donc apparues. Malgré le fait que toutes ces consonnes soient le résultat de changements phonétiques dus au facteur distributionnel, elles ont rapidement acquis le statut de phonème (ibid.). En effet, la présence ou l'absence de [j] dans les paires du type [kōzā]/[kōzjā] a d'abord joué un rôle distinctif. Après l'assimilation de [j] à la consonne précédente, l'opposition a été assurée par des consonnes palatalisées *vs* non palatalisées. Les nouveaux sons ne dépendaient plus de leur distribution et acquéraient une fonction distinctive (/koza/~/kozʲa/). Ainsi, en slave commun, il existait des groupes de consonnes palatalisées *vs* non palatalisées. Toutefois, cette tendance ne s'est pas réalisée de la même manière dans tous les dialectes slaves (Remnjova, 2012).

Le système consonantique du vieux slave ou vieux russe (Xe-XIe siècles) se composait donc (1) de consonnes non palatalisées ou dures qui, devant les voyelles antérieures, se sont transformées en semi-palatalisées [p b m t d s z n r l] et des consonnes comme [k g x] qui ne pouvaient pas être combinées avec les voyelles antérieures, (2) de consonnes palatalisées ou molles [sʲ zʲ ʒʲ ʃʲ tʲ ʦʲ ʃʲ ʒʲ ʒʲ dʲ nʲ rʲ lʲ j] qui ont leur origine dans la période du slave commun (selon Ivanov, 1990 ; Popov, 1997 ; Remnjova, 2012 ; Shamanova & Talickaja, 2018). Rappelons que les consonnes palatalisées ou molles sont le résultat des processus des 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} palatalisations et des assimilations des consonnes et groupes consonantiques devant [j]. Les consonnes dures, comme mentionné supra, à l'exception des vélares, pouvaient se combiner avec des voyelles antérieures ce qui a conduit à l'apparition d'une « semi-palatalisation », résultat d'une adaptation de la production de la consonne à l'articulation de la voyelle dans laquelle la partie médiane du dos de la langue s'élève moins vers le palais dur que lors de la production des consonnes palatalisées. Cependant, les caractéristiques articulatoires et le sort de la « semi-palatalisation » n'ont toujours pas été éclaircis par les slavistes. Au milieu du XIe siècle, les semi-molles, de par leur position phonétique, c'est-à-dire devant voyelle antérieure, ont coïncidé articulatoirement avec les consonnes palatalisées ou molles issues du slave

commun. Une longue série de consonnes palatalisées s'est donc formée avec [sʲ zʲ nʲ rʲ lʲ] + [pʲ bʲ mʲ tʲ dʲ] où les cinq premières consonnes coïncidaient avec les consonnes palatalisées [sʲ zʲ nʲ rʲ lʲ] du slave commun (Shamanova & Talickaja, 2018).

Un autre phénomène qui a rapproché le système sonore du russe de son état actuel est la perte des voyelles réduites [ɨ] et [ɛ] dont la présence déterminait la qualité de la consonne précédente (dureté *vs* mouillure) et qui, dans la seconde moitié du XII^e siècle, ont cessé d'exister dans le système en tant que phonèmes (cf. Ivanov, 1990). Ce processus a été commun à toutes les langues slaves mais a conduit à des résultats différents. En vieux russe, les voyelles réduites ont très rapidement disparu en position finale de mots où elles ont toujours été considérées comme faibles. Leur chute a déterminé l'émergence de l'opposition consonne palatalisée *vs* non palatalisée dans cette position. En effet, après la perte de [ɨ] et [ɛ], les consonnes ne dépendaient plus de la qualité de la voyelle suivante. L'opposition des consonnes dites *dures* et *molles* dans la position phonétiquement indépendante de fin de mot a permis par la suite de les traiter comme des phonèmes à part entière également en position devant les voyelles.

Contrairement à certaines langues indo-européennes (ex. l'allemand (Nahtigal, 1963)), le slave commun a opposé de manière régulière l'articulation vélaire à l'articulation palatale et a développé de ce fait la tendance à l'apparition des consonnes [+palatal] (Nahtigal, 1963 ; Remnjova, 2012). Ces consonnes, traditionnellement qualifiées de « molles », sont rangées sous l'étiquette commune avec les consonnes palatalisées dans la slavistique alors qu'il existe des différences entre ces deux types de consonnes. Par exemple, du point de vue articulatoire, il est souvent proposé que la différence entre palatal et palatalisé réside dans le fait que pour les palatales, l'élévation de la partie médiane du dos de la langue vers le palais dur relève de l'articulation principale, tandis que pour les palatalisés elle relève de l'articulation secondaire et peut être combinée avec les articulations primaires labiale, dentale ou vélaire comme c'est le cas en russe moderne.

Le russe est donc une langue exceptionnelle en ce qui concerne le rendement des consonnes palatalisées dans son système phonologique. Sa spécificité par rapport à d'autres langues du monde peut être montrée à travers les données sur la fréquence des consonnes palatales et palatalisées dans d'autres systèmes sonores. La section suivante présente les données concernant les consonnes palatales et palatalisées issues majoritairement de la base de données LAPSyD₆₀₂ (Maddieson et al., 2013).

1.4. LA PALATALISATION DANS LA TYPOLOGIE DES LANGUES : LA SPECIFICITE DU RUSSE

Les aboutissants phonémiques de la palatalisation sont présents dans un grand nombre de langues, les obstruantes palatalisées et palatales étant plus fréquentes que les nasales, latérales et rhotiques. C'est ce que montre l'exploration de bases de données des systèmes phonologiques des langues du monde telles que LAPSyD₆₀₂⁷ (Maddieson et al., 2013) et UPSID₃₁₇ (Maddieson, 1984), puis UPSID₄₅₁ (Maddieson & Precoda, 1990). Nous proposons ci-dessous des proportions calculées avec LAPSyD₆₀₂⁸ par mode articuloire que nous comparons avec des informations tirées d'études antérieures, afin de mieux rendre compte du trait palatal dans les langues du monde, et plus spécifiquement dans les inventaires phonologiques du russe et des langues slaves.

Tous modes confondus, les consonnes [+palatal] n'existent que dans 8 % des langues de la base de données LAPSyD₆₀₂ et dans 10 % des langues d'UPSID₃₁₇ (Vallée, Boë et Stefanuto, 1999). Les palatales sont donc moins fréquentes que les consonnes alvéodentales (15,3 %), bilabiales (14,3 %) et vélaires (12,6 %) (Vallée et al., 1999). Si plus de 99 % des langues possèdent des consonnes plosives bilabiales (99,1 %), coronales (99,7 %) et/ou vélaires (99,4 %), les palatales sont 5 fois moins fréquentes (18,6 % des langues) (Maddieson, 1984). Près de 13 % des systèmes avec consonne(s) palatale(s) contiennent la plosive palatale sourde /c/. Sa contrepartie sonore /ɟ/ est un peu moins fréquente (8,4 % des langues). Ces plosives palatales sont présentes par exemple dans les familles niger-congo (wolof, noon), nilo-saharienne (so), afro-asiatique (ngizim, malgbe), ouralo-altaïque (hongrois) ou dans la famille indo-européenne (en tchèque, langue slave, ainsi qu'en irlandais dans le dialecte de Donegal). Elles sont présentes en corse et dans des variétés dialectales de Toscane (Romano et al., 2005).

Les plosives bilabiales palatalisées /pʲ/ et /bʲ/ sont plus rares (2 % et 1,4 % des langues). Elles sont dans les familles slave (russe, polonais), balte (lituanien), dans la famille afro-asiatique (dans deux langues du groupe tchadique, angas et tera) et en irlandais. Les consonnes dentales et alvéolaires palatalisées /tʲ/ et /dʲ/ sont trouvées dans environ 5 et 3 % des langues respectivement. Parmi les langues de la base de données LAPSyD₆₀₂ comportant ces consonnes, citons le russe, le kashmiri, le gaélique écossais (langues indo-européennes), ou encore le khalkha, langue mongole de la famille altaïque etc. Enfin, les vélaires /kʲ/ et /gʲ/ apparaissent respectivement dans 2,8 % et 1,5 % des langues (ex. russe, polonais, lituanien, kashmiri, paez (langue amérindienne), hausa (langue du groupe tchadique) etc.). Pour ce qui concerne plus spécifiquement les langues slaves, Iskarous & Kavitskaya (2018) relèvent que l'opposition /p/~pʲ/ est présente devant les voyelles en

⁷ L'indice correspond au nombre de langues de la version de la base de données explorée.

⁸ <http://www.lapsyd.ddl.cnrs.fr/lapsyd/>

biélorusse, bulgare, polonais ainsi qu'en haut- et bas-sorabe, alors que l'ukrainien, le tchèque et le slovaque, ainsi que toutes les langues slaves du sud, sauf le bulgare, ont perdu cette opposition. Seul le russe contraste /p/ et /pʲ/ dans toutes les distributions. Concernant les plosives coronales, Iskarous & Kavitskaya (2018) et auparavant Kochetov (2002) soulignent les multiples allophones de la palatalisée /tʲ/ dans les langues slaves qui s'inscrivent dans une sorte de continuum articulatoire entre [tʲ] and [c] (Kochetov, 2002 : 22). Le contraste /t/~/tʲ/ est réalisé [t]-[tʲ] en biélorusse, [t]-[tʲ] en polonais, [t]-[tʲ] et [t]-[tʲ] respectivement en haut- et bas-sorabe et, enfin, [t]-[c] en tchèque et en slovaque. Le russe et l'ukrainien ont préservé le contraste /t/~/tʲ/ dans tous les environnements et le bulgare seulement devant voyelles. Les autres langues slaves du sud ont perdu cette opposition tout comme pour les plosives bilabiales.

Ainsi, dans la catégorie des consonnes plosives [+palatal], les palatales sont plus représentées que les palatalisées, les sourdes sont plus fréquentes que les sonores. Ces tendances concernent aussi les autres modes consonantiques.

Près de 47 % des langues de LAPSyD₆₀₂ possèdent la consonne affriquée palato-alvéolaire sourde /tʃ/ et environ 25 % son équivalent sonore /dʒ/. Celles-ci, par exemple, font partie du système phonologique de l'italien et d'autres variétés du centre et du sud de l'Italie) ; /tʃ/ est aussi présente dans les variétés ibéro-romanes, en castillan, catalan ainsi qu'en roumain (groupe balkano-roman). Les consonnes palatalisées /tʃʲ/ et /dʒʲ/ ne sont trouvées qu'en lituanien, langue balte. La première a été également relevée par Maddieson (1984) en kashmiri. Les consonnes affriquées palatales, sonore /tʃʲ/ et sourde /tʃʲ/, sont extrêmement rares et ne sont trouvées qu'en gumuz, langue nilo-saharienne d'Éthiopie. L'affriquée palatale sourde est également trouvée dans la langue cahuapanane, parlée en Amazonie péruvienne, le jebero, quelques langues des familles ouralo-altaïque (komi, hongrois) et sino-tibétaine (mandarin, ao) relevées par Maddieson (1984). L'affriquée palatalisée /tʃʲ/ est présente en bora, langue witoto (LAPSyD₆₀₂), le bulgare et le yurak (dialecte du nenets), langue ouralienne (Maddieson, 1984).

Parmi les consonnes fricatives, la palatale sourde /ç/ et sonore /j/ sont trouvées respectivement dans 3 % et 1,3 % des langues. Le margi, langue tchadique, possède dans son inventaire ces deux phonèmes équivalents palatalisés des vélares /x/ et /ɣ/ selon Ladefoged & Maddieson (1996). Le système du margi a développé une large gamme de consonnes palatales : les plosives palatales /c/ et /ɟ/, les affriquées et les fricatives palato-alvéolaires /tʃ/ et /dʒ/, /ʃ/ et /ʒ/, plus une approximante palatale sonore /j/ et la consonne nasale palatale. La palato-alvéolaire sourde /ʃ/ est assez fréquente (39 % des langues) tandis que son équivalent sonore /ʒ/ n'est présent que dans 13 % des langues. Les palatalisées /ʃʲ/ et /ʒʲ/ sont présentes en lituanien et cette dernière, d'après Maddieson (1984) se rencontre aussi en kashmiri et en paez. Ces deux dernières consonnes, considérées

intrinsèquement longues, sont également présentes en russe mais les phonologues sont en désaccord quant à leur statut phonologique (cf. pour rappel section 1.2.1).

La fricative bilabiale palatalisée sourde / ɸ^j / est trouvée en paez et la fricative sonore / β^j / en khalkha, paez, bora et yelî dnye, langue papoue. Seules trois langues de LAPSyD₆₀₂ – le russe, le polonais et le dialecte irlandais de Donegal – possèdent la fricative labiodentale palatalisée sourde / ɸ^j / et sa contrepartie sonore / v^j / . Le tera, langue tchadique, possède seulement / v^j / . Pour cette dernière consonne, on peut compléter la liste avec le lituanien (Maddieson, 1984). Concernant les langues slaves, l'opposition / v /~/ v^j / est préservée en russe dans tous les environnements, et devant les voyelles en biélorusse, bulgare, polonais et en haut- et bas-sorabe. La fricative dentale ou alvéolaire palatalisée sourde / s^j / se retrouve en russe, bulgare, lituanien, kète et tchouktchi, ces deux dernières parlées par des peuples de Sibérie (Maddieson, 1984) mais aussi en bora et yawa, langue papoue (échantillon LAPSyD₆₀₂). D'après Iskarous & Kavitskaya (2018), les oppositions / s /~/ s^j / et / z /~/ z^j / sont présentes dans les trois langues slaves de l'est dans tout environnement, devant les voyelles en bulgare et elles sont réalisées comme [s]-[ɕ] et [z]-[ʒ] en polonais. La palatalisée / z^j / existe également en lituanien. On trouve / x^j / en bora, paez, chaha (langue afro-asiatique) et en kwakw'ala, langue amérindienne. Cette consonne comme les plosives vélaires / k^j / et / g^j / ont un statut encore discuté en russe (cf. section 1.2.1). Enfin, les vélaires palatalisées / x^j / et / ɣ^j / apparaissent toutes deux seulement en kabardien, langue caucasienne (Maddieson, 1984).

Dans la catégorie des consonnes fricatives, les consonnes palatales sont plus répandues que les palatalisées. Les fricatives palatalisées sont moins fréquentes que les plosives palatalisées. Enfin, l'affriquée et la fricative palato-alvéolaires sourdes sont parmi les plus fréquentes des consonnes [+palatal] dans les langues du monde.

La palatale / n^j / est la plus fréquente des nasales [+palatal] (près de 34 % des échantillons dont beaucoup de langues romanes). Environ 3 % des langues (ex. russe, bora, yawa, khalkha) possèdent la nasale dentale ou alvéolaire palatalisée / n^j / et 2 % ont la bilabiale / m^j / : lituanien, russe, bulgare, polonais et amuesha (parlée au Pérou), kashmiri, bora. Dans l'ensemble des langues slaves de l'ouest, la nasale palatale provient d'une nasale coronale palatalisée. Seul le bas-sorabe a conservé / n^j / comme toutes les langues slaves de l'est et le bulgare. Dans les autres langues slaves du sud, sauf en slovène où l'opposition est perdue, on retrouve aussi [n]-[ɲ] (Iskarous & Kavitskaya, 2018).

La latérale palatale / ɮ^j / est présente dans 7 % des langues, certaines sont des langues romanes comme l'italien, le portugais, le catalan et l'espagnol et la latérale dentale ou alvéolaire / l^j / réalisée avec une articulation secondaire palatale est trouvée dans 2 % des langues (russe, lituanien, gaélique écossais, yimas, langue papoue et quelques autres langue de l'échantillon LAPSyD₆₀₂), plus yurak, amuesha, kète et chouvache relevées par Maddieson (1984). Dans plusieurs langues slaves on observe le changement en chaîne

historique tel qu'une latérale palatalisée se « dépalatalise » ($l^j > l$), tandis qu'une latérale non palatalisée d'origine devient une labiovélaire ($l > w$) expliquant qu'à côté de l'opposition entre une articulation de base *vs* secondaire /l/~/l^j/ en russe, biélorusse, ukrainien et bulgare, on retrouve cette opposition réalisée [w]-[l] en polonais ainsi qu'en haut- et bas-sorabe et [l]-[l^j] en slovaque, macédonien, serbe et croate (Iskarous & Kavitskaya, 2018).

La vibrante dentale palatalisée /r^j/ est discutée par plusieurs auteurs. Alors que la vibrante [-palatal] /r/ est conservée dans toutes les langues slaves, son équivalente palatalisée /r^j/ n'est présente que dans quelques-unes d'entre elles : l'opposition /r/~/r^j/ se retrouve en russe et seulement devant voyelle en ukrainien et bulgare. En slave occidental, en tchèque et polonais, la palatalisée s'est spirantisée (Iskarous & Kavitskaya, 2018). Brok (1970) puis Skalozub (1963) ou encore Ladefoged & Maddieson (1996) ont observé que la palatalisation a tendance à freiner la vibration apicale et que la vibrante palatalisée se réalise plutôt comme une battue [r^j]. Kavitskaya et al. (2009) suggèrent que la palatalisation qui implique l'élévation et l'antériorisation du dos de la langue dans la région palatale peut empêcher, en raison de contraintes aérodynamiques, les vibrations apicales nécessaires pour produire une vibrante apicale palatalisée. Le trill palatalisé /r^j/ est également présent en bulgare, yurak et lituanien (Maddieson, 1984).

Les inventaires phonologiques de la base de données LAPSyD₆₀₂ montrent que l'approximante palatale /j/ (89 % des langues), la fricative et l'affriquée palato-alvéolaire sourdes /ʃ/ et /tʃ/ et la nasale palatale /ɲ/ sont les plus fréquentes des consonnes [+palatal] et que, globalement, parmi les plus rares figurent tous les segments palatalisés, indépendamment du lieu et du mode, auxquels on peut rajouter les fricatives palatales, sonore et sourde, /j/ et /ç/ et les affriquées palatales /tʃ/ et /çç/. Concernant le trait de voisement, on observe davantage de consonnes [+palatal] sourdes que de sonores. La raison vient principalement du fait que la vibration des plis vocaux entraîne un coût articuloire plus élevé (Maddieson, 1984) et exige plus de contrôle articuloire comme suggéré par Vallée et al. (2002).

Cet aperçu général montre que la fréquence des consonnes [+palatal] dans les langues du monde est relativement basse comparée à la proportion de ces consonnes dans le système phonologique du russe qui comporte pour presque chaque consonne sa contrepartie palatalisée et où la palatalisation affecte tous les lieux et modes articulatoires. Notons qu'au niveau intrasystémique, les consonnes [+palatal] sont peu fréquentes. Ces données montrent bien que le russe, à côté de quelques dialectes irlandais, est une langue exceptionnelle quant au rendement du trait palatal dans son système.

Le coût articuloire des consonnes palatalisées et palatales est souvent avancé comme un des arguments de leur inégale voire faible distribution dans les langues du monde. Dans la section suivante, nous examinerons les travaux qui ont cherché à déterminer les caractéristiques phonétiques et phonologiques de ces consonnes.

1.5. LA DESCRIPTION DU GESTE LINGUO-PALATAL : UN ELEMENT DETERMINANT DU CLASSEMENT DES CONSONNES PALATALES ET PALATALISEES

1.5.1. Classification articulaire des consonnes produites dans la région palatale

En phonétique, le terme *palatal* renvoie à des sons de parole réalisés dans la région du palais dur. Traditionnellement, on distingue deux grands types consonantiques produits dans cette zone articulaire : les consonnes palato-alvéolaires comme l'affriquée /tʃ/ ou la fricative /ʃ/ et les palatales comme /j, ɲ, ç, ʝ/ (Ladefoged & Maddieson, 1996). Les premières sont généralement produites grâce à une constriction lamino-postalvéolaire (Recasens, 1990 ; Keating, 1988, 1991 ; Ladefoged & Maddieson, 1996), avec une forme bombée de l'avant de la langue immédiatement derrière la constriction (Recasens, 1990), ce que Ladefoged & Maddieson (1996 : 149) désignent comme un léger degré de palatalisation. Ce type consonantique appartient aux articulations coronales car produites avec la pointe et la lame de la langue. Concernant les palatales, on considère de manière générale que le resserrement du conduit vocal se produit entre le dorsum et une zone dans la région palatale (pré-, médio- ou post-palatale), comme par exemple pour l'occlusive palatale /c/ du hongrois (Ladefoged & Maddieson, 1996). La Figure 1 ci-dessous illustre la différence entre ces deux types de consonnes palatales.



Figure 1 : À gauche, la fricative palato-alvéolaire /ʃ/ de l'anglais (Ladefoged & Maddieson, 1996 : 149). La ligne noire indique la position du centre de la langue et la ligne grise indique la position du bord latéral de la langue. À droite, l'occlusive palatale /c/ du hongrois (Bolla, 1980 cité par Ladefoged & Maddieson, 1996 : 166).

Les productions de ces consonnes peuvent varier selon les locuteurs et les langues (Recasens, 1990). Par exemple, Skalozub (1963) a examiné 275 tracés radiographiques et 650 palatogrammes et odontogrammes des productions consonantiques de quatre russophones natifs en contexte /_a/. Elle a observé trois types de profils linguaux pour la consonne /ʃ/ du russe (cf. Figure 2) : les deux premières productions présentent un double lieu articulaire (la première constriction étant formée par la pointe de la langue dans la région alvéolaire, la deuxième par le dorsum dans la région palato-vélaire) avec un dorsum plus bombé dans le premier cas de figure, et la troisième réalisation rejoint plutôt celle de l'anglais référencée dans Ladefoged & Maddieson (1996) mais sans la forme légèrement convexe au niveau du dos de la langue.

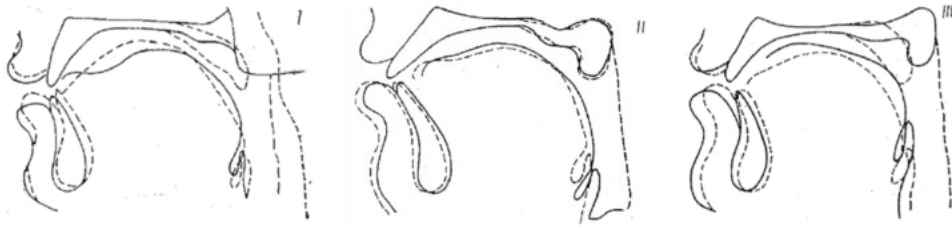


Figure 2 : Configurations linguales pour la consonne /ʃ/ du russe chez trois locuteurs différents (Skalozub, 1963 : 94). Les lignes en pointillés représentent la position neutre de la langue.

Matusevich (1976) confirme les observations de Skalozub (1963) concernant un double lieu d'articulation de la fricative palato-alvéolaire en précisant toutefois que /ʃ/ est généralement réalisé cacuminal (cf. Figure 3) avec la pointe de la langue se dirigeant vers la région alvéolaire ou prépalatale (selon les locuteurs). La partie postérieure du dos de la langue se rétracte fortement vers l'arrière et vers le haut avec la langue qui se creuse davantage au niveau du médiadorsum comparé aux données de Skalozub. En outre, /ʃ/ se caractérise par un bruit grave dû à la protrusion des lèvres (Matusevich, 1976). Son équivalent palatalisé /ʃʲ:/ est également observé avec un double lieu articuloire mais avec la première constriction apicale formée au niveau des incisives supérieures et la deuxième formée par le médiadorsum dans la zone médio-palatale, la langue ayant cette fois une forme creuse au niveau de la lame.

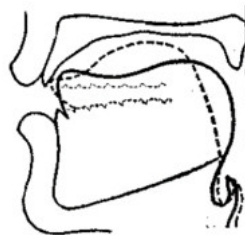


Figure 3 : Configurations linguales pour les consonnes /ʃ/ et /ʃʲ:/ du russe d'après (Matusevich, 1976 : 138). La ligne continue représente la position de la langue pour /ʃ/ et celle en pointillés pour /ʃʲ:/.

Matusevich (1976) remarque également que /ʃ/ peut être réalisé comme une dorsale mais cette réalisation se rencontre plus rarement. Bolla (1981) a examiné 78 sons du russe pour un locuteur en incluant des réalisations consonantiques qu'on retrouve à la frontière des morphèmes et dans les emprunts aux langues étrangères. Sur la Figure 4 ci-dessous, la première image renvoie à un allophone de /ʃ/ dans la séquence /bʲez#ʲap.kʲi/ « sans bonnet » (prép. + subst., gén., sg.) prononcée [bʲe.ʲap.kʲi] dans laquelle /ʃ/ est réalisé [ʃ:] à la frontière entre la préposition et le nom. Les deux autres coupes sagittales illustrent, dans l'ordre, les configurations linguales pour /ʃ/ et /ʃʲ:/ en initiale de syllabe devant /_a/ pour /ʃ/ et devant /_i/ pour /ʃʲ:/. Bolla (1981) qualifie /ʃ/ de phonème dorso-prépalatal pharyngalisé avec la racine de la langue qui s'abaisse ou s'élève (selon la réalisation) et s'approche de la paroi pharyngale, tandis que /ʃʲ:/ est décrit comme médio-dorso-palatal.

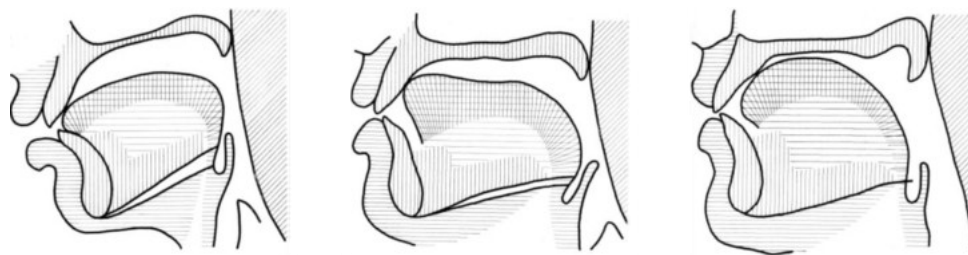


Figure 4 : Configurations linguales pour les réalisations des phonèmes fricatifs russes /ʃ/ (à gauche et au milieu) et /ʃʲ:/ (à droite) produites par le même locuteur (d'après Bolla, 1981: 62, 60, 64).

Ces exemples illustrent bien la variation dans les réalisations de la fricative palato-alvéolaire (et également de son équivalente palatalisée) au sein d'une même langue, le russe, et en fonction des locuteurs.

Concernant les consonnes palatales, celles-ci sont considérées, avec les vélaires et uvulaires, comme des articulations dorsales avec pour articulateur actif, le corps de la langue. Les palatales se distinguent de ces dernières car elles recrutent aussi la partie antérieure et/ou médiane de la langue, avec plus ou moins de variation selon les langues (Recasens, 1990 ; Ladefoged & Maddieson, 1996). Cependant, des études ont montré qu'il n'existe pas de consensus entre les phonéticiens quant à la nature articuloire des consonnes produites dans la région palatale. Par exemple, d'après Recasens (1990), le terme *palatal* ne prend pas en compte toute la diversité des articulations consonantiques qui se trouvent regroupées dans une seule et même catégorie. Ces réalités articuloires différentes impliqueraient chacune un contrôle moteur dirigé vers des parties spécifiques du dos de la langue, et donc un degré de précision articuloire plus élevé. Par conséquent, ces productions consonantiques nécessiteraient une classification plus fine prenant également en compte les zones pré-, médio- et post-palatale. De plus, la question se pose de caractériser le geste palatal selon qu'il relève d'une dimension primaire ou secondaire (ex. le cas des consonnes palatalisées) et de le replacer dans la classification des consonnes proposée par Lindblom & Maddieson (1988). Cette classification prend en compte une estimation du degré de complexité articuloire que les auteurs définissent à partir du nombre de traits qui se superposent à une articulation primaire ou de base. Cependant, définir la complexité articuloire d'une consonne n'est pas chose facile ni dans sa nature, ni dans sa quantification (degré de complexité). En effet, la notion de complexité est souvent associée à celle d'articulation primaire (ou de base) à laquelle s'ajoute une ou plusieurs articulations supplémentaires (Lindblom & Maddieson, 1988). L'articulation secondaire ou supplémentaire se caractérise par la présence d'un second rétrécissement dans le conduit vocal ce qui aboutit à une articulation plus élaborée : « *Segments with place, manner and source mechanisms representing departures from more elementary articulations are classified as elaborated. Elementary gestures form a group of basic articulations. Sounds produced with combinations of elaborated articulations are treated as complex* » (Lindblom & Engstrand, 1989 : 113 ; Lindblom, 1990). La palatalisation (ou la superposition d'un geste palatal à l'articulation de base) serait selon ce point de vue une articulation élaborée.

Avec pour objectif de proposer une description phonétique précise des articulations palatales, Keating (1988) compare celles-ci avec les consonnes d'autres lieux d'articulation, en particulier les coronales et les vélares. La Table 2 suivante présente les types consonantiques produits dans la région palatale en fonction de l'articulation linguale impliquée dans leur production et le lieu d'articulation.

API	Lieu d'articulation	Articulateur actif	Catégorie
ʃ ʧ	Postalvéolaire ou pré-palatal	Lamina	Palato-alvéolaire
ɕ tɕ	Pré-palatal	Lamina	Alvéopalatale
ɲ c j ʎ	Postalvéolaire et pré-, voire médio-palatal	Postlamina et prédorsum	Palatale
kj	Médio- ou post-palatal (chevauchement entre les deux)	Médio- ou postdorsum	Vélaire palatalisée ou antériorisée

Table 2 : Classement des consonnes produites dans la région palatale d'après Keating (1988).

Selon Keating (1988), les palatales sont des articulations complexes qui impliquent dans leur production deux gestes articulatoires et donc deux contrôles moteurs différents. Ainsi, selon ce point de vue, les palatales ne sont pas différentes des consonnes palatalisées dont la production implique la superposition d'un geste palatal à une articulation primaire. Keating examine avec précision les tracés rayons X de la nasale palatale [ɲ] du hongrois (cf. la configuration semblable pour /c/, Figure 1) et observe une constriction distribuée entre toute la partie antérieure de la langue (avec le postlamina et le prédorsum) et une grande partie du palais dur. Cette observation indique que deux zones linguales situées à proximité immédiate participent à former une constriction distribuée, et constitue un élément capital, selon Keating, pour considérer les consonnes palatales comme complexes. Deuxièmement, elle remarque que les palatales sont des articulations « *tongue tip down* » : la pointe de la langue, passive, n'est pas impliquée dans l'articulation consonantique et se trouve en position basse derrière les incisives inférieures de façon à ce qu'il n'existe pas de cavité sublinguale (sublaminale). Cette caractéristique contribue à distinguer les palatales des autres articulations coronales non-antérieures. A noter que Keating classe les palatales parmi les coronales en se basant notamment sur les caractéristiques de l'articulateur recruté dans la formation de la constriction palatale. Ses observations montrent en effet que la production des palatales implique une élévation laminaire en plus de celle de toute la partie antérieure de la langue. Enfin, le corps de la langue est propulsé vers l'avant « *to make possible the combination of tip down and wide contact* » (Keating, 1988 : 79). La forme globale de la langue pour une occlusive palatale est semblable à celle d'un glide palatal ou d'une voyelle haute antérieure ce qui est à l'origine de leur traitement en tant que « *vowel-like articulations* ».

Contrairement à Chomsky & Halle (1968), pour Keating (1988) les palatales sont différentes des vélares palatalisées (ou antérieures) parce que pour ces dernières la zone de contact linguo-palatal est plus courte « *partly overlapping with [...] the back-most contact for the palatals* » (Keating, 1988 : 81). La pointe de la langue est également abaissée pour les vélares mais elle est ramenée vers l'arrière de manière à créer une cavité avant assez large, ce qui n'est pas observé pour les palatales en raison des caractéristiques de la constriction de ces dernières. Globalement, une vélaire palatalisée a une longueur de constriction similaire à celle de sa contrepartie non palatalisée mais elle est articulée plus en avant dans la cavité buccale. Les observations de Keating concernant une occlusion médio-dorso-médio- ou postpalatale des vélares palatalisées sont conformes à celles de Skalozub (1963). La Figure 5 suivante illustre les différences dans la production de deux consonnes, l'une palatale, l'autre vélaire palatalisée.

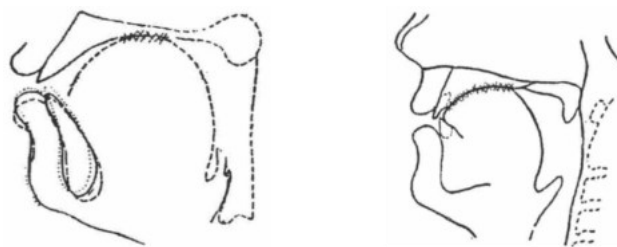


Figure 5 : Configurations linguales pour la vélaire palatalisée /k/ du russe et pour la palatale /c/ du tchèque (Keating, 1988 : 84).

Enfin, les consonnes palatales sont différentes des palato-alvéolaires et alvéopalatales qui sont des articulations simples et dont la constriction formée grâce à l'élévation laminaire est moins étendue que celle des palatales (cf. par exemple Figure 1). La longueur de la constriction est plus grande pour les palatales que pour les alvéopalatales, ces dernières ayant une constriction plus longue que les palato-alvéolaires. L'élévation laminaire crée une cavité entre la sublamina et les incisives inférieures, où se situe la principale source de bruit de friction pour la formation des palato-alvéolaires. Il s'agit, en effet, d'une caractéristique inhérente à la production des consonnes palato-alvéolaires et non à celle des palatales (Stevens, 2000).

Ainsi, selon Keating (1988), les palatales sont complexes et équivalentes à des doubles articulations comme les labio-vélares, par exemple. Elles se distinguent des vélares par le fait que les dernières n'impliquent pas une composante coronale dans leur articulation. Elles sont aussi différentes des autres coronales non-antérieures dont la forme linguale globale est beaucoup moins similaire à celle d'un glide palatal ou d'une voyelle haute antérieure.

Recasens (1990), d'après l'examen de données radiographiques et palatographiques, suggère que le geste linguo-palatal recruté dans la production des consonnes réalisées dans la région palatale est probablement très finement contrôlé. La Table 3 qui suit récapitule les observations de Recasens (1990).

	Lieu d'articulation	Articulateur actif	Catégorie
ʃ ʒ	Post-alvéolaire, parfois pré-palatal	Lamina, parfois prédorsum	Lamino-post-alvéolaire
ɲ c ʎ (ɛ ʈ)	Postalvéo-prépalatal	Prédorsum	Alvéo-palatale
j ɕ	Pré-palatal ou médio-palatal	Pré- ou médiodorsum	Pré-palatale
Réalisations postérieures des alvéopalatales, ex. [ɲ] du Ngwo	Médio-palatal	Médiodorsum	Médio-palatale
Vélares palatalisées	Médio- ou post-palatal	Médio et postdorsum	Post-palatale
Vélares antérieures	Post-palatal	Postdorsum	Post-palatale

Table 3 : Classement articuloire des consonnes produites dans la région palatale, à partir de Recasens (1990).

Les observations de Keating diffèrent sur plusieurs points de celles de Recasens. Selon ce dernier, les consonnes articulées dans la région palatale peuvent être regroupées en quatre classes : 1) alvéopalatale, 2) pré-palatale, 3) médio-palatale et 4) post-palatale. Contrairement à Keating, les consonnes alvéo- et prépalatales appartiennent à deux classes articuloires différentes. Les premières sont généralement pré-, parfois médiodorsales et beaucoup plus rarement laminales ou postdorsales, avec une constriction postalvéo-prépalatale, parfois médiopalatale et, plus rarement, alvéolaire ou postpalatale. Ces consonnes, que Recasens (1990) nomme alvéopalatales, sont donc des articulations prédorso-postalvéo-prépalatales (ou parfois médiodorso-médiopalatales). Pour révéler les patterns linguaux de ces consonnes, Recasens propose d'étudier la coarticulation. Ainsi, les consonnes alvéopalatales montrent une variabilité liée au contexte vocalique dans les régions alvéolaire, médio- et post-palatale : le degré de contact médio- et post-palatal pour [ɲ] et [ʎ] est plus grand (large) lorsque la voyelle adjacente est [i] et plus petit lorsque la voyelle adjacente est [a]. En revanche, le contact dans la région pré-palatal reste assez constant quelle que soit la voyelle. Ces résultats sont également cohérents avec ceux de Rochette (1973), cité par Recasens, qui rapporte la présence d'une occlusion très stable au niveau de la région prédorso-alvéo-prépalatale pour [ɲ] (mais pas dans d'autres régions articuloires) dans différents clusters consonantiques. Recasens (1990) propose de regrouper dans un même ensemble la fricative /ɕ/ et l'affriquée /tɕ/ car celles-ci ont une constriction lamino-prédorsale dans la région alvéo-prépalatale. On pourrait toutefois se demander si un tel regroupement est justifié phonétiquement, notamment à cause de la présence *vs* absence de la cavité sublinguale pour

les consonnes en question. Enfin, les prépalatales [j] et [ç] sont principalement articulées avec le prédorsum ou le médiadorsum selon que la constriction est plus ou moins avancée. Les effets de coarticulation avec les voyelles adjacentes sont différents de ceux observés pour les alvéopalatales. Une influence moindre sur le dos de la langue a été trouvée pour [j] comparé à [ɲ] et [ʎ] probablement parce que le dos de la langue est plus impliqué dans la réalisation de la constriction pour les prépalatales comme [j] par rapport aux alvéopalatales qui recrutent plutôt le prédorsum (Recasens, 1984).

En s'appuyant sur des études antérieures, Recasens (1990) et contrairement à Keating (1988), distingue les vélaires antérieures des vélaires palatalisées. Les premières impliquent dans leur réalisation le postdorsum tandis que pour les vélaires palatalisées l'occlusion est souvent faite avec la partie médiane du dos de la langue. La pointe et la lame sont toujours abaissées pour les deux, le prédorsum est inactif et se situe à mi-chemin entre les parois supérieure et inférieure de la cavité buccale. Ainsi, bien qu'il précise que plus de données sont nécessaires pour valider ses propositions, Recasens (1990), à partir de données radio- et linguographiques, suggère la disponibilité de quatre zones linguales précises différentes qui peuvent participer à l'élévation du dos de la langue et qui donc peuvent être recrutées dans la réalisation d'une constriction dans une zone particulière du palais dur : prédorsale pour les consonnes alvéo-palatales ; pré- ou médiadorsale pour les pré-palatales ; médiadorsale pour les médio-palatales ; enfin, médio- ou postdorsale pour les post-palatales.

Une autre différence par rapport à Keating (1988) est que Recasens défend l'idée selon laquelle, lors de l'articulation des alvéopalatales (palatales chez Keating), si deux régions de la langue situées à proximité immédiate (postlamina et prédorsum) participent simultanément à la formation d'un seul lieu articuloire, alors il n'y a pas deux contrôles moteurs différents, mais une seule commande motrice envoyée à une zone linguale plus spécifique et plus étendue qu'il nomme le prédorsum. Les palatogrammes montrent clairement les points de contacts dans les régions postalvéolaire et pré-palatale. La pointe de la langue se trouve en position basse derrière les incisives inférieures et la lame, passive, se situe à mi-chemin entre les parois supérieure et inférieure de la cavité buccale (Recasens, 1990). Comme le remarque Keating (1988), la postlamina peut en effet être en contact avec la région post-alvéolaire lors de l'articulation des alvéopalatales. Cependant, le fait que l'avant de la lame ne participe pas à l'articulation, et qu'il n'existe aucun contact lingual dans la région pré-alvéolaire, rend difficile l'affirmation que deux articulateurs séparés sont impliqués dans l'articulation de ce type consonantique (ibid.). Toutefois, Recasens & Romero (1997) cherchent à savoir si la production de la palatale /ɲ/ du catalan implique deux gestes articuloires et, dans ce cas, son articulation n'est pas différente de celle de /nɲ/ palatalisée qu'on trouve en russe et dans d'autres langues slaves, ou bien s'il s'agit d'un seul geste d'occlusion lamino-prédorsal produit dans la région alvéo-prépalatale. Dans le premier cas l'articulation de /ɲ/ serait élaborée ou plus complexe que n'importe quelle autre articulation de base, tandis que dans le second, il s'agirait d'une articulation primaire. Les auteurs proposent d'examiner le timing des gestes articuloires pour répondre à leur

question de recherche. Si /ɲ/ est un segment simple, et dans ce cas l'articulation de /ɲ/ est similaire à celle de /j/ (en catalan /j/ est un segment dorso-palatal simple), alors un timing plus synchrone est attendu entre la lame et le dos de la langue. En revanche, si /ɲ/ est un segment complexe, il existe alors un certain laps de temps entre l'atteinte des positions maximales par la lame et le dorsum et, dans ce cas, /ɲ/ se différencie de /j/ par le fait qu'il implique dans sa production comme /nʲ/ du russe deux gestes articulatoires distincts. Les résultats montrent qu'en termes de complexité articulatoire, la nasale palatalisée du russe /nʲ/ diffère de la nasale palatale /ɲ/ du catalan. En effet, les intervalles temporels entre les maxima atteints par la pointe et la lame de la langue, d'une part, et entre ceux atteints par le dos et la lame, d'autre part, ont été trouvés par les auteurs plus longs pour /nʲ/ que pour /ɲ/ ce qui suggère que, pour la palatalisée, la pointe et le dos de la langue agissent comme deux articulateurs séparés et que la palatalisée du russe recrute dans sa production deux gestes articulatoires différents et deux mouvements linguaux successifs. En revanche, pour atteindre /ɲ/, le mouvement de la langue est global et moins différencié entre différentes zones linguales ainsi que le montre l'absence de différences significatives au niveau des intervalles temporels entre lame et pointe, dos et lame, semblable à celui recruté dans l'articulation de /j/ (segment simple dans les deux langues).

Ainsi, d'après l'étude de Recasens & Romero (1997), dans le cas des consonnes (alvéo)-palatales, le geste d'élévation linguale dans la région palatale relèverait d'une articulation primaire tandis que pour les consonnes palatalisées, le geste palatal serait secondaire ou superposé à l'articulation principale ou de base (selon la terminologie de Lindblom & Maddieson, 1988). On retrouve un propos similaire dans la définition de la palatalisation proposée par Ladefoged & Maddieson (1996, p. 363) : « *the superimposition of a raising of the front of the tongue towards a position similar to that for i on a primary gesture.* ».

1.5.2. Consonnes palatalisées du russe : éléments de phonétique articulatoire et acoustique

D'après les éléments mentionnés *supra*, les deux types consonantiques palatal *vs* palatalisé pourraient être représentés schématiquement comme dans la Figure 6 suivante.

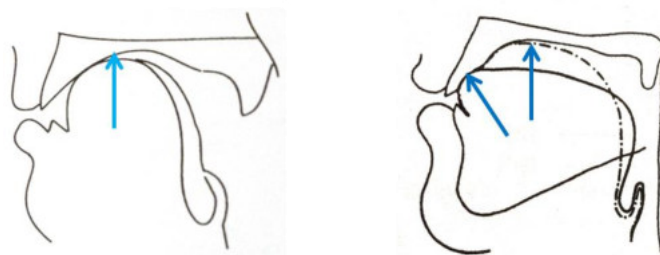


Figure 6 : Schémas de deux types articulatoires différents palatal (à gauche) vs palatalisé (à droite) avec les gestes linguaux recrutés dans leur production, représentés par les flèches bleues. D'après Ladefoged & Maddieson (1996: 149) et Knyazev & Pozharitskaya (2012 : 403).

Toutefois, caractériser le geste lingual recruté dans la palatalisation n'est pas aisé car des différences sont observées en rapport avec l'articulation principale des consonnes concernées. Cette question a été soulevée dans des travaux des phonéticiens russophones Skalozub (1963), Kuznetsova (1969), Bondarko (1977) etc. car le système consonantique du russe que nous décrivons section 1.2.1 a développé une série de consonnes palatalisées ce qui offre une possibilité d'étudier l'articulation secondaire palatale en considérant la possible incidence de l'articulation primaire sur cette dernière, et d'aborder les notions de consonne élaborée et de complexité articulatoire. De plus, comme l'a montré une étude expérimentale de Kuznetsova (1969), le russe et ses variations dialectales peuvent offrir un large éventail de réalisations palatales : une consonne phonologiquement palatalisée peut être réalisée comme une réelle palatale comme on les trouve en tchèque ou encore en hongrois, comme un segment palatalisé (avec une articulation secondaire palatal) ou bien comme une variante semi-palatalisée, proche de sa contrepartie *dure*. À partir des travaux de la littérature nous présentons ci-dessous les caractéristiques phonétiques, articulatoires et acoustiques, des consonnes palatalisées et non palatalisées du russe par leur lieu d'articulation et en considérant l'influence de l'articulation principale sur l'articulation secondaire.

1.5.2.1. Labiales

Bondarko (1977) n'emploie le terme d'articulation secondaire qu'à l'égard des labiales palatalisées du russe. Son argument est le fait que le geste d'occlusion labiale, qui relève pour ces consonnes de l'articulation principale, et le geste secondaire linguo-palatal ne se chevauchent pas. Il existe d'ailleurs un consensus concernant la production de l'articulation secondaire palatale des consonnes labiales /p^j b^j m^j/, généralement décrite comme un mouvement secondaire d'avancement et d'élévation de la partie antérieure du corps de la langue vers la région palatale (Skalozub, 1963, confirmé par Bondarko, 1977, Ladefoged & Maddieson, 1996). D'autres auteurs, Straka (1965) et Bolla (1981), notent aussi un resserrement des lèvres lors de la production des labiales palatalisées ce qui témoigne de la « preuve évidente du renforcement articulatoire » lors de la production des palatalisées (Straka, 1965 : 121). Cité par Bennett et al. (2018: 265), Breatnach (1947) confirme aussi cette observation : « *in forming the [palatalized bilabial] stop the lips are rather spread, and are kept close to the teeth.* »

Les labiales non palatalisées /p b m/ du russe sont souvent décrites comme des segments présentant une constriction secondaire vélarisée, lorsque le postdorsum se rapproche du palais mou (Brok, 1910 ; Bogoroditskij, 1930 ; Skalozub, 1963 ; Bulanin, 1970 ; Kedrova et al., 2008, 2009 etc.). À partir de l'examen de données articulographiques acquises auprès de trois russophones prononçant des non mots avec les consonnes /p p^j t t^j/ dans le contexte intervocalique /a_a/, Kochetov (2002) est également arrivé à la conclusion que la palatalisation implique l'élévation et l'avancement du corps de la langue. Ses résultats indiquent clairement que /p/ non palatalisé est réalisé *partiellement vélarisé* et

produit avec une rétraction du corps lingual mais sans élévation du dorsum. Pour illustrer ce propos, la Figure 7 présente les configurations linguales pour les labiales palatalisée et non palatalisée (vélarisée) issues de deux études expérimentales différentes, celles de Skalozub (1963) et de Kedrova et al. (2009).

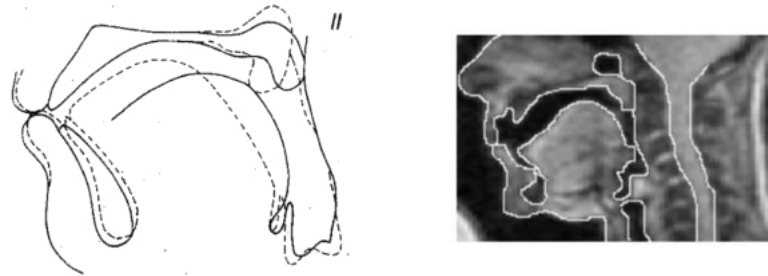


Figure 7 : À gauche, deux profils linguaux pour la labiale palatalisée sourde /pʲ/ (en pointillés) et la labiale vélarisée sourde /p/ (en ligne pleine) en contexte /a_a/, d'après l'étude expérimentale de Skalozub (1963 : 86). À droite, la labiale non palatalisée sonore /b/ avec une constriction secondaire vélaire indépendamment du contexte vocalique /a_a/, /i_i/ ou /a_e/, d'après Kedrova et al. (2009) en utilisant la technique d'IRM.

D'autres études ne montrent cependant pas de vélarisation dans la production de non palatalisées. Pour Matusевич (1976) ainsi que pour Ladefoged & Maddieson (1996), la vélarisation en russe est seulement intrinsèque à la production d'une latérale non palatalisée, tandis que Bolla (1981) note que les consonnes non palatalisées, y compris les coronales /t d n/, sont en fait pharyngalisées (cf. Figure 8). Selon ce dernier, les consonnes non palatalisées se caractérisent par un rétrécissement du pharynx, par opposition à son élargissement lors de la production de consonnes palatalisées correspondantes. Dans ce dernier cas, la rétraction du corps de la langue (vélarisation) est interprétée comme une conséquence du rétrécissement du pharynx. Fant (1960: 171) retient également la présence *vs* absence en russe « d'une tendance au rétrécissement dans la région uvulaire, et dans la partie supérieure du pharynx »⁹ (t. p. n.).

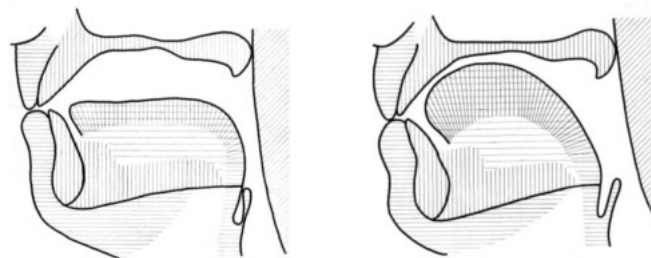


Figure 8 : Profils linguaux pour les consonnes labiales non palatalisée /p/ en contexte /a/ à gauche et palatalisée /pʲ/ en contexte /e/ à droite en finale de syllabe extraits de l'étude expérimentale de Bolla (1981).

La coupe sagittale de /p/ montre en effet une rétraction du corps de la langue et un rétrécissement du pharynx, mais qui ne s'accompagnent pas d'une élévation du postdorsum comme dans les données de Skalozub (1963) ou Kedrova et al. (2009). La palatalisée /pʲ/

⁹ « [...] of a tendency towards a narrowing in the region of the uvula, and in the upper part of the pharynx. » Fant (1960: 171).

est clairement produite grâce à une élévation et un avancement du corps de la langue dans la cavité buccale. D'après Bennett et al. (2018), le contraste palatalisé *vs* non palatalisé n'est pas vraiment en lien avec la taille du pharynx. Le geste de palatalisation, qui consiste à avancer et élever le corps de la langue, entraîne une diminution du volume de la cavité en avant de la constriction ce qui élève sa fréquence de résonance. Par conséquent, la cavité arrière plus grande résonne à une fréquence plus basse (Kochetov, 2002). La cavité arrière est associée à F_1 du spectre acoustique et la cavité avant correspond à F_2 . Ainsi, la conséquence du geste d'avancement et d'élévation de la langue contribue à abaisser la valeur de F_1 (élargissement du pharynx) et à augmenter celle de F_2 . À l'inverse, la rétraction de la langue vers l'arrière et vers le haut produit un effet à peu près opposé, élevant F_1 et abaissant F_2 (Stevens, 2000). La différence entre les valeurs de F_2 serait un corrélat acoustique essentiel du contraste non palatalisé *vs* palatalisé en russe (Jakobson, Fant & Halle 1952 ; Halle 1959 ; Fant, 1960 ; Kochetov, 2002, 2006a ; Kuznetsova, 1965 ; Matusevich, 1976 ; Bondarko, 1981 ; Bolla, 1981 ; Knyazev & Pozharitskaya, 2012). « *Les valeurs des formants qui résultent du mouvement du corps de la langue sont modifiées par des gestes primaires* »¹⁰ (t. p. n.) (Kochetov, 2002: 60). Une constriction au niveau des lèvres abaisse F_2 tandis qu'une constriction faite avec la pointe de la langue entraîne la partie antérieure de la langue vers l'avant ce qui a comme conséquence d'élever légèrement F_2 (ibid.). Il a été noté que des variations formantiques des consonnes palatalisées du russe sont particulièrement visibles à l'onset de la voyelle qui suit (Bondarko, 1977 ; Kochetov, 2002), ce qui suggère que les deux gestes, primaire et secondaire, ne sont pas tout à fait simultanés, la constriction palatale étant retardée par rapport à l'articulation principale (ibid.).

Litvin (2014) a examiné les patterns articulatoires des consonnes /f l s ʃ x/ du russe devant les voyelles /a/ et /ɛ/ pour six participants. Les données ont été recueillies via la technique d'imagerie par ultrasons. Les résultats de son étude suggèrent que toutes les consonnes non palatalisées du russe sont en fait uvularisées et dans certains cas vélarisées mais jamais pharyngalisées. De plus, l'analyse du corpus étudié par Litvin (2014) n'a montré aucune influence de la voyelle qui suit sur la forme linguale lors de la production de la consonne au point de rétrécissement maximal entre le corps de la langue et le palais mou ce qui suggère, d'après l'auteur, que l'articulation secondaire, c'est-à-dire l'uvularisation (ou la vélarisation) est inhérente à la consonne et ne constitue pas un effet de la voyelle adjacente. Cette observation rejoint celle de Kedrova et al. (2009) concernant les consonnes labiales nasales et orales palatalisées *vs* non palatalisées du russe pour lesquelles les patterns articulatoires examinés par les auteurs au moment de l'occlusion résultent « [...] *probablement des propriétés inhérentes d'un phonème et beaucoup moins d'un contexte phonétique spécifique.* »¹¹ (t. p. n.). Les observations de Bennett et al. (2018) concernant la palatalisation en irlandais vont dans

¹⁰ « The formant values resulting from tongue body movement are further modified by primary gestures. » (Kochetov, 2002: 60).

¹¹ « [...] presumably resulted from a phoneme's inherent properties and far less from a specific phonetic context. » (Kedrova, 2009)

le même sens : globalement, les articulations secondaires des consonnes ne dépendent pas (ou très peu) du contexte vocalique (Bennett et al., 2018: 292).

1.5.2.2. Coronales

Les consonnes coronales /t d n/ sont articulées avec la pointe de la langue ou le prédorsum contre les incisives supérieures et/ou les alvéoles (Skalozub, 1963 ; Kuznetsova, 1969 ; Matusevich, 1976 ; Bolla, 1981). Comme pour les labiales, la présence d'une constriction secondaire vélaire fait débat. L'articulation primaire de leurs équivalents palatalisés est plus souvent prédorsale avec une élévation supplémentaire de la partie médiane du dos de la langue vers le palais dur (Skalozub, 1963 ; Matusevich 1976 ; Bolla, 1981), la pointe demeurant contre les incisives inférieures (Skalozub, 1963 ; Kuznetsova, 1969). Sur les palatogrammes (cf. Figure 9), le contact lingual latéral pour /tʲ/ est plus important comparé à celui de /t/ en raison de l'élévation du médiadorsum dans le cas de la palatalisée. Globalement, le corps de la langue avance et s'élève vers le palais dur (Skalozub, 1963 ; Matusevich 1976 etc.).

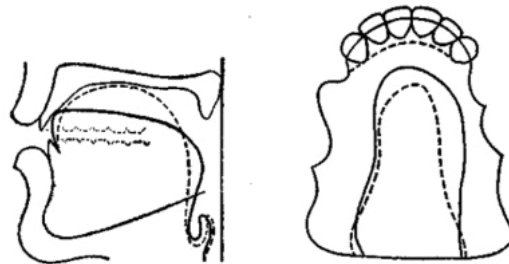


Figure 9 : Contours linguaux et palatogrammes des consonnes coronales non palatalisée /t/ (en ligne pleine) et palatalisée /tʲ/ (en pointillés) du russe (Matusevich, 1976 : 135).

D'après Skalozub (1963), Bolla (1981), Knyazev & Pozharitskaya (2012), les coronales palatalisées /tʲ dʲ nʲ/ et surtout la latérale palatalisée /lʲ/ ont un lieu d'articulation plus postérieur par rapport à celui de leurs équivalents non palatalisés : il est plus souvent alvéolaire voire pré-palatal (bien visible Figure 9). Ainsi, selon les locuteurs, /lʲ/ est, par exemple, réalisé alvéolaire, alvéo-prépalatal, voire prépalatal (Skalozub, 1963 ; Bolla, 1981) tandis que sa contrepartie non palatalisée est dentale ou dento-alvéolaire (Skalozub, 1963). Les plosives palatalisées sont réalisées avec un bruit de friction plus ou moins prononcé selon les locuteurs (Kuznetsova, 1969 ; Matusevich, 1976 ; Bondarko, 1981). Toutefois, selon Matusevich (1976), une trop importante affrication s'éloigne de la variété standard dénommée *norme littéraire* dans la tradition slave qui renvoie, entre autres, à un ensemble de règles phonétiques (orthoépiques) de la prononciation normative. Par exemple, les affrications importantes ont été notées dans les zones dialectales du Nord et parfois du Centre de la Russie (Kuznetsova, 1969).

Kochetov (2002) a étudié les différences entre consonnes labiales et coronales non palatalisées et palatalisées en initiale de syllabe devant la voyelle /a/ en fonction de leur

articulateur secondaire et, plus précisément, en fonction du mouvement du corps de la langue. Les résultats de son étude menée auprès de trois locuteurs russophones natifs montrent qu'en plus du geste primaire d'occlusion labiale, l'articulation des réalisations de /pʲ/ implique un geste secondaire qui est une élévation et un avancement de la langue dans la cavité buccale. Ce geste supplémentaire est synchronisé avec le geste primaire de manière à ce que le corps de la langue atteigne la position verticale maximale au début du relâchement labial, et la position d'avancement maximal est observée pendant la phase d'occlusion ou à l'ouverture des lèvres. Les productions de /p/ impliquent le geste primaire labial et le geste secondaire de rétraction du corps de la langue qui se produit au moment du relâchement labial. Le corps de la langue peut également être abaissé pendant les réalisations de /p/. Celles de la coronale palatalisée /tʲ/ se caractérisent principalement par une élévation du corps de la langue synchronisée plutôt avec le moment d'occlusion du geste primaire qu'avec son relâchement tandis que pour /t/, le corps de la langue implique une certaine élévation ou peut rester abaissé. Concernant le déplacement horizontal, l'auteur observe peu ou pas de différences entre /t/ et /tʲ/ ce qui est dû au fait que l'articulation des deux consonnes implique que le corps de la langue soit avancé. Cet avancement est la conséquence du geste primaire observé pour les réalisations de /t/, mouvement de la pointe de la langue vers les incisives supérieures (ou la crête alvéolaire) pour produire une occlusion. Le corps de la langue, couplé à la pointe, est ainsi entraîné vers l'avant avec celle-ci. L'avancement dans /tʲ/ est donc dû en partie au geste primaire et en partie au geste secondaire palatal. La différence maximale entre les 2 plosives coronales, non palatalisée et palatalisée, se trouve au début ou au relâchement de la constriction primaire.

Les profils linguaux obtenus par Skalozub (1963) pour l'affriquée palato-alvéolaire /tʃ/ durant la phase d'occlusion sont semblables à ceux de /tʲ/ chez tous les locuteurs (cf. Figure 10). Toutefois, comme le précise Skalozub, le lieu articulaire de /tʃ/ se situe dans la région alvéolaire (plutôt alvéo-prépalatal dans Bolla, 1981) alors que pour /tʲ/ le contact linguo-palatal est plus antérieur avec la surface de contact plus large que pour /tʃ/ très probablement parce que le corps de la langue est plus élevé pour la plosive. Skalozub n'a pas observé la phase de friction pour /tʃ/ mais a remarqué qu'un relâchement retardé d'une telle occlusion aboutira nécessairement à /ʃ/. Skalozub (1963) qualifie /tʃ/ de consonne palatalisée apicale avec un degré de palatalisation moindre par rapport à celui de /tʲ/ et note qu'il n'existe pas de différences notables entre les durées de l'affriquée et de la plosive palatalisée. D'après Matusevich (1976), d'une part, /tʲ/ et /tʃ/ ont un même lieu d'occlusion et, d'autre part, la configuration linguale lors de la phase fricative de /tʃ/ correspond à celle de la palatalisée /ʃʲ/ et non à celle de /ʃ/. En outre, Matusevich (1976) rapporte que /tʃ/ est une consonne labialisée de durée moins longue que la combinaison bi-phonémique /tʲ/ + /ʃʲ/.

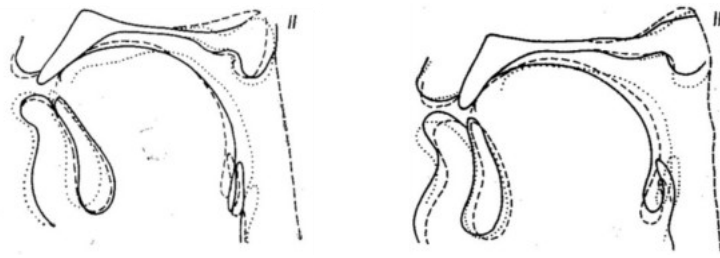


Figure 10 : Contours linguaux des consonnes coronales /t/ (en ligne discontinue), /tʃ/ (en ligne pleine) et /ʃ/ (en pointillés) en contexte _a pour deux locuteurs différents (Skalozub, 1963 : 98).

Le trill apical /r/ est réalisé battu (flap) lorsqu'il se palatalise. Skalozub (1963) note 3 ou 4 battements de l'apex pour la réalisation de /r/, alors que /rʲ/ palatalisé est réalisé avec un seul battement. L'élévation laminaire et la zone plus avant de la langue nécessaire à la palatalisation peuvent rendre plus difficile le maintien des conditions aérodynamiques pour le trill (Kavitskaja et al., 2009).

1.5.2.3. Vélares

Enfin, le lieu articuloire des vélares palatalisées /kʲ/, /gʲ/ et /xʲ/ est médiopalatal (Skalozub, 1963 ; Bondarko, 1977 ; Keating, 1993). Knyazev & Pozharitskaya (2012) précisent que les vélares palatalisées sont médio-palatales tout en restant post-dorsales ce qui ne soutient pas tout à fait l'observation de Recasens (1990) selon laquelle ce serait le médiodorsum qui s'engage pour former l'occlusion. Cette observation correspond cependant partiellement aux données de Skalozub (1963) qui précise que le prédorsum ainsi que la partie antérieure du médiodorsum sont impliquées dans l'articulation des palatalisées : la partie antérieure du médiodorsum dans celle de /j/ et /xʲ/ tandis que le médiodorsum et l'avant du postdorsum participent à l'articulation de /kʲ/ et /gʲ/. Cette subdivision du dos de la langue proposée par Skalozub pour former des types consonantiques différents rappelle le propos de Recasens (1990) concernant un contrôle fin et précis du geste lingual recruté dans la production des consonnes produites dans la région palatale.

1.5.2.4. Caractéristiques générales des palatalisées

Propriétés et complexité articuloires

En russe, selon Bondarko (1977), le contraste non palatalisé *vs* palatalisé est de nature articuloire différente en fonction du lieu articuloire du segment. La présence de l'articulation secondaire palatale dont le lieu d'articulation est proche de celui de l'articulation primaire peut modifier les lieu et/ou mode articuloires de la consonne considérée. Ce point peut être résumé de manière suivante (adapté à partir de Litvin, 2014) :

- /p/ vs /pʲ/ : Acquisition d'une articulation secondaire
- /t/ vs /tʲ/ : Affrication
- /r/ vs /rʲ/ : Changement de mode : trill > flap
- /l/ vs /lʲ/ : Changement de lieu : dental > alvéo-prépalatal
- /k/ vs /kʲ/ : Changement de lieu : vélaire > palatal

Bien que des études s'accordent sur les caractéristiques du mouvement impliqué dans la réalisation des palatalisées, celle de Kedrova et al. (2008) qui utilise la technique d'IRM, relève deux stratégies articulatoires différentes dans les productions de quatre participants, trois originaires de Moscou et un non moscovite. Une analyse de l'ensemble des données IRM de consonnes russes palatalisées comparées à leurs équivalentes non palatalisées dans les contextes vocaliques /a/_/a/, /a/_/e/ et /i/_/i/ suggère l'existence de deux contrôles moteurs linguaux différents en fonction des locuteurs. Une première stratégie articulatoire consiste en une élévation et un avancement du corps de la langue dans la cavité buccale. Une seconde stratégie montre que la partie linguale la plus active est la lame (de forme convexe) ainsi que les tissus environnants, tandis que la forme globale de la langue semble être « moins "monolithique" et apparemment moins compacte »¹² (t. p. n.) (Kedrova et al., 2008: 2350).

Les consonnes non palatalisées /t d n/ et leurs équivalents palatalisés /tʲ dʲ nʲ/ dans trois zones dialectales, du Nord, du Centre et du Sud de la Russie, ont fait l'objet d'une étude de palatographie statique menée par Kuznetsova (1969) auprès de locuteurs tous présentateurs radio et TV. Ainsi que mentionnée dans d'autres études, l'articulation des coronales /t d n/ peut être soit dorsale, soit apicale. Dans le premier cas, le prédorsum entre en contact avec les incisives supérieures et/ou les alvéoles tandis que la pointe s'appuie contre les incisives inférieures. Cette articulation est aussi propre aux fricatives /s/ et /z/. En revanche, pour l'articulation apicale, c'est la pointe qui s'appuie contre les incisives supérieures ou les alvéoles. Cette dernière réalisation, selon Kuznetsova (1969), serait propre à une série de parlers russes dans les zones du Nord et du Centre de Russie, alors que l'articulation dite dorsale renvoie à la production des occlusives coronales conforme à la variété standard du russe, originaire des dialectes du Centre et incluant les parlers de Moscou et des régions limitrophes. Les deux types sont illustrés Figure 11. Les palatogrammes de gauche et du milieu indiquent une articulation dorsale accompagnée d'un contact lingual dans la région alvéo-dentale. Les linguogrammes non présentés ici indiquent que la pointe de la langue (incoloré) reste passive dans ce type de réalisation. Sur l'image de droite le contact est décalé vers la région alvéolaire. Sur les linguogrammes la pointe (noircie) indique que l'articulation des occlusives est apicale chez le locuteur participant.

¹² « less "monolithic" and apparently less tight » (Kedrova et al., 2008: 2350).

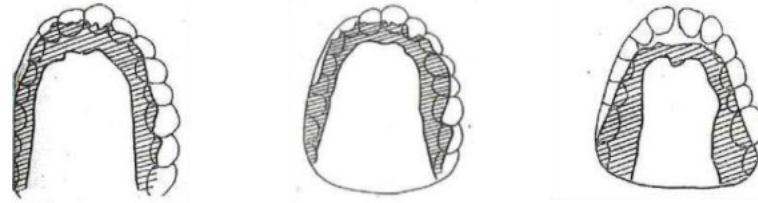


Figure 11 : Palatogrammes des coronales /n/ (à gauche) et /t/ (au milieu) réalisées avec le prédorsum en contexte *_a* par un locuteur de Moscou. À droite, la consonne /t/ réalisée apicale dans le même contexte par un locuteur de la région d'Ivanovo située à 250 km au Nord-Est de Moscou (Kuznetsova, 1969 : 49, 48).

Rappelons que Skalozub (1963) a observé le déplacement du lieu d'articulation vers la région pré-palatale lors de la production des palatalisées /tʲ dʲ nʲ/. Les résultats de Kuznetsova (1969) ne confirment pas ceux de Skalozub (1963). D'après Kuznetsova, le lieu d'articulation reste le même lors de la réalisation des non palatalisées et de leurs correspondantes palatalisées (cf. Figure 12). En revanche, la palatalisation d'un segment se manifeste par l'augmentation des contacts latéraux de la langue avec le palais comme illustré avec l'image de droite ci-dessous.

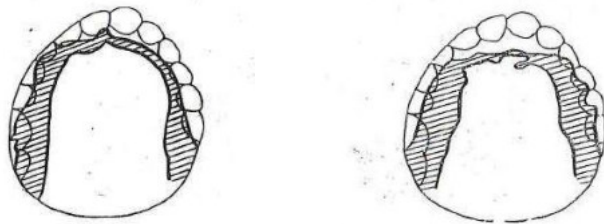


Figure 12 : Palatogrammes des coronales /d/ (à gauche) réalisée cacuminale et /dʲ/ (à droite) en contexte *_a* dans la production d'un locuteur de la région d'Arkhangelsk située à 1 200 km au Nord de Moscou (Kuznetsova, 1969 : 63, 64).

À partir des différences observées entre les réalisations des occlusives coronales, Kuznetsova (1969) suggère de diviser les différents parlers en deux groupes : ceux qui présentent une articulation primaire dorsale et ceux pour lesquels les deux types, apical (voire cacuminale) et dorsal, coexistent. Elle remarque par ailleurs que le type apical se trouve supplanté par l'articulation dorsale ce qui serait dû soit à l'influence des systèmes dialectaux voisins, soit aux facteurs phonétiques comme l'instabilité physiologique de l'articulation de base apicale ou cacuminale. Ainsi, par exemple, dans la région d'Arkhangelsk (au Nord de Moscou), les enfants dans le cadre scolaire ont été capables de passer d'un « système apical » vers « dorsal », plus proche de la variété standard.

Kuznetsova (1969) fait l'hypothèse que l'articulation principale dorsale des coronales non palatalisées faciliterait la palatalisation. En revanche, leur articulation primaire apicale la rendrait plus coûteuse (complexe) à réaliser. Ce phénomène serait dû à l'incompatibilité physiologique des deux gestes : position de la pointe dirigée contre la crête alvéolaire d'une part et resserrement entre le médiodorsum et le palais lors de la production d'un segment palatalisé d'autre part. À l'inverse de la réalisation apicale, pendant l'articulation dorsale, la pointe est abaissée et dirigée vers les incisives inférieures et elle n'entrave donc pas le mouvement médiodorsal. On retrouve cette idée dans le propos de Keating (1993) qui

suggère que la palatalisation porte la masse linguale vers l'avant ce qui a comme conséquence un abaissement de la pointe ; à moins qu'un effort soit fait pour stabiliser la position de celle-ci, la palatalisation peut alors être produite plus facilement grâce à une constriction continue formée par deux régions linguales indépendantes adjacentes (en l'occurrence la pointe et l'avant-dorsum) : « [...] la palatalisation va faire avancer la langue et peut-être forcer l'abaissement de la pointe, à moins qu'un effort soit fait pour stabiliser la position de celle-ci. [...] deux strictions indépendantes formées au niveau des zones adjacentes du palais pourraient être plus facilement produites grâce à une constriction étendue de la langue sur le palais. »¹³ (t. p. n.) (Keating, 1993: 14). Selon, Kuznetsova, le degré de palatalisation des occlusives testées est inférieur lorsqu'elles sont réalisées apicales (cf. Figure 12). Acoustiquement, elles peuvent être perçues comme semi-palatalisées, voire comme non palatalisées en fin de mot. L'élargissement presque imperceptible des contacts linguaux sur l'image de droite peut être interprétée comme un léger degré de palatalisation de la consonne.

Dans les dialectes étudiés par Kuznetsova, le contraste non palatalisé *ʌ* palatalisé peut être réalisé comme non palatalisé *ʌ* palatal lorsque le médio- voire le postdorsum se rapproche du palais pour réaliser la cible consonantique (elle remarque qu'il s'agit de réalisations très proches de celles observées en tchèque ou en hongrois et qui se rencontrent dans les parlers des trois zones dialectales). Koneczna (1953) cité par Kuznetsova (1969), relève que cette réalisation, si elle n'est pas maintenue par des normes ortho-épiques en vigueur, n'est pas forcément favorisée dans les langues. D'après Koneczna (1953), pour produire une palatale, la masse linguale s'élève et se plie presque à angle droit dans sa partie médiane ce qui exige une énergie articulatoire et un travail musculaire importants. Straka (1965) aborde également la question de la force articulatoire dans la production des palatales et propose que le degré d'élévation de la langue, la zone de contact linguo-palatale et l'angle des maxillaires sont des facteurs de détermination de la force articulatoire. Plus une consonne est produite avec force, plus la langue est propulsée vers la région palatale et plus l'angle des maxillaires diminue. Hala (1960) estime qu'en russe, le contraste non palatalisé *ʌ* palatal est présent au même titre que non palatalisé *ʌ* palatalisé dans la mesure où le contraste non palatalisé *ʌ* palatalisé se réalise en effet souvent comme non palatalisé *ʌ* palatal. La Figure 13 montre la trace palatographique apicale de l'occlusive /n/ et celle médiadorsale (palatale) de son équivalente palatalisée /nʲ/ chez un même locuteur. Par ailleurs, les réalisations palatales des consonnes palatalisées phonologiques ont été trouvées dans les productions des locuteurs originaires des régions de Nizhny Novgorod (400 km à l'Est de Moscou), celles d'Arkhangelsk et Kostroma (300 km à Nord-Est de Moscou) et Ivanovo. L'opposition qui existe dans les parlers du Nord et parfois du Centre de la Russie entre la réalisation apicale des occlusives non palatalisées et la réalisation médiadorso-

¹³ « [...] palatalization will roll the tongue forward and perhaps force down the tongue tip unless some effort is made to stabilize its position. [...] two independent articulations aimed at adjacent stretches of the palatal surface might be more easily produced by a continuous stretch of the tongue. » (Keating, 1993: 14).

palatale de leurs contreparties palatalisées permet de maximiser les différences phonétiques d'une opposition phonologique. Cette tendance est moins nette lorsque les différences phonétiques entre les membres d'une opposition sont marginales (cf. Figure 12).



Figure 13 : Palatogrammes des consonnes occlusives /n/ réalisée cacuminale (à gauche) et /ni/ réalisée médio-dorso-palatale (à droite) en contexte *_a*, produites par un même locuteur, originaire du Kazakhstan (Kuznetsova, 1969 : 63).

On retient de l'étude de Kuznetsova (1969) (1) qu'il existe au moins deux stratégies de réalisation des occlusives coronales dont l'articulation primaire peut être selon les locuteurs et les parlars, dorsale ou apicale, la première favorisant la palatalisation et (2) que le contraste non palatalisé *n* vs palatalisé *ɲ* est trouvé de la même manière que non palatalisé *n* vs palatalisé *ɲ*, sachant que les réalisations palatalisée et palatale se rencontrent chez un même locuteur.

Éléments de marquage articulatoires et perceptifs

Certaines études indiquent que les articulations palatales et palatalisées peuvent se distinguer par leur complexité : les palatalisées par une superposition de gestes articulatoires et les consonnes palatales par l'effort qu'elles impliquent dans leur production à cause de la profondeur de la voute palatine avec laquelle le dos de la langue doit entrer en contact (Koneczna, 1953 ; Straka, 1965 ; Kuznetsova, 1969 ; Keating, 1988 ; Recasens, 1997 etc.). Leur faible fréquence dans les langues du monde, et parfois leur rareté, pour certaines (cf. section 1.4) est également un élément en faveur de leur complexité articulatoire. La notion de complexité articulatoire est également associée à la théorie de la marque : /t/ non palatalisé est non marqué tandis que /tʲ/ palatalisé est marqué (Trubetzkoy, 1939). D'après Reformatsky (1970), les consonnes palatalisées ne sont pas marquées par rapport aux non palatalisées car ces dernières sont en fait vélarisées, et ne possèdent donc pas un trait spécifique. Ce propos laisse penser que tout le système peut être considéré comme marqué du fait de la présence de l'articulation secondaire palatale et vélaire sur les deux séries consonantiques qui s'opposent en russe. Bondarko (1981) rejoint Trubetzkoy (1939) en estimant les palatalisées comme segments marqués puisque si on demande aux locuteurs natifs de réciter spontanément les consonnes de leur langue, ils énumèrent d'abord les non palatalisées et c'est lorsque l'expérimentateur leur pose une question s'il existe d'autres consonnes qu'ils citent les palatalisées. Bondarko émet l'hypothèse que les consonnes non palatalisées dans l'inconscient collectif sont à la surface, tandis que les palatalisées sont à un niveau plus profond. Cela rejoint la pensée de Givón (1991), selon lequel la complexité serait « cognitivement marquée » et donc les palatalisées le seraient car articulatoirement plus complexes. Cependant, d'après Kavitskaya (2006), les consonnes palatalisées ne sont

pas moins performantes dans les tâches d'identification. Sans donner plus de détails, Bondarko (1981) nuance ce résultat en soulignant que, dans des conditions bruitées, les consonnes sont toutes perçues comme non palatalisées ce qui reflète l'existence d'une relation hiérarchique entre les membres d'une opposition palatalisé/non palatalisé : le manque d'informations phonétiques sur une caractéristique est compensé par une probabilité plus élevée de l'autre dans la langue, ce qui voudrait dire que les auditeurs s'attendent plus à une consonne non palatalisée qu'à son équivalente palatalisée en raison de la fréquence d'occurrence plus élevée des non palatalisées dans la langue. La perception des palatalisées serait donc confuse et la marque pourrait en être une des explications, quoique toutes les études ne soient pas du même avis. L'opposition marqué *vs* non marqué contient aussi des éléments de la production référant à plus difficile *vs* plus facile à articuler. Chitoran & Cohn (2009) citent Buffon (1753) et le « principe du moindre effort » selon lequel l'acquisition irait dans le sens du non marqué (et donc facile) vers le marqué (et donc difficile et plus rare). Cependant, Jakobson (1971), cité toujours par Chitoran & Cohn (2009), remarque que durant le babillage les enfants produisent les sons les plus variés. La théorie *Frame, then Content* (MacNeilage, 1998 ; 2008) a repris l'idée de l'acquisition en partant du plus simple. Comme les palatalisées et les palatales semblent plus difficiles et sont plus rares, elles seraient pour ces raisons acquises tardivement comme le montre, par exemple, l'étude de Locke (1983) réalisée à partir des productions de 29 enfants âgés de 6 à 12 mois et de 15 langues différentes qui lui a permis de proposer un ordre d'acquisition des consonnes. Concernant le lieu articuloire, les enfants commencent par produire les labiales et les coronales et finissent avec les vélares et palatales. Si les palatales sont acquises après les autres consonnes et si on prend en considération le principe du moindre effort, alors les consonnes avec articulation palatale sont marquées parce que plus difficiles et plus rares. Leur acquisition tardive et leur faible fréquence dans les langues rendent la complexité articuloire des consonnes palatales assez envisageable. On peut supposer, en effet, que la structure des palatalisées serait élaborée de par la superposition de gestes. La complexité associée à la notion d'effort articuloire serait ainsi « structurellement marquée » (Givón, 1991).

Contrôle moteur

Des travaux montrent que la langue peut se déformer de manière très variée et très complexe afin de former une constriction en un endroit du conduit vocal, avec différentes parties se déplaçant ensemble ou successivement (ex. Stone & Lundberg, 1996 ; Stone et al., 2004). Des études se sont interrogées sur la nature ainsi que sur le nombre de composantes indépendantes pour pouvoir représenter l'ensemble des configurations et positions que peut prendre la langue. Ainsi, les travaux sur la coarticulation (Öhman, 1966, 1967) ont suggéré que celle-ci devrait être divisée en deux parties exécutant des mouvements indépendants, le corps lingual et la pointe. Des modèles géométriques (ex. Mermelstein, 1973) ont aussi retenu cette division. D'autres modèles, basés sur l'analyse factorielle (ex. Harshman, Ladefoged & Goldstein, 1977), ont proposé de deux à trois

facteurs pour rendre compte de la forme de la langue. Des études ont mis toutefois en évidence une possibilité d'un contrôle moteur local tout le long de la surface linguale par opposition au contrôle global du corps de la langue en tant qu'unité. Des études sur la structure musculaire (ex. Miyawaki, 1974 ; Takemoto, 2001 ; Sokoloff, 2003) ont montré que certains muscles linguaux se composent de séries de fibres (horizontales ou verticales) qui contiennent chacune des neurones moteurs qui seraient des potentielles unités de contrôle et qui commanderaient ainsi la contraction d'un muscle ou d'un de ses segments. Ainsi, Stone et al. (2004), à partir d'une série d'expériences, discutent de la division de la langue en 5 segments fonctionnels (« *functional segments* ») à partir des différentes régions linguales qui seraient contrôlés indépendamment ou assemblés en unités plus grandes pour former des structures coordinatives déterminées par des contraintes soit physiologiques soit phonétiques. Les auteurs rapportent qu'une expérience a utilisé la technique d'imagerie ultrasonore pour déterminer dans quelle mesure les différentes parties de la langue sont contrôlées de manière indépendante en examinant la corrélation des mouvements linguaux au niveau des 5 segments. Une corrélation élevée supposerait une dépendance intersegmentale tandis qu'une faible corrélation indiquerait une indépendance locale. Un grand nombre de segments indépendants impliquerait donc un contrôle moteur plus complexe de l'articulateur lingual, à savoir un contrôle indépendant de la pointe, lame etc. Pour tester l'indépendance entre segments linguaux, des énoncés du test *Fisher Logemann*, conçu pour mesurer la clarté de l'articulation, ont été utilisés en tant que stimuli. Chaque énoncé, comportant un type de son spécifique, a été produit par un locuteur. Les principaux résultats de cette étude soutiennent une division globale de la langue en deux régions, antérieure et postérieure, au niveau desquelles les segments adjacents sont en corrélation positive et les segments éloignés sont en corrélation négative, avec une frontière autour du segment qui correspond au milieu du dorsum. Cependant, des corrélations révèlent que, pour certains mouvements, des segments peuvent être couplés entre eux et que les corrélations et les couplages dépendent du phonème produit.

Une autre expérience rapportée par Stone et al. (2004) a utilisé le ciné-IRM pour étudier les patrons de contraction/décontraction au niveau des segments linguaux dans différentes séquences CV, segments qui seraient en cohérence avec l'activité musculaire sous-jacente. Les auteurs ont ainsi examiné la contraction des muscles génioglosse (GG), transverse (T) et vertical (V) dans /ʃa/, /ka/ et /ku/ produits par 2 locuteurs. Selon les résultats, pour les deux muscles antagonistes GG et T, les trois segments antérieurs agissent en opposition aux deux postérieurs. L'activation multiple est bien présente pour GG, mais inexploree pour T. Les données suggèrent toutefois que le transverse possède au moins deux segments fonctionnels (antérieur et postérieur). En revanche, le muscle vertical n'agit pas en accord avec GG et T et se comporte comme une seule unité fonctionnelle (bien que des différences aient été trouvées selon les participants). Les données IRM soutiennent les corrélations de l'étude précédente, divisant la langue en deux grandes régions avec la

frontière au niveau du dos de la langue. Les trois muscles semblent avoir des segments fonctionnels fortement affectés par les contraintes phonémiques.

L'idée qu'un muscle possède plusieurs segments qui peuvent être contrôlés indépendamment et qui renvoie à un contrôle local le long de la surface de la langue rejoint les propositions de Recasens (1990) concernant (1) le contrôle fin et précis des différentes zones linguales, et notamment celui du dos de la langue, lors de la production de consonnes de lieu d'articulation palatal, et (2) la proposition sur la disponibilité de quatre zones linguales précises différentes qui peuvent participer à l'élévation du dorsum et être recrutées dans la réalisation d'une constriction dans une zone particulière du palais dur.

Paramètres acoustiques

D'autres paramètres entrent dans la caractérisation des segments palatalisés *vs* non palatalisés. Bolla (1981) relève entre les deux types consonantiques que : (1) les segments palatalisés sont intrinsèquement plus longs que les non palatalisés, par exemple, les durées mesurées des plosives /p^j/, /t^j/, /k^j/ sont en moyenne égales à 170, 190 et 184 ms respectivement et 116, 134 et 169 ms pour les non palatalisées /p/, /t/ et /k/ ; (2) les durées des palatalisées voisées sont inférieures à celles des palatalisées non voisées, les valeurs citées ci-dessus pour /p^j/, /t^j/, /k^j/ sont supérieures à celles des trois équivalentes sonores, 140, 120 et 160 ms ; (3) le bruit de plosion des plosives palatalisées s'accompagne d'un bruit de friction audible ce qui allonge la durée de celles-ci ; (4) la palatalisation augmente le timbre de la consonne la rendant plus aigüe : « *all soft consonants have F₂ positions higher than 1700 cps and all hard consonants have F₂ positions lower than 1400 cps* » Halle ([1959] 1971 : 152). Bondarko (1977) liste les caractéristiques acoustiques suivantes pour les palatalisées : les plosives sont plus ou moins affriquées à cause du resserrement entre la langue et le palais dur ce qui crée une nouvelle source de turbulences ; lors de la production des vélaires palatalisées, ces turbulences naissent dans la région palatale et sont à l'origine des modifications notables de leurs caractéristiques acoustiques. Knyazev & Pozharitskaya (2012), Kuznetsova (1965), Bolla (1981) ajoutent que les valeurs de F₂ de la voyelle qui suit une consonne palatalisée se concentrent autour de 2 200-2 500 Hz (cf. Figure 14).

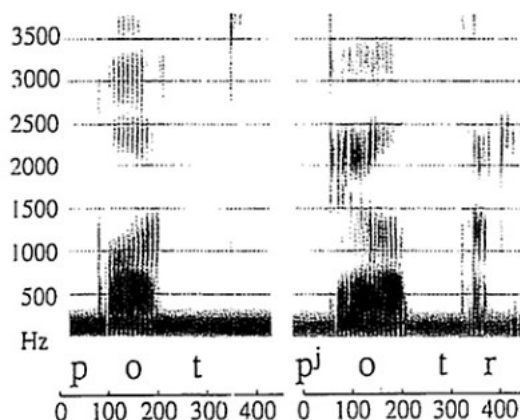


Figure 14 : Spectrogrammes des mots russes /pot/ et /piotr/ avec respectivement /p/ non palatalisé et sa contrepartie palatalisée (Ladefoged & Maddieson, 1996: 364). Sur la figure /p^j/ palatalisé dans /piotr/ se différencie par un relâchement intense entre 2000 et 2500 Hz.

Les sources citées ici montrent qu'il existe des différences acoustiques (durée, fréquence et intensité) entre segments non palatalisés et palatalisés. Ces caractéristiques constituent des indices pertinents pour l'identification de ces consonnes. Kavitskaya (2006) a étudié les scores d'identification des consonnes palatalisées *vs* leurs contreparties non palatalisées en fonction des lieux et modes articulatoires. Chaque stimulus auditif comportant une consonne labiale ou coronale a été tronqué de façon à préserver le burst de la consonne et une partie du segment vocalique qui suit. Les contextes vocaliques étaient /a/, /e/ et /u/. Les locuteurs russophones natifs devaient sélectionner le stimulus qu'ils supposaient avoir entendu. L'analyse des matrices de confusion a montré que, globalement, les segments palatalisés ont été plus confondus avec les non palatalisés tandis que l'inverse n'a pas été observé. Cette différence n'est cependant pas significative. Les segments palatalisés non voisés ont été moins confondus avec les non palatalisés non voisés. Ce résultat peut être expliqué par le fait que la durée des palatalisées non voisées est supérieure à celle de leur équivalents non palatalisés car les premières se caractérisent par un relâchement prolongé et un bruit de friction qui amène à une meilleure identification de ces stimuli (Kavitskaya, 2006 ; Ohala, 1989 ; Matusevich, 1976 ; Bondarko, 1977). Les consonnes labiales palatalisées ont été confondues avec leurs équivalents non palatalisés et l'inverse a été observé pour les coronales : les plosives coronales palatalisées sont bien différenciées des non palatalisées (voir également à ce propos Kochetov, 2002). L'analyse acoustique de Kavitskaya montre que le burst est moins intense chez les labiales palatalisées que chez les coronales. Les résultats de cette étude perceptive montrent que les palatalisées ne sont pas moins performantes d'un point de vue auditif et contredisent l'hypothèse de départ concernant l'identification plus performante des traits de base (lieu articulatoire principal, voisement etc.) que des traits secondaires (vélarisation, palatalisation, labialisation etc.) qui seraient moins saillants selon l'hypothèse de Kavitskaya (2006).

Le rôle des transitions formantiques dans la perception des consonnes palatalisées *vs* non palatalisées a été examiné par Derkach (1970) dont l'étude a porté sur les consonnes fricatives /s f x/ et /sʲ fʲ xʲ/ du russe dans les contextes intervocaliques /a/_/a/ et /a/_/u/. Les résultats montrent que les transitions de F₁ et F₂ dans des syllabes CV constituent un indice important pour l'identification du contraste palatalisé *vs* non palatalisé puisque 80 % des syllabes avec consonnes palatalisées, et dont le début de la voyelle a été retiré, sont perçues comme non palatalisées. Le deuxième formant porte l'information essentielle de la palatalisation. Toutefois, selon Derkach, enlever les transitions de la voyelle qui suit ne supprime pas toute l'information sur la palatalisation de la consonne car dans les séquences /aʃu/, /ahʲu/ et /ahʲa/, les traces acoustiques de F₂ sont suffisamment intenses dans la consonne elle-même et fournissent ainsi une quantité d'information sur la palatalisation de la consonne en plus de celles contenues dans les transitions formantiques de la voyelle suivante (ibid.). Kochetov (2002) rapporte que les indices acoustiques des transitions CV, VC et du burst testés dans Bondarko (1981), révèlent que les participants réussissent à bien identifier les plosives non palatalisées *vs* palatalisées en attaque syllabique en se basant sur

les transitions CV alors que l'identification des plosives finales à partir des transitions VC était beaucoup plus sujette à l'erreur. Ce résultat suggère que le burst constitue un indice important pour l'identification des plosives palatalisées en position finale de syllabe (ibid.). De manière générale, cette étude ne permet pas d'indiquer que les consonnes palatalisées sont moins prégnantes perceptivement.

Les aspects phonétiques complexes des consonnes réalisées avec une articulation linguopalatale et de leur combinaison rendent l'élicitation de leurs propriétés phonologiques difficile. Ce point fait l'objet de la section suivante.

1.6. REPRESENTATION DES CONSONNES [+PALATAL] : DES THEORIES AUX FORMALISMES

Les consonnes décrites avec le trait de lieu *palatal*, correspondant à ce qui est traditionnellement appelé *moillure* chez les slavistes, ont souvent fait l'objet de discussion et de débat en phonologie en ce qui concerne non seulement la représentation de leur structure interne (subsegmentale) mais également la formalisation des processus de palatalisation eux-mêmes et ce quelle que soit l'approche en phonologie formelle ou de laboratoire (Chomsky & Halle, 1968, Sagey, 1986, Clements, 1985, 1989, Clements & Hume, 1995, Keating, 1988, 1991, 1993, Lahiri & Evers, 1991, Recasens, 1990, Recasens et al., 1995, Kaminskaia, 2002, Kochetov, 2011) etc. Entre autres, le débat est nourri du fait que la terminologie en question ne reflète pas toute la complexité d'une articulation palatale (ou molle) car, comme nous l'avons vu section 1.5, la nature physique du trait *palatal* correspond à plusieurs réalités articulatoires différentes. Ainsi, toute la diversité des réalisations consonantiques qui y sont associées n'est donc pas prise en compte.

Au niveau de leur structure interne, les consonnes palatales, considérées d'abord comme des articulations dorsales, ont été redéfinies par la suite en tant que coronales [-antérieur] en raison de la position élevée du dorsum qui entraîne une élévation de la partie antérieure de la langue. Les données articulatoires ne soutiennent pas l'idée selon laquelle les palatales sont des productions complexes du fait qu'elles impliquent l'activation distincte de la partie antérieure et du corps de la langue, et qu'elles ne sont pas différentes des palatalisées (cf. section 1.5). À ces deux types, palatal et palatalisé, s'ajoutent des consonnes palato-alvéolaires et alvéopalatales réalisées également dans la région du palais dur et décrites la plupart du temps comme articulations simples combinant les traits [+coronal], [-antérieur] et [+distribué] (ex. Sagey, 1986 ; Lahiri & Evers, 1991).

Ainsi, le trait *palatal* peut regrouper différentes configurations articulatoires et questionne la prise en compte de cette diversité, parfois au sein d'un même système, dans les représentations phonologiques. Pour établir une seule classe naturelle les théories phonologiques considèrent la palatalisation comme le résultat d'un processus d'assimilation que les études tentent de décrire en regroupant les palatales, les palato-alvéolaires ou les

palatalisées, principaux aboutissants des processus de palatalisation, et les voyelles hautes et/ou antérieures et glides, principaux déclencheurs de ces processus dans l'objectif de parvenir à les définir à partir d'un ensemble de traits communs.

Cette section est l'essai d'un aperçu (sans doute non exhaustif) des propositions théoriques de description de ces consonnes et des différentes formes de palatalisation en fonction des modèles de la phonologie.

1.6.1. De la difficulté à représenter la palatalisation en synchronie : le binarisme

Dans les approches binaires, le cadre *SPE* (*The Sound Pattern of English* de Chomsky & Halle, 1968) propose un ensemble universel de 22 traits articulatoires binaires, unités minimales caractérisant les éléments contrastifs et à la base du fonctionnement de tout système linguistique. Comme dans *PSA* (*Preliminaries to Speech Analysis* de Jakobson, Fant & Halle, 1952), le phonème est un faisceau de traits distinctifs spécifiés (+) ou (-) selon que le phonème possède ou ne possède pas cette caractéristique. Pour la composition en traits des principales classes de sons de la parole, c'est à dire consonnes, voyelles, glides et liquides, Chomsky & Halle (1968 : 307) retiennent les traits de cavité [+/-antérieur], [+/-coronal] pour définir le point d'articulation, et [+/-haut], [+/-bas], [+/-arrière] qui sont associés à la forme de la langue par rapport à sa position neutre pour produire ces sons. La différence entre voyelles et consonnes est portée par la valeur négative des traits [coronal] et [antérieur] dans le cas des premières. En ce qui concerne les consonnes, une combinaison des trois traits associés à la position de la langue permet de décrire les articulations ou constrictions primaires [-antérieur] et [-coronal] lorsque celles-ci sont formées par le dos (dorsum) ou la racine de la langue (consonnes palatales, vélaires, uvulaires, pharyngales), mais également les articulations secondaires telles que palatalisation, vélarisation, pharyngalisation superposées à des articulations principales telles que [+antérieur] et [+coronal] (ex. consonnes dentales ou alvéolaires palatalisées ou vélarisées), [+antérieur] et [-coronal] (ex. consonnes labiales palatalisées ou vélarisées) etc. Ainsi, parmi les articulations secondaires, la palatalisation est caractérisée par les traits vocaliques [+haut, -arrière], la vélarisation par [+haut, +arrière] et, enfin, la pharyngalisation par [-haut, +arrière]. Lorsque consonnes et voyelles partagent les mêmes traits liés à la posture du corps lingual, il est assez aisé, d'après les auteurs, de motiver le fait qu'une articulation secondaire palatale apparait devant voyelle antérieure et qu'une articulation secondaire vélaire apparait devant voyelle postérieure, permettant ainsi d'envisager les processus de palatalisation et de vélarisation comme des cas d'assimilation régressive (Chomsky & Halle, 1968 : 308). Plus précisément, les consonnes palatalisées, palatales et palato-alvéolaires, aboutissants des processus de palatalisation, ainsi que les voyelles hautes antérieures, principaux déclencheurs de la palatalisation (cf. section 1.1 : Kochetov, 2011 ; Bateman, 2011) partagent les mêmes valeurs de traits [+haut] et [-arrière] dans le cadre *SPE* (cf. Table 4).

	antérieur	coronal	haut	arrière
Palato-alvéolaires	-	+	+	-
Labiales palatalisées	+	-	+	-
Dentales palatalisées	+	+	+	-
Palatales	-	-	+	-
Vélaires	-	-	+	+
Vélaires palatalisées	-	-	+	-

Table 4: Composition des différents types consonantiques en traits distinctifs selon Chomsky & Halle (1968). Nous y avons rajouté les consonnes vélaires palatalisées qui seraient décrites comme [-antérieur, -coronal, +haut, -arrière].

Chomsky & Halle (1968) considèrent les consonnes palatales comme celles dont l'articulateur actif est le corps de la langue et les décrivent alors comme [-coronal, -antérieur, +haut], et ne se différenciant des consonnes vélaires que par le trait [+/-arrière]. Les palatales possèdent également la même composition de traits binaires que les vélaires palatalisées et sont donc [-coronal, -antérieur, +haut, -arrière], ce que conteste Keating (1988) avec l'argument que les articulations palatales sont phonétiquement différentes des vélaires palatalisées notamment au niveau de la taille du contact linguopalatal qui, pour les premières, est plus étendu que pour les autres lieux d'articulation. Les constriction palatales sont formées avec la partie postérieure de la lame et le prédorsum et sont deux fois plus longues que les constriction vélaires (Keating, 1988 : 81, 87 ; cf. pour rappel section 1.5). En s'appuyant sur la proposition de Halle & Stevens (1979), elle suggère d'attribuer la description en traits des consonnes palatales aux vélaires palatalisées (Keating, 1988 : 83, 1991 : 38). Un peu plus tard, elle suggèrera que les consonnes palatales devraient être regroupées dans une même classe phonologique avec les dentales, alvéolaires et palato-alvéolaires et définies comme [+coronal], -antérieur (Keating, 1991). Le corrélat articuloire du trait [coronal] correspond alors à une élévation de la partie antérieure de la langue incluant la pointe et la lame jusqu'au dorsum, de manière à entrer en contact avec la région palatale. Concernant cette proposition, Keating (1991: 37) considère que raisonner en termes de changement de classe phonologique est inapproprié dans le sens que « [...] l'articulation des palatales implique de toute façon une élévation laminaire en plus de celle de la partie antérieure de la langue. »¹⁴ (t. p. n.). Une des suggestions faite par Keating consiste d'ailleurs à traiter les palatales comme des segments de type coronal simple [-antérieur]. Remarquons toutefois que dans le modèle *SPE* la représentation [+coronal, -antérieur, +haut, -arrière]

¹⁴ « [...] ... palatals generally do involve the blade proper, in addition to the front of the tongue. » (Keating, 1991: 37).

ne permettrait pas de faire la distinction entre segments palato-alvéolaires et palataux. Pour pallier cette difficulté, Keating (1991) propose d'intégrer dans la représentation le trait [contact avec les incisives inférieures] (*[lower incisors contact]*) avec la valeur positive du trait pour les palatales et négative pour les palato-alvéolaires en remarquant toutefois que « [...] *des arguments d'ordre phonologique sont nécessaires pour soutenir les classes naturelles fondées sur de telles caractéristiques.* »¹⁵ (t. p. n.) (Keating, 1991 : 45). Ainsi, alors que la structure interne des palatalisées décrites [+haut, -arrière] semble claire, celle des palatales soulève des questions notamment à cause de l'articulateur actif impliqué dans leur production.

La palatalisation des labiales et des dentales d'une part, et celle des vélares d'autre part, est considérée par *SPE* comme deux processus distincts. Dans le premier cas (celui des consonnes décrites [+/-coronal, +antérieur, -arrière, -haut]), le trait [-haut] acquiert la valeur positive lors de la palatalisation tandis que pour les vélares qui sont [+haut, +arrière], il s'agit d'un processus d'antériorisation et donc d'un changement du trait [+arrière] à [-arrière]. Cela implique, comme déjà observé par Kochetov (2011), que la palatalisation des premières s'effectue devant les voyelles hautes, indépendamment de leur antériorité, et celles des vélares devant les voyelles antérieures, indépendamment de la hauteur de ces dernières (on peut reciter ici l'apparition des affriquées [ʃ dʒ], devenues fricatives [ʃ ʒ] dans l'espace gallo-roman, qui ont résulté de l'évolution de [k] + [a] et de [g] + [a]). L'étude de Bhat (1978) présente de nombreux exemples attestés dans les langues du monde en faveur de la séparation des deux processus, l'antériorisation des vélares (*fronting*) et l'élévation des dentales et des labiales (*raising*) en se basant notamment sur les différences qui existent dans l'environnement qui induit la palatalisation des segments consonantiques en question. Comme argument, il signale que, par exemple, dans les langues zoques du Mexique, les consonnes alvéolaires se transforment en alvéopalatales devant /j/ tandis que les vélares ne sont pas affectées par ce changement. Bhat relève aussi que seules les consonnes /t/, /s/, /l/ et /n/ en ciluba, langue bantoue, et /n/, /l/ et /r/ en cashmirien se palatalisent devant /j/ et non les vélares. En revanche, en ouzbek, la vélaire initiale /k/ s'est palatalisée devant la voyelle mi-antérieure accentuée /e/ et non devant la voyelle haute /i/. La palatalisation des vélares, comme le remarque Bhat (1978), reste possible devant le glide palatal dans les cas où celui-ci se trouve accompagné (suivi ou précédé) d'une voyelle mi-antérieure, antérieure ou haute antérieure. Remarquons toutefois qu'en slave commun, comme nous l'avons indiqué section 1.3, toutes les consonnes, y compris les vélares, se sont palatalisées devant le glide palatal. De plus, il existe des langues et des dialectes (ex. japonais, grec moderne) avec une palatalisation facultative des dentales devant les voyelles antérieures et/ou hautes antérieures (Bhat, 1978). Ainsi, représenter la palatalisation des vélares à l'aide d'une règle qui formalise un passage de [+arrière] vers [-arrière] et celle des

¹⁵ « [...] phonological evidence is needed to support the natural classes entailed by such proposals about features. » (Keating, 1991 : 45).

labiales et dentales comme un changement de [-haut] vers [+haut] peut parfois être trop restrictif à l'égard des exemples cités ci-dessus.

Une autre difficulté de *SPE* vient d'une règle qui permet de décrire le processus de palatalisation complète évoquée section 1.1, avec changements de lieu et de mode de la consonne qui subit l'assimilation. Reprenons à la suite de Kochetov (2011) le cas des palatalisations slaves et notamment de la première palatalisation des vélares devant les voyelles (hautes) antérieures ou devant le glide palatal (section 1.3). Ce changement est décrit par la règle suivante (Chomsky & Halle, 1968 : 422) : [-antérieur] > [-arrière, +coronal, +relâchement retardé, +strident] /_ [-consonantique, -arrière]. Notons que la règle retranscrite n'explique pas le changement de l'élément occlusif et donc [-strident] en l'élément affriqué (ou fricatif) [+strident, +relâchement retardé], ni le passage d'une articulation vélaire [-coronal] vers une articulation palato-alvéolaire [+coronal]. Dans le modèle *SPE*, le changement débute via une simple règle d'assimilation [-antérieur] > [-arrière] /_ [-consonantique, -arrière] qui formalise le passage des vélares vers une articulation plus antérieure devant un segment vocalique. Pour que les changements suivants puissent avoir lieu, Chomsky & Halle ont recours à la notion de la *marque* abordée aussi par Jakobson (1969). La *marque* est ici associée à la fréquence d'occurrence d'un segment dans les langues et à la vitesse de son acquisition par l'enfant : moins le segment présente une combinaison de traits complexe, plus il est fréquent et donc non marqué et acquis plus tôt par l'enfant et, à l'inverse, s'il est rare, il est plus complexe, considéré comme marqué et appris plus tardivement. Ainsi dans *SPE*, les traits binaires qui composent les segments sont qualifiés de la valeur *u* pour désigner *unmarked* (ou *nm* pour *non marqué*). D'après les auteurs, la consonne palato-alvéolaire /tʃ/ est moins marquée qu'une plosive palatale /c/ ou qu'une plosive palato-alvéolaire /t/ (Chomsky & Halle, 1968 : 412). Dans un système à quatre lieux articulatoires, il est fort probable que le 4^{ème} lieu (après labial, dental et vélaire) sera occupé par un phonème affriqué palato-alvéolaire /tʃ/ plutôt que /c/ ou /t/ car plus marqués. Il est donc plus probable, pour une plosive vélaire antériorisée, de devenir stridente et palato-alvéolaire avec un relâchement retardé (Chomsky & Halle, 1968 : 423). Ainsi, le passage de /k/ vers /tʃ/ s'effectue, selon les auteurs, en appliquant ce qu'ils appellent les conventions de marquage « *marking conventions* » dans une série de règles successives : [*u* coronal] > [+coronal] /_ [-arrière, -antérieur] ; [*u* relâchement retardé] > [+relâchement retardé] /_ [-antérieur, +coronal] et, enfin, [*u* strident] > [+strident] /_ [+relâchement retardé, +coronal]. Cependant, cette proposition présente des limites. Ainsi, d'après Kochetov (2011: 12-13) : « [...] il n'est pas toujours évident à quel moment les conventions de marquage doivent être invoquées, et on s'interroge quant à la pertinence de certaines conventions pour des cas particuliers de palatalisation. [...] s'il est vrai que les affriquées post-alvéolaires sont moins marquées [...] que les occlusives palatales ou post-alvéolaires, il en va de même [...] pour le statut non marqué des

occlusives alvéolaires ou labiales [...] - segments qui ne sont jamais issus des processus de palatalisation. »¹⁶ (t. p. n.). En outre, *SPE* considère les processus de palatalisation complète comme consistant en deux étapes consécutives : l'antériorisation ou la palatalisation secondaire des vélaires suivie d'une simplification. Bien que ces étapes puissent correctement récapituler l'évolution de certains changements phonétiques, elles ne sont pas nécessaires dans le fonctionnement synchronique d'une langue (ibid.). Paradis (1993 : 18) ajoute que les conventions de marquage intégrées au système de règles restent « extérieures au fonctionnement » de ces dernières et ne répondent pas à la naturalité des processus phonologiques ni à la simplicité des formalismes. De plus, et souligné par Durand (2005), la structure interne des segments telle que proposée par *SPE* sous forme d'une matrice de traits non structurés, rend difficile la formalisation des processus généraux. En effet, pour reprendre l'idée de l'auteur, une combinaison arbitraire de traits n'exprime pas l'intuition selon laquelle la palatalisation consiste en la modification du lieu d'articulation d'une consonne au contact d'un segment palatal. Or, comme le remarque Durand, l'organisation des traits distinctifs devrait « refléter des groupements naturels » de sons. Ainsi, d'un côté, les règles reflètent des processus de changements qui ne sont pas utiles dans la description des unités du système en synchronie et de l'autre, les matrices de traits n'expriment pas l'origine de la palatalisation qui est en fait un phénomène naturel de coarticulation.

1.6.2. Géométrie des traits : la hiérarchisation des propriétés

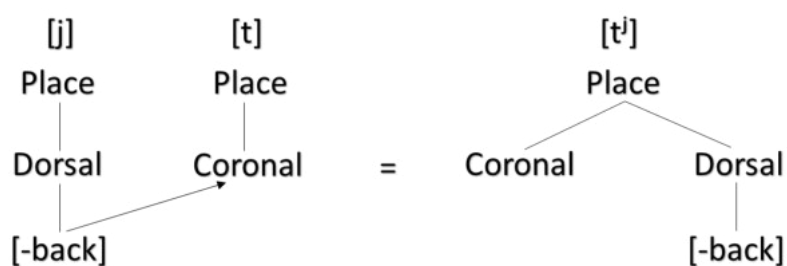
La solution d'une structure mieux établie des unités sous segmentales a été proposée par la Géométrie des traits. Ce point de vue a été défendu dans les différents travaux de Clements (1976, 1985, 1989), Sagey (1986), Lahiri & Evers (1991), Clements & Hume (1995), notamment en application aux processus de palatalisation.

Sagey (1986) propose de regrouper les voyelles antérieures, les consonnes vélaires, le glide palatal /j/, ainsi que les articulations secondaires, sous le nœud *Dorsal* qui domine les traits [+/-haut], [+/-arrière], [+/-bas]. A la manière de *SPE*, Sagey associe les trois derniers traits à la description du corps lingual mais, contrairement à Chomsky & Halle (1968), les consonnes labiales et dentales ne sont plus caractérisées par ces traits et sont représentées respectivement sous les nœuds *Labial* et *Coronal*. Les traits [+/-antérieur] et [+/-distribué] spécifiés sous le nœud *Coronal* définissent alors les consonnes coronales. Le nœud *Labial* domine le trait [+/-arrondi]. Les palatalisées labiales et dentales sont considérées dans cette approche comme des segments complexes comportant dans leur

¹⁶ « [...] it remains unclear when marking conventions should be invoked in general, and there are questions about appropriateness of some of the conventions for particular cases of palatalization. [...] while it is true that post-alveolar affricates are less marked [...] than palatal or post-alveolar stops, the same is true [...] about the unmarked status of alveolar or labial stops [...] - the segments that are never produced by palatalization. » Kochetov (2011: 12-13).

structure interne les nœuds *Labial* ou *Coronal* qui renvoient à un articulateur primaire ou de base et le nœud *Dorsal* qui renvoie à une articulation secondaire palatale et qui, par définition, domine les traits [+haut] et [-arrière]. Notons ici que cette approche ne permet pas de faire la différence entre les articulations doubles comme labio-vélaire, par exemple, et les labiales palatalisées qui sont décrites toutes les deux avec deux nœuds articulatoires *Labial* et *Dorsal*. Les vélares palatalisées sont des segments simples représentés par le nœud *Dorsal* dominant le trait [-arrière], ce qui rejoint le point de vue de Keating (1993) selon lequel la palatalisation secondaire des labiales et des dentales aboutit à des segments complexes alors que ce n'est pas le cas des vélares palatalisées qui sont des segments simples avec une articulation primaire : « [...] la palatalisation secondaire produit des segments complexes à partir des articulations labiales et coronales, mais non à partir des vélares qui sont déjà dorsales. [...] Ces dernières ne se voient donc pas ajouter le nœud articulateur Dorsal [...] mais une caractéristique [-back] associée au nœud articulateur Dorsal qu'elles possèdent déjà. »¹⁷ (t. p. n.) (Keating, 1993 : 13). Les palato-alvéolaires et les palatales sont considérées comme des coronales simples [-antérieur].

Sagey (1986) discute d'un exemple issu d'une variété de la langue zoque dans laquelle le glide palatal comme la voyelle haute antérieure /i/ adjacents déclenchent l'ajout d'une articulation secondaire palatale aux consonnes de lieu labial et vélaire qui suivent, tandis que la palatalisation d'un segment coronal [+antérieur] aboutit à la plosive coronale simple [-antérieur] et [+distribué] dans le même contexte (Sagey, 1986 : 108). Dans ce cadre, l'ajout d'une articulation secondaire est formalisé à travers la propagation du trait [-arrière] du glide palatal vers la consonne qui suit. La propagation entraîne la création du nœud *Dorsal* si la consonne cible qui subit la palatalisation est une coronale (comme illustré par le schéma ci-dessous) ou une labiale, et la suppression subséquente du glide.



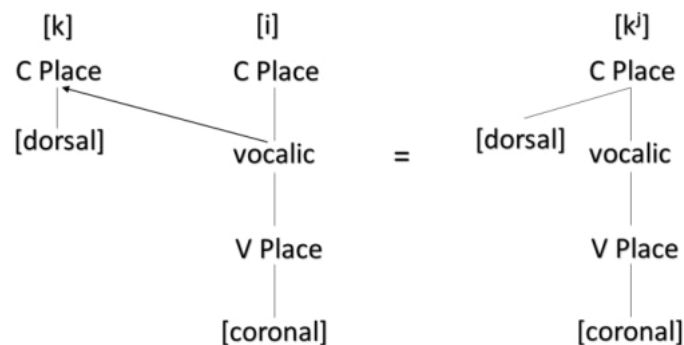
Les vélares palatalisées acquièrent le trait [-arrière] pour des raisons évoquées plus haut. Cela suggère et reflète la nature plus complexe des labiales et dentales palatalisées dont la structure comporte deux nœuds de lieux *Labial/Coronal* et *Dorsal* alors que les vélares palatalisées possèdent seulement le seul nœud *Dorsal* indiquant qu'elles ont uniquement une articulation primaire.

¹⁷ « [...] secondary palatalization, produces complex segments from labials and coronals, but not velars, which are already Dorsal. [...] They do not add an articulator specification. [...] they add a dependent feature under the articulator specification they already have. » (Keating, 1993: 13).

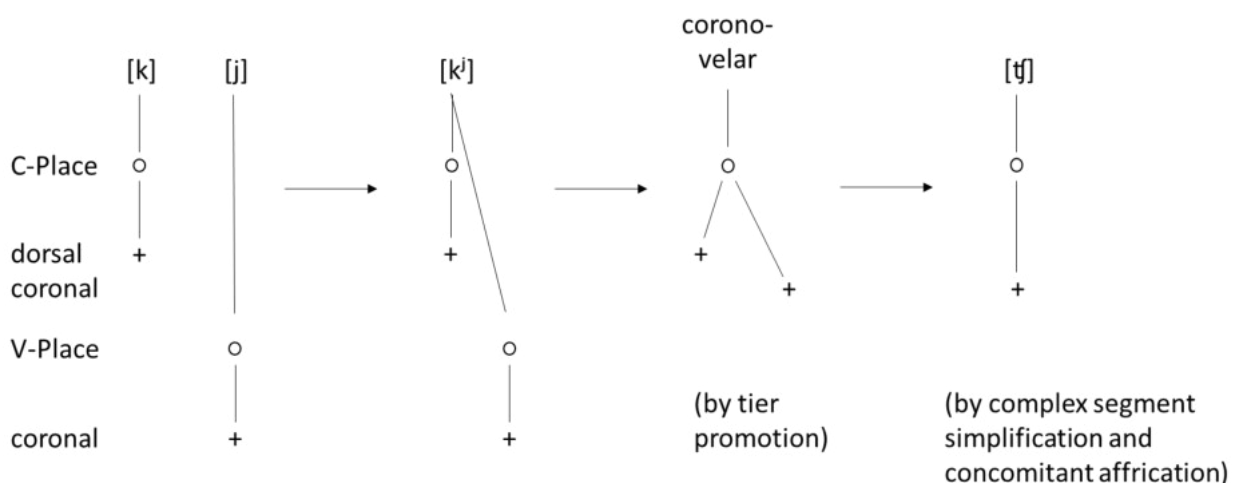
En zoque, les coronales subissent une palatalisation complète qui s'accompagne donc d'un changement de lieu et de mode d'articulation principal. D'après la proposition de Sagey, dans ce cas, suite à l'ajout de l'articulation secondaire palatale, les segments complexes résultants comme sur le schéma ci-dessus sont à nouveau simplifiés. La fusion des nœuds *Dorsal* [-arrière] et *Coronal* [+antérieur] aboutit au nœud *Coronal* dominant le trait [-antérieur] : « [...] les articulations coronale et dorsale, du fait qu'elles sont proches l'une de l'autre, ne sont pas réalisées comme deux constrictions distinctes, mais fusionnent en une seule articulation coronale [-antérieur] qui se situe à mi-chemin entre l'articulation coronale originale et l'articulation dorsale. »¹⁸ (t. p. n.) (Sagey, 1986 : 110). Cependant, rien dans cette proposition n'indique toutefois pourquoi la fusion des nœuds *Dorsal* et *Coronal* dominant respectivement les traits [-arrière] et [+antérieur] aboutit à une plosive coronale simple et non à une affriquée palato-alvéolaire comme c'est le cas dans la plupart des langues du monde. De plus, comme déjà remarqué par Kochetov (2011), la palatalisation complète est envisagée comme « un processus en deux étapes » ce qui est problématique pour les mêmes raisons que la solution proposée par le cadre *SPE*. Il n'est pas clair comment une plosive vélaire comme /k/ peut devenir coronale palato-alvéolaire affriquée lorsqu'elle est suivie ou précédée d'une voyelle haute et/ou antérieure ou de /j/, car les deux derniers segments ne contiennent dans leur structure que le nœud *Dorsal* et non le nœud *Coronal*. Pour remédier à ce problème et démontrer que la palatalisation et la coronalité sont en fait reliées, il est nécessaire que les consonnes coronales et les voyelles antérieures ainsi que le glide palatal forment une seule classe naturelle. Ainsi, Clements (1989), Clements & Hume (1995) proposent le même ensemble de traits de lieu [labial], [coronal], [dorsal] et [radical] pour caractériser les consonnes et les voyelles. Les voyelles antérieures forment une classe naturelle avec les consonnes coronales et les voyelles postérieures avec les consonnes dorsales, alors que chez Sagey toutes les voyelles forment une classe naturelle avec les consonnes dorsales. Toutefois, et comme remarqué par Lahiri & Evers (1991), les consonnes et les voyelles se trouvent de nouveau séparées en introduisant les nœuds *C-Place* (pour désigner le lieu consonantique) et *V-Place* (pour désigner le lieu vocalique). Les traits précités se trouvent ainsi dupliqués sous les nœuds consonantique et vocalique. De plus, Clements rajoute les traits [ouvert] correspondant à [-haut] et le trait [bas] pour caractériser les voyelles. D'après lui, cette approche reflète la relation phonologique étroite entre les consonnes et les voyelles homorganiques en leur attribuant les mêmes caractéristiques. Selon ce point de vue, par exemple, les voyelles antérieures et le yod partagent les caractéristiques [coronal] et [-antérieur] avec les consonnes palatales. Cette analyse permet aux processus d'assimilation d'être exprimés comme la propagation de caractéristiques de lieu. En effet, dans cette approche, la palatalisation consiste en la propagation du trait [coronal] sous le nœud vocalique *V-Place* de la voyelle antérieure ou de /j/ à une consonne qui la précède ou qui la

¹⁸ « [...] the coronal and dorsal articulations, because they are so close to each other, are not pronounced as two independent constrictions, but rather fuse to a single, [-antérieur] coronal articulation – halfway between the original coronal articulation and the dorsal articulation. » (Sagey, 1986: 110).

suit ce qui aboutit à une articulation secondaire palatale, comme illustré par exemple dans le schéma suivant (adapté de Clements & Hume, 1995 : 294).



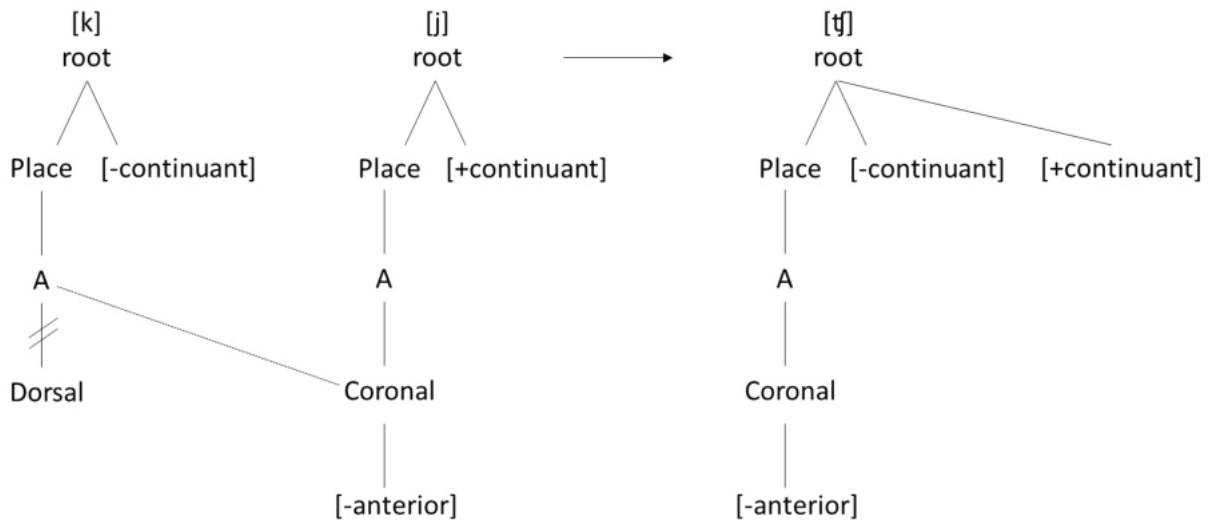
Dans le cas d'une palatalisation complète, ce que Clements et Hume appellent *coronalisation*, cette articulation secondaire acquiert le statut primaire par la simplification d'un segment complexe, via le processus de promotion, et une affrication simultanée comme dans le schéma ci-dessous (Lahiri & Evers, 1991 : 84).



Lahiri & Evers (1991) remarquent tout de même que le second stade dit de *promotion* n'est possible qu'en passant par le stade de l'articulation secondaire ce qui est, selon Bath (1978), et comme nous l'avons déjà souligné, non nécessaire lors des différents processus de palatalisation. C'est le cas, par exemple, en slovaque où /k g x/ se réalisent [tʃ dʒ ʃ] devant une voyelle antérieure sans passer par l'étape intermédiaire [kʲ gʲ xʲ] (Clements & Hume, 1995). Lahiri & Evers émettent aussi des réserves sur ce qui engendre le processus de promotion. D'autre part, la représentation en traits de la vélaire palatalisée comporte deux nœuds : *C-Place* dominant le trait de lieu consonantique [dorsal] et le nœud *V-Place* avec le trait [coronal] rattaché à celui-ci. Cela suggère la nature complexe du segment vélaire après l'ajout du nœud vocalique ce qui diffère du traitement de cette consonne par Sagey (1986) et Keating (1993).

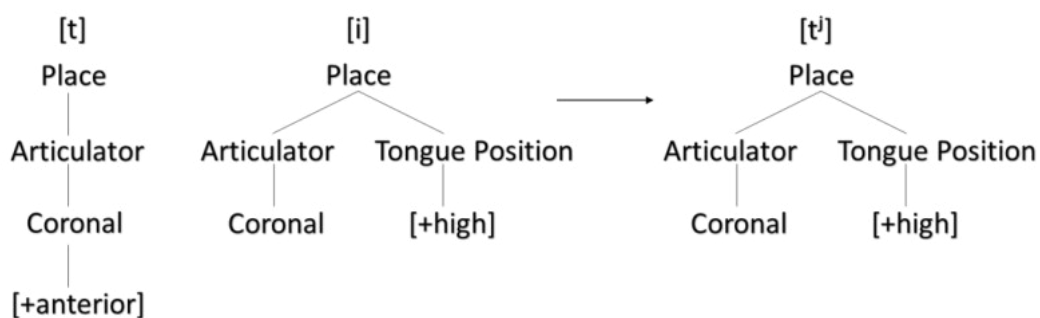
Lahiri & Evers (1991) suggèrent, à leur tour, une représentation hiérarchique d'un ensemble unifié de traits de lieu pour les consonnes et les voyelles avec un nœud séparé qui

rassemble les traits associés à la position du corps de la langue. Ils proposent un modèle dans lequel le nœud *Lieu (Place)* domine deux autres nœuds qui sont *Articulateur (Articulator)* associé à une articulation principale et qui regroupe les lieux primaires consonantiques et vocaliques Labial, Coronal, Dorsal et Radical et le second nœuds *Position linguale (Tongue Position)* qui renvoie à la position du corps de la langue et qui domine les traits [haut] et [bas]. Les traits spécifiés sous le nœud *Coronal* sont [antérieur], [distribué] et [strident] ; le nœud *Labial* domine le trait [arrondi]. D'après les auteurs, ce modèle permet de rendre compte des différents processus de palatalisation. Ainsi, (1) la palatalisation complète des vélaire est vue comme un processus qui passe à la fois par la suppression du nœud *Dorsal* du segment vélaire et par la propagation vers la consonne vélaire qui subit la palatalisation du nœud *Coronal* associé au trait [-antérieur] de la voyelle antérieure ou de /j/ (Lahiri & Evers, 1991: 91) :



(2) La palatalisation complète des alvéolaires s'effectue à l'aide du trait [-antérieur] qui se propage depuis la voyelle antérieure ou /j/ (traités comme des segments coronals par les auteurs) à une consonne alvéolaire ou dentale précédente ce qui aboutit à un segment palato-alvéolaire. Ainsi, dans les deux cas, la palatalisation consiste en un déplacement du lieu de l'articulation principale, mais lors de la palatalisation des alvéolaires ou dentales, la propagation du trait [-antérieur] d'un segment à l'autre s'effectue à l'intérieur du nœud *Coronal*. La consonne palato-alvéolaire issue du processus de palatalisation est un segment coronal simple [-antérieur].

La propagation du trait [+haut] sous le nœud *Position linguale* dans cette approche ajoute une articulation secondaire palatale à toutes les consonnes indépendamment de leur lieu d'articulation labial, dorsal ou coronal (Lahiri & Evers, 1991 : 93).



Cette modélisation présente certaines limites. Premièrement, le modèle proposé prédit, par exemple et comme suggéré par le cadre *SPE* pour les labiales et coronales, que la palatalisation secondaire n'est déclenchée que par des voyelles hautes. Cependant, dans un certain nombre de langues, comme nous l'avons remarqué, ce type de palatalisation se produit devant n'importe quelle voyelle antérieure, quelle que soit sa hauteur. Deuxièmement, Lahiri et Evers (1991) utilisent le trait terminal [+haut] rattaché au nœud *Position linguale* pour qualifier l'articulation secondaire palatale de toutes les consonnes quel que soit leur lieu articulaire. Ici, une des différences réside dans leur proposition de traitement des vélares palatalisées. Keating (1993) les décrit comme dorsales avec le trait [-arrière], relié au nœud Dorsal, et précise qu'elles sont réalisées comme une dorsale avancée lorsqu'elles se palatalisent. À partir de données articulatoires du russe, Keating a en effet observé un simple déplacement de l'articulation principale dorsale dans le cas des vélares palatalisées. Selon son hypothèse, l'articulation secondaire aurait pu se manifester par un allongement de la constriction vers l'avant mais ce phénomène n'a pas été observé. De ce fait, et comme noté supra, Keating (1993) propose de distinguer le geste de palatalisation des labiales et coronales d'un côté et celui des vélares de l'autre car les labiales et coronales palatalisées seraient des segments complexes et les vélares palatalisées articulatoirement simples, à l'inverse de ce que suggèrent Lahiri et Evers pour qui toute consonne palatalisée est complexe quel que soit son lieu d'articulation primaire. Troisièmement, selon ces derniers, et comme chez Keating (1988, 1991, 1993), les articulations palatalisées (à l'exception des vélares palatalisées considérées simples par Keating (1993)) et palatales, ainsi que le glide palatal sont considérés comme segments complexes. Ce point de vue est discuté par Recasens et collègues (1995, 1997) qui considèrent les palatales comme des segments simples et donc différents des palatalisées qui sont complexes (cf. section 1.5). D'après Recasens et al. (1995), si ces deux types consonantiques sont considérés comme complexes, leur description en termes de traits comprendrait alors deux nœuds *Coronal* et *Dorsal* indiquant que la production de ces consonnes implique deux gestes articulatoires (partie antérieure et dos de la langue) et donc, deux contrôles moteurs distincts. Cependant, Recasens & Romero (1997) affirment, étude instrumentale à l'appui, que les palatales sont des articulations simples, au contraire des palatalisées, ces dernières étant réalisées à partir d'une superposition de deux articulations, primaire (ou de base) et secondaire. Toujours selon ces auteurs, ces consonnes ne devraient donc pas avoir la même description en termes de traits.

1.6.3. La phonologie articulatoire et la coordination gestuelle comme variable d'ajustement de la palatalisation phonologique

Fougeron (2005) écrit que dans une théorie phonologique, la réalité physique des unités abstraites est secondaire « *et il n'y a pas forcément de correspondance directe entre la représentation phonologique et sa réalité physique.* » (Fougeron, 2005 : 266). Pour reprendre l'exemple qui lui sert d'argument et qui convient à notre sujet, la consonne [k] est vélaire et possède donc le trait [+vélaire] dans le mot /ku/ « cou » réalisé [ku]. Son lieu d'articulation s'antécipise et se rapproche de la région palatale dans /ki/ « qui » réalisé [kʲi] : [kʲ] assimile une articulation palatale par anticipation de l'articulation de la voyelle antérieure [i] et la forme de surface [kʲ] s'obtient donc par l'intermédiaire de la règle /k/ > [kʲ]/_ [+ant] ou, comme le propose Fougeron (2005), /k/ > [ç]/_ [+ant]. Rien dans les deux règles citées ne nous renseigne sur pourquoi dans le premier cas /k/ > [kʲ] et dans le second /k/ > [ç]. Des approches théoriques proposent cependant de considérer la réalité physique des segments pour modéliser les processus phonologiques. Parmi elles, la Phonologie Articulatoire de Browman & Goldstein (1986, 1987, 1989, 1992), Goldstein, Byrd et Saltzman (2006), qui proposent un modèle phonologique basé sur l'unité Geste Articulatoire à la fois primitive phonologique abstraite et unité de production concrète. Le Geste Articulatoire est dans cette approche (1) l'unité contrastive utilisée en perception et (2) l'ensemble d'articulateurs physiques dont le travail coordonné sert à accomplir une action articulatoire. Il s'agit donc d'une unité qui opère à deux niveaux fonctionnels (perception et programmation motrice) ce qui n'est pas le cas des approches classiques. Dans ce modèle, les Gestes oraux (labial, apical et corps de la langue) se distinguent par différentes combinaisons d'articulateurs ayant la mandibule pour support articulatoire commun, et ils se caractérisent par les variables du conduit oral que sont le *Lieu* et le *Degré de constriction* (pour plus de détails cf. travaux fondateurs de Browman & Goldstein, 1986, 1992 etc.). Ces trois Gestes forment un sous-système oral dans lequel le Geste du corps de la langue et celui de la pointe forment à leur tour un autre sous-ensemble car ils partagent deux articulateurs, la mandibule et le corps lingual (Browman & Goldstein, 1987).

La Table 5 ci-dessous récapitule les informations concernant les Gestes présents dans la structure des consonnes labiales et dentales non palatalisées et leurs contreparties palatalisées, adaptée de Kochetov (2002). La description proposée par Kochetov (2002) suggère que, dans l'approche de la Phonologie Articulatoire, la représentation phonologique d'une consonne bilabiale comporte un Geste labial qui implique l'action coordonnée des lèvres supérieure et inférieure et qui se caractérise par une variable *Degré de constriction* spécifiée pour la production d'une occlusion et une variable *Lieu de constriction* spécifiée pour que cette occlusion ait lieu au niveau des lèvres. La représentation phonologique d'une bilabiale palatalisée comporte, quant à elle, deux Gestes : un Geste d'occlusion labiale et un Geste de constriction du corps de la langue avec, comme variables pour ce dernier, *Lieu de constriction* palatal et *Degré de constriction* étroit. De la même manière, pour une dentale ou une alvéolaire palatalisée, en plus du Geste de constriction de la pointe (ou lame) de la langue,

spécifié occlusif et dental et/ou alvéolaire, la représentation phonologique de cette consonne comporte un Geste de constriction du corps de la langue avec les variables du conduit vocal spécifiées pour une constriction étroite dans la région palatale. Ainsi, dans les deux cas, l'opposition phonologique entre deux segments est possiblement descriptible grâce à la présence d'un Geste de constriction du corps de la langue dans une consonne palatalisée et son absence dans sa contrepartie non palatalisée.

	Geste articulatoire		Variables du conduit	
	Primaire	Secondaire	Lieu/Degré de constriction	
/p/	Lèvres		Labial/Occlusion	
/pʲ/	Lèvres	Corps de la langue	Labial/Occlusion	Palatal/Etroit
/t/	Pointe ou lame		Dental/Occlusion	
/tʲ/	Pointe ou lame	Corps de la langue	Dental/Occlusion	Palatal/Etroit

Table 5 : Gestes présents dans la structure des consonnes labiale et dentale ainsi que dans celle de leurs contreparties palatalisées (adapté de Kochetov, 2002).

Les Gestes dans la Phonologie articulatoire se combinent en une structure appelée *constellation de Gestes*, régis par des ordres de succession d'intervalles et des patrons de chevauchement temporels des Gestes. Le taux de recouvrement peut varier créant ainsi des réalisations de surface très différentes (Browman & Goldstein, 1992). Selon Browman & Goldstein (1995) ou Byrd (1995), les différentes positions intra-syllabiques pour les consonnes correspondent à différents modes de configuration des Gestes. En attaque, les gestes consonantiques sont coordonnés, en phase et couplés avec le noyau vocalique, alors qu'en coda une moins grande stabilité dans la coordination des gestes entre voyelle et consonne est observée ce qui expliquerait la vulnérabilité de la position de coda sujette à l'affaiblissement articulatoire (lénition). Rappelons que dans l'approche de la Phonologie Articulatoire, les Gestes qui appartiennent à un même segment peuvent démarrer de façon synchrone ou successivement. Par exemple, en anglais, pour un segment tel que /l/, composé de plusieurs Gestes, en position d'attaque, la fermeture apicale démarre en même temps avec le Geste de rétraction du corps de la langue. En revanche, en coda, le Geste de rétraction du corps précède celui de la constriction de la pointe de la langue (cf. Sproat & Fujimura, 1993 ; Browman & Goldstein, 1995). De même, en attaque dans la production « see more », le Geste d'occlusion labiale est produit simultanément avec l'abaissement du velum tandis qu'en coda dans « seem or » l'occlusion labiale commence à se mettre en place lorsque le velum se trouve dans une position basse (Krakow, 1993). Ainsi, les Gestes qui appartiennent à deux segments différents qui se succèdent dans une syllabe CV peuvent être réalisés de manière quasi synchrone (cf. par exemple, Löfqvist & Gracco (1999)

concernant le timing du démarrage du Geste du corps lingual pour la voyelle par rapport au Geste bilabial dans les séquences V-C_[+bilabial]-V en anglais, ou encore Niemann et al., (2011) concernant les différences d'alignement du pic de F₀ avec le geste vocalique en italien et en allemand).

Les Gestes consonantiques et vocaliques se chevauchent en raison de leur co-production. Les partitions temporelles des Gestes et leurs caractéristiques peuvent permettre de décrire, d'expliquer et de comprendre les différences dans les processus co-articulatoires tels que ceux de la palatalisation. Les chevauchements (coordination temporelle) entre le Geste de constriction labiale, dentale ou vélaire pour la consonne et le Geste de constriction palatal et étroit du corps de la langue pour la voyelle ou le glide palatal devraient rendre compte du processus et de la variation observée dans les aboutissants. Le chevauchement peut ou non avoir des conséquences acoustiques sur des réalisations de surface. Par exemple, dans une syllabe avec une attaque bilabiale, comme le note Fougeron (2005), les deux Gestes consonantique et vocalique ne partagent pas les mêmes variables du conduit oral et de ce fait n'entrent pas forcément en compétition ce qui pourrait expliquer le fait que les labiales peuvent acquérir une articulation secondaire palatale mais ne changent que très rarement leurs lieu et mode d'articulation primaires (cf. section 1.1 pour rappel). Le chevauchement entre un Geste d'occlusion dentale ou alvéolaire et un Geste vocalique peut avoir des conséquences plus ou moins importantes. Par exemple, Öhman (1966) a montré qu'en anglais, pendant les phases de fermeture dans les séquences /ydy/, /udu/ et /ada/, les postures linguales au niveau du dorsum étaient déterminées presque exclusivement par la voyelle, mais avec une constriction apicale qui restait au même endroit. Dans cet exemple, le chevauchement entre les Gestes consonantique et vocalique n'induit aucun changement dans l'articulation de la consonne. Cependant, le recouvrement entre Gestes ne partageant pas les mêmes variables du conduit oral peut avoir des conséquences plus importantes : cf. par exemple, Browman & Golstein (1987) sur la comparaison des partitions gestuelles pour « seven plus » et « perfect memory » avec le chevauchement minimal, puis complet dans une production à débit rapide résultant en un masquage d'un segment consonantique (*gestural hiding*). Enfin, le chevauchement entre Geste consonantique et Geste vocalique, lorsqu'ils partagent tous deux la même structure coordinative, a comme conséquence la fusion des deux Gestes (*gestural blending*). Ainsi, alors que les Gestes des consonnes et des voyelles se chevauchent dans n'importe quelle syllabe CV, dans le cas des vélaires, comme dans les séquences /ygy/ vs /ugu/, ce chevauchement se produit au niveau d'une même structure coordinative, celle du corps de la langue, résultant en une antériorisation du Geste d'occlusion vélaire (shift de l'articulation primaire) devant une voyelle antérieure (cf. Öhman, 1966 ; Browman & Goldstein, 1987 ; Fougeron, 2005).

Browman & Goldstein (1987) citent Keating (1985) qui propose de considérer que les exigences de distinctivité propres à une langue donnée peuvent avoir des conséquences sur les patrons de coarticulation. Keating fait référence à l'étude d'Öhman (1966) qui montre que les consonnes en russe, qui impliquent des articulations secondaires

contrastives associées au Geste du corps de la langue, bloquent la coarticulation avec la voyelle qui suit, alors qu'en anglais les consonnes semblent se coarticuler relativement facilement avec les voyelles. Keating propose ainsi de placer l'articulation secondaire du corps de la langue pour les consonnes en russe sur la couche fonctionnelle des voyelles. Ainsi, le statut du geste du corps lingual dans deux langues différentes peut, par exemple, affecter le degré de fusion gestuelle. La fusion de l'articulation primaire et secondaire a été évoquée par Kaminskaia (2002) pour les dentales ou alvéolaires palatalisées. Cela se traduit par l'alignement des Gestes appartenant à deux structures coordinatives différentes, celui de la pointe spécifié alvéolaire et fermé, et celui du corps de la langue spécifié palatal et étroit. Ainsi, comme Keating (1985), Kaminskaia place le Geste du corps lingual, associé à la palatalisation, sur la couche vocalique.

Concernant la question de la spécificité des patrons spatiotemporels de coarticulation en fonction des langues, Kochetov (2006b) questionne si et dans quelle mesure les effets de position intra-syllabe sont spécifiques à une langue donnée. Il a examiné l'organisation temporelle des Gestes labial et du corps de la langue dans /p^j/ dans les positions initiale et finale de syllabe. Il a comparé les résultats obtenus à ceux trouvés pour les segments /p/ et /j/ dans les séquences /pj/ et /jp/ dans les productions de 4 russophones natifs. Les résultats ont montré que dans la séquence /pj/, le geste d'élévation du corps de la langue impliqué dans la production du glide palatal suit le geste de fermeture labial de /p/. À l'inverse, le geste d'élévation du corps de la langue précède celui des lèvres dans la séquence /jp/. Ces observations sur la coordination des gestes articulatoires dans les séquences /pj/ *vs* /jp/ en russe vont dans le sens de celles faites par Browman & Goldstein (1995), Fougeron & Keating (1997) ou Gick (1999) concernant les différences dans le timing dans les positions initiale *vs* finale de syllabe. En revanche, la coordination entre les gestes a été trouvée différente pour la palatalisée /p^j/. Premièrement, l'écart temporel entre les Gestes labial et du corps de la langue pour /p^j/ en attaque et en coda est inférieur par rapport à celui mesuré dans les deux séquences /pj/ et /jp/. Deuxièmement, les deux gestes sont quasi synchrones en position finale de syllabe alors qu'en attaque, le corps de la langue atteint sa position maximale après le geste de constriction labiale pour les 4 locuteurs. Ainsi, l'organisation temporelle observée pour /p^j/ ne suit pas le même schéma que celle pour /l/ de l'anglais. L'articulation de /p^j/ en russe implique deux gestes synchrones en position de coda plutôt qu'en position d'attaque dans laquelle le geste plus ouvert est en retard sur le plus fermé. Ces observations montrent que /p^j/ et /pj/ ont des patterns temporels distincts et que le retard de plus de 60-70 ms pour l'atteinte de sa cible par le corps de la langue dans la position initiale peut provoquer une confusion de la consonne palatalisée dans [p^ja] avec une séquence [p^jja] ; de même, une avance de plus de 20 à 30 ms du geste du corps de la langue sur les lèvres en position coda peut provoquer une confusion de la consonne palatalisée dans [ap^j] avec [ajp] (Kochetov, 2006b). Ainsi, en russe des segments consonantiques impliquant un geste linguo-palatal présenteraient des schémas distincts de synchronisation entre les gestes articulatoires.

La complexité des consonnes labiales et dentales palatalisées dans l'approche de la Phonologie Articulatoire se traduit par le fait que leur représentation phonologique repose sur deux Gestes articulatoires, labial ou apical, accompagnés d'un Geste du corps lingual associé à la palatalisation. Le modèle permet ainsi de traiter et de représenter des segments complexes décrits par deux constrictions à des lieux différents et spécifier l'organisation temporelle entre ces Gestes (par exemple, exécution synchrone des Gestes de relâchement labial et d'élévation maximale du corps de la langue dans une labiale palatalisée et des Gestes d'occlusion apicale et d'élévation maximale du corps de la langue dans une coronale palatalisée, cf. section 1.5). L'articulation complexe peut se traduire donc par deux mouvements consécutifs ou comme une somme de deux gestes exécutés simultanément. La différence entre les deux types consonantiques est traitée à travers le timing des gestes articulatoires ainsi qu'à travers la proximité anatomique de deux régions linguales, mais la modélisation des processus articulatoires des consonnes palatales *vs* palatalisées a visiblement besoin de plus de données phonétiques.

1.6.4. Se défaire de la complexité articulatoire des palatalisées

Rappelons que dans les différentes théories phonologiques, la palatalisation est décrite comme le résultat d'un processus d'assimilation. Les auteurs divergent toutefois dans leurs descriptions du processus et donc de la structure internes des segments de type palatal. La Théorie des éléments (cf. par exemple Kaye, Lowenstamm et Vergnaud, 1985 ; Backley, 2011) propose une modélisation qui pourrait permettre de mieux appréhender le phénomène car plutôt que de renvoyer aux articulateurs et à la complexité de leur coordination, elle se concentre sur les résonances qui caractérisent palatales et palatalisées. La Théorie des éléments utilise six primitives pour caractériser la structure interne des segments consonantiques et vocaliques : 3 éléments vocaliques |I U A| et 3 éléments consonantiques |ʔ H L|. Les éléments sont monovalents (de valeur positive) et ils ne font plus référence à des articulateurs impliqués dans la production car ils sont de nature acoustique (Backley, 2011). Les éléments primaires des voyelles |I U A|, traités par cette approche comme des éléments de résonance, renvoient aux résonances des configurations des trois extrémités du triangle vocalique et caractérisent les voyelles cardinales qui se trouvent dans la grande majorité des langues du monde. Chaque voyelle peut être composée d'un élément ou de la fusion de deux ou de plusieurs éléments : ex. |I| pour /i/ et |I A| pour /e/ (voir plus loin pour la symbolique). Quant aux éléments consonantiques, l'élément glottal |ʔ| caractérise les discontinuités des occlusives, éjectives et implosives, l'élément |H| est présent dans les segments continus qui impliquent une friction ou un bruit, tandis que |L| caractérise le voisement et la nasalité. Les éléments ne se limitent pas à des voyelles ou des consonnes : |ʔ| peut également être utilisé pour les voyelles laryngales et les éléments |H| et |L| peuvent spécifier également les valeurs tonales. De la même manière, les éléments vocaliques |I U A| sont utilisés pour définir des lieux d'articulation primaires

dans les consonnes. Ainsi, les palatales et certaines coronales contiennent l'élément |I| ; |U| est utilisé dans la représentation des labiales et des vélares ; |A| pour les consonnes pharyngales. |A| comme |I| se retrouve dans certains types de coronales. Ainsi, |I U A| peuvent également se combiner dans les consonnes pour représenter des segments complexes. Cette unicité « consonne-voyelle » qui repose sur l'idée que les éléments consonantiques sont présents dans les voyelles et *vice versa* est justifiée par des interactions attestées entre segments consonantiques et vocaliques dans des processus combinatoires et d'assimilation, les éléments se combinant entre eux de manière asymétrique.

La prééminence d'un élément dans la hiérarchie se traduit par la notion de tête formalisée comme suit : |I A| pour /e/ vs |I A| pour /ɛ/ (Backley, 2011: 41). Dans cet exemple c'est l'élément tête I qui porte le contraste entre les deux segments.

La table ci-dessous reprise de Backley (2011: 108) donne les équivalents des structures de résonances pour les différents lieux consonantiques avec les formes de surface qui peuvent varier selon les langues.

Labial	Labio-dental	Dental	Alvéolaire	Rétroflexe	Alvéopalatal	Palatal	Palato-vélaire	Vélaire	Uvulaire	Pharyngal
[p ɸ]	[f ɱ]	[t s θ]		[ʈ ʂ]	[tɕ ɕ]	[tʃ ʃ]	[c ɟ]	[k x]	[q χ]	[ħ ʕ]
<u>I</u>	<u>I</u> A	I ou A	<u>A</u>	<u>I</u> A	<u>I</u>	<u>I</u> U	U	U <u>A</u>	<u>A</u>	

Ainsi, Backley (2011) associe l'élément |I| aux voyelles antérieures ou au glide palatal ainsi qu'aux consonnes palatales [tʃ ʃ], alvéopalatales [tɕ ɕ], palato-vélares [c ɟ] et, enfin, aux palatalisées [pʲ tʲ]. Autrement dit, l'élément tête |I| contribue à indiquer la résonance palatale de toute consonne ou voyelle dans laquelle il apparaît et définit ainsi la classe naturelle des segments avec articulation palatale. Ce formalisme s'appuie sur des processus d'assimilation attestés dans les langues du monde. Backley (2011:72) cite, entre autres, l'exemple du slovaque où les coronales [t d n l] se palatalisent devant [j] ou devant n'importe quelle voyelle qui comporte l'élément |I| dans sa structure et se transforment respectivement en [c ʃ ɲ ʎ] :

Bara[n]	'ram'	bara[ɲ]-iar	'shepherd'
Hra[d]	'castle'	hra[ʃ]-e	'castle' (locative singular)
Egyp[t]	'Egypt'	Egyp[c]-[æ]n	'Egyptian'

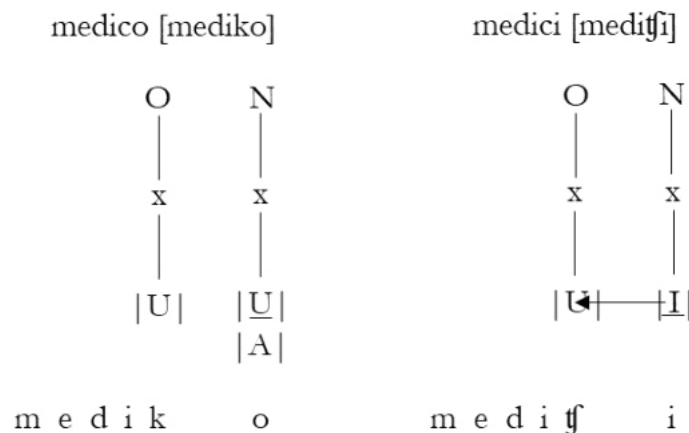
Dans certaines langues, les coronales (ex. /t d s z/) et les palatales forment une seule et même classe naturelle car ces deux types consonantiques ont la même distribution et se comportent de la même manière dans les processus phonologiques suggérant que les coronales comme les palatales contiennent l'élément |I|). Notons tout de même que d'après Backley (2011: 88) « certaines coronales se comportent phonologiquement comme des segments |I| alors que d'autres se comportent comme s'ils contenaient |A|. » L'exigence d'une représentation distincte est le fait que certaines d'entre elles peuvent contraster dans une même langue comme dans l'exemple du polonais cité plus loin.

A partir de l'exemple du modèle de reduplication dans la langue Feʔfeʔ (famille Niger–Congo, groupe bamileke) où la voyelle du préfixe reduplicatif est réalisée comme [i] lorsqu'elle se trouve dans tout contexte qui contient l'élément palatal, Backley (2011 : 72-73) propose le regroupement des palatales et des coronales dans une même classe naturelle de segments comportant l'élément |I| dans leur structure :

to	tɪ-to	'to punch'	si:m	si-si: (*si-si:)	'to spoil'
ben	pi-pen	'to accept'	te:n	ti-te: (*ti-te:)	'to remove'
za	zi-za	'to eat'	cen	ci-cɛn (*ci-cɛn)	'to moan'

Dans cet exemple [i] est interprété comme [i] et assimilée comme telle si la syllabe qui suit contient [i] ou une des voyelles antérieures [e ɛ], et si la consonne qui précède appartient à la seule et même classe des palatales et coronales. La différence entre les deux est respectivement dans la présence *vs* l'absence de tête dans l'élément |I|. Ainsi, les coronales n'ont pas de tête dans leur représentation notamment à cause du fait qu'elles se trouvent fréquemment au cœur des processus phonologiques et ont tendance à perdre leur résonance coronale par assimilation, par exemple.

La palatalisation des coronales et celle des vélaires, selon Backley, sont des formes différentes d'un même processus, car toutes deux impliquent l'élément |I| et toutes deux aboutissent aux segments [ʃ ʒ] contenant |I|. Ainsi, d'après Backley, [ʃ ʒ] sont représentés par |I| car ils acquièrent leurs propriétés de résonance de [i] ou [j] qui ne contiennent que l'élément |I| et qui déclenchent le processus de palatalisation. Selon Backley, [ʃ ʒ] ne peuvent pas avoir une résonance complexe comme |I| combiné avec |A| parce que les consonnes coronales cibles décrites avec |I| ou |A| et les vélaires décrites avec |U| ont des éléments de résonance différents dans leurs structures respectives mais toutes deux se palatalisent en [ʃ ʒ]. La palatalisation des vélaires en italien peut être représentée comme dans le schéma suivant (Backley, 2011 : 106) :



L'ajout du marqueur du pluriel -i dans medici [meditʃi] *médecins* entraîne la réinterprétation de la vélaire comme segment palatal. Cela se produit lorsque l'élément |I| se propage de -i de [meditʃi] et déplace l'élément de résonance |U|. Backley suggère deux raisons pour

lesquelles « l'original |U| » de *medico* [mediko] *médecin* se trouve écrasé : premièrement, ce dernier ne contient pas de tête dans sa structure et est donc relativement « faible » par rapport à l'élément |I|, deuxièmement, les éléments |U| et |I| ne peuvent pas se combiner en italien car il s'agit d'une combinaison universellement marquée : « *The reason why languages avoid combinations of |I| and |U| is that, once again, these elements have conflicting acoustic cues: |I| causes F₂ to rise whereas |U| causes F₂ (and other formants) to lower.* » (Bacley, 2011 : 199).

A partir de l'exemple du polonais, qui possède au moins cinq catégories de lieu dans la région coronale/palatale (même si toutes ne sont pas distinctives), et en supposant que les coronales [t d] contiennent l'élément |A|, Bacley propose que la palatalisation qui aboutit à [ts dz] et [tɕ dʑ] peut être analysée en termes de propagation de l'élément |I| des voyelles [i ɛ] avec une préservation de l'élément |A| chez les coronales. Le résultat de ce processus est un segment alvéopalatal ayant une structure composée |A I| ou une coronale affriquée |A I|. Dans le cas de la palatalisation des consonnes vélares devant les voyelles antérieures qui aboutit aux formes [c ʃ], l'élément |I| se propage pour former une structure composée avec l'élément |U| présent d'origine dans une consonne vélaire. La palatalisation de [k g] vers [tʃ dʒ] se déroule comme en italien, où l'élément |U| se trouve écrasé lorsque |I| est propagé. Le schéma ci-dessous propose une description en termes d'éléments des consonnes coronales et palatales du polonais (Bacley, 2011 : 107) :

[t, d]	A
[ts, dz]	AI
[tʃ, dʒ]	I
[tɕ, dʑ]	AI
[c, ʃ]	IU

La palatalisation est productive en polonais et a comme aboutissants les consonnes affriquées et plosives coronales et palatales qui partagent toutes l'élément palatal |I|. En russe, comme décrit section 1.2.1, la palatalisation, en plus d'être le processus phonétique d'assimilation de lieu, a un statut phonologique et, dans le système consonantique du russe, chaque consonne a sa contrepartie palatalisée en plus des consonnes de lieu primaire palato-alvéolaire et d'une approximante palatale. Dans un système comme celui du russe, comme le suggère Bacley (2011), les consonnes palatalisées seraient probablement décrites avec une structure composée de deux éléments dont un des deux sera obligatoirement |I|. Cette question sera abordée dans la discussion générale chapitre 7 à la lumière des résultats obtenus avec les expériences réalisées dans le cadre de cette recherche doctorale.

Après avoir abordé les principaux travaux de phonétique, qui tentent de caractériser les productions linguo-palatales, et ceux de phonologie autour de la représentation des consonnes de lieu d'articulation palatal, nous présentons dans le chapitre suivant nos objectifs et questions de recherche à propos du geste lingual impliqué dans la réalisation

des consonnes de lieu d'articulation palatal. Nous proposerons ensuite 3 études expérimentales chacune basée sur une technique spécifique d'acquisition de données articulatoires pour mieux caractériser les productions consonantiques formées avec un geste linguo-palatal afin de rendre compte de leurs propriétés et de leurs spécificités phonétiques.

2. QUESTION DE RECHERCHE, OBJECTIFS ET HYPOTHESES

Des travaux antérieurs montrent que la langue est un articulateur rapide qui peut se déformer de façon très complexe avec différentes parties qui peuvent bouger de manière synchrone ou séquentiellement avec l'objectif de former une occlusion ou un rétrécissement dans le conduit vocal, ce qui suggère un contrôle moteur complexe (Stone & Lundberg, 1996 ; Stone, Epstein et Iskarous, 2004 ; Iskarous, 2005 etc.). Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, la caractérisation du geste lingual et la question du contrôle lingual dans la production des consonnes [+palatal] font toujours l'objet de discussion et alimentent le débat scientifique en phonétique et phonologie, en dialectologie, autour de la représentation de ces consonnes, de leur classement, de leur acquisition, de leur degré de coarticulation avec le contexte phonétique, de leur complexité et de leur coût articuloire.

Les linguistes se sont fréquemment penchés sur la question de la nature des consonnes [+palatal] mais leur caractérisation reste à ce jour incomplète (cf. section 1.5). Ainsi, la qualification de consonne molle dans la littérature est utilisée aussi bien pour désigner les consonnes palatalisées que les palatales. De même, le trait [+palatal] ne capture pas toute la complexité d'une articulation palatale ; il ne prend pas en compte toute la diversité des réalisations consonantiques. Par exemple, la différence entre palatalisées et palatales n'est pas prise en compte par ces terminologies alors que certains travaux suggèrent des différences articuloires et acoustiques entre ces deux types de consonnes (ex. Straka, 1965 ; Kuznetsova, 1965, 1969 ; Recasens & Romero, 1997). Les phonéticiens sont en désaccord sur leur nature articuloire alors que les caractéristiques phonétiques sont plus claires pour les consonnes labiales, dento-alvéolaires ou vélaires, car le processus de contrôle de la langue dans l'articulation palatale semble plus complexe et, de fait, la question du contrôle du geste lingual dans la production des consonnes palatales a fait l'objet de peu d'explorations (ex. Recasens, 1990 ; Recasens et al., 1993 ; Recasens, Fontdevila et Pallarès, 1995 ; Recasens & Romero, 1997 ; Recasens & Espinosa, 2010 ; Recasens, 2013). De même, peu d'études antérieures se sont intéressées à la variabilité des réalisations du geste linguo-palatal, sauf celles liées aux différences de contexte vocalique et de position à l'intérieur de la syllabe (ex. Recasens & Espinosa, 2006 ; Recasens, 2014).

Nous avons choisi d'examiner la nature des consonnes [+palatal] à partir du geste linguo-palatal en nous attachant à décrire, analyser et comparer la variabilité de ce geste dans la réalisation des différents types de consonnes et en suggérant que, plus largement, le geste linguo-palatal, de par sa participation à la réalisation d'un geste primaire (consonne palatale ou palato-alvéolaire) ou secondaire (consonne palatalisée), peut rendre compte du concept de complexité articuloire et refléter des aspects du contrôle moteur de la parole. Nous

proposons d'explorer la variabilité du geste linguo-palatal en fonction des facteurs locuteur, position de l'accent et type de structure syllabique. Il s'agit d'examiner, en fonction de ces facteurs extralinguistiques et linguistiques, les différences (1) dans la forme du geste linguo-palatal lors du point d'atteinte de la cible consonantique et (2) dans le timing des différentes zones linguales pour examiner la coordination des différentes parties de la langue et décrire ainsi une dynamique linguale.

Notre étude porte sur le russe parce que dans cette langue la plupart des consonnes, indépendamment de leur lieu d'articulation possède une équivalente palatalisée pour laquelle à l'articulation linguale de base (articulation primaire) se superpose un geste lingual supplémentaire réalisé dans la région palatale. De plus, le russe possède 5 consonnes palato-alvéolaires et une approximante palatale (cf. section 1.2.1).

Dans un premier temps, à partir de la phonologisation et de la syllabation d'un lexique du russe de 15 000 entrées que nous avons intégrées à la base de données G-ULSID (GIPSA & UCLA Lexical and Syllabic Inventory database) du GIPSA-lab (Vallée, Rossato et Rousset, 2009 ; Vallée, 2017), nous proposons une analyse distributionnelle des consonnes palato-alvéolaires et palatalisées du russe *vs* leurs contreparties non palatalisées et des estimations de leurs fréquences d'occurrence dans le lexique. En effet, le système phonologique du russe se prête bien à l'observation de régularités de distribution des consonnes [+palatal] considérées comme articuloirement élaborées et donc plus complexes qu'une articulation primaire ou de base [-palatal]. Rappelons que la notion de complexité articuloire est liée à la théorie de la marque (Andrews, 1990) : plus le phénomène à réaliser est complexe, plus il est rare, et donc marqué et, à l'inverse, s'il est fréquent, il est considéré simple et non marqué. La rareté des consonnes de lieu d'articulation palatal dans les langues du monde et également au niveau intrasystémique (cf. section 1.4) peut donc être la conséquence de leur complexité articuloire se manifestant par un coût articuloire plus élevé. Le russe peut être considéré comme un cas spécifique par rapport à la fréquence des consonnes palatalisées. Cependant, cette étape nous permettra de vérifier et préciser la relation entre le de complexité et le rendement distributionnel des consonnes [+palatal] en russe en comparaison avec les consonnes [-palatal].

Dans un second temps, nous présentons un travail expérimental qui vise à caractériser les différences dans la forme et dans le timing du geste linguo-palatal impliqué dans la réalisation des différentes consonnes [+palatal] du russe. En étudiant des patrons statiques du mouvement lingual, nous souhaitons (1) décrire et analyser la forme et la position de la langue lors de la production des différentes consonnes étudiées, et (2) caractériser la dynamique temporelle du geste lingual qui

permettrait d'inférer si le contrôle de la langue est global ou plutôt séquentiel au niveau de ses différentes parties (pointe, lame et dos). L'hypothèse qu'il est alors possible de vérifier est que les patrons d'activation du dos de la langue sont différents entre consonnes palato-alvéolaires, palatalisées, voire palatales.

Le degré de coarticulation (chevauchement) a été souvent proposé comme l'expression des mécanismes du contrôle articulatoire ou de la programmation des gestes (ex. Gracco, 1994 ; Fowler, 1995 ; Browman & Goldstein, 1995 ; Kelso, Saltzman et Tuller, 1986). L'étude du timing des différentes parties de la langue doit permettre d'examiner la question de la superposition d'un geste linguo-palatal à une articulation principale ou de base, ou de sa participation à la réalisation d'une articulation primaire lors de la production de consonnes [+palatal] et de préciser des éléments de son contrôle. Plus précisément, dans le cas d'une consonne coronale palatalisée, lorsque le geste palatal relève d'une dimension secondaire, il est attendu que l'élévation de la partie antérieure de la langue précède le geste linguo-palatal pour produire une consonne coronale apicale ou (apico)-laminaire. Dans le cas d'une palatale, lorsque le geste linguo-palatal participe à la réalisation d'une constriction primaire, le point d'articulation atteint par le dos de la langue se situe au niveau de la région palatale et le geste lingual programmé actionne l'élévation du dos de la langue en premier ou bien le dos et la partie antérieure de la langue s'élèvent ensemble. Notre objectif est ainsi de caractériser le geste palatal lorsqu'il relève d'une dimension primaire ou secondaire et de le replacer dans la classification des consonnes proposée par Lindblom & Maddieson (1988) qui prend en compte le degré de complexité articulatoire défini par le nombre de traits qui se superposent à une articulation principale.

Notre choix d'introduire dans l'étude la variabilité des productions par les modalités accent et position dans la syllabe vise à nous permettre de dégager les éléments les plus stables dans la coordination des différentes parties de la langue et dans la configuration du geste linguo-palatal. L'accent étant souvent cité dans la littérature comme une cause de renforcement articulatoire (cf. Straka, 1964 ; Fougeron & Keating, 1997 ; Krakow, 1999 etc.), les différences dans le timing et dans la forme du geste linguo-palatal seront observées sous l'accent et dans une position atone. Ainsi, si l'accent impacte l'articulation linguale, son effet attendu est un geste plus tendu, ample et plus raide, ce qui devrait se traduire par un geste plus global avec plus de cohésion entre les différentes parties de la langue. Les différences dans la forme et le timing du geste linguo-palatal seront de la même manière examinées et caractérisées en fonction de la position dans la syllabe car selon Browman & Goldstein (1988, 1995) ou encore Byrd (1995) et Kingston (2008), les différentes positions intra-syllabe pour les consonnes correspondent à différents modes de configuration des gestes. Ainsi, si la position à l'intérieur de la

syllabe influence le geste lingual, une coordination plus synchrone entre les différentes régions linguales est attendue en position finale de syllabe à cause d'une réduction de l'amplitude du mouvement articuloire dans cette position. Enfin, l'aspect multilocuteur de l'étude vise à mieux cerner les caractéristiques relatives à la dimension diatopique ou au contact linguistique en regard de celles qui sont attribuables à des stratégies individuelles telles que la physiologie et la morphologie du conduit vocal.

Afin d'examiner la nature du geste linguo-palatal, 3 types d'études expérimentales complémentaires sont retenues, chacune utilisant une technique différente d'investigation : articulographie électromagnétique, imagerie par ultrasons et imagerie par résonance magnétique.

La 1^{ère} étude articuloire consiste à acquérir des données de laboratoire avec un système expérimental d'articulographie électromagnétique (EMA), fiable mais très invasif, afin d'examiner, avec précision, la position et le déplacement de 4 points de référence sur la langue situés au niveau du plan médio-sagittal. Il s'agit avec cette étude d'analyser, comparer puis classifier les configurations linguales et d'étudier la coordination temporelle (timing) des 4 régions pour fournir une description précise du geste linguo-palatal. Cette procédure nous permettra d'examiner la question de la superposition d'un geste palatal à une articulation de base lors de la production de consonnes palatalisées et ainsi d'inférer des éléments sur le contrôle de ce geste, à savoir si le contrôle de la langue est global ou différencié selon les 4 zones, et s'il est différent entre consonnes palatales et palatalisées et selon les locuteurs, l'accent et la position intra-syllabique.

Cette étude est complétée de données acquises sur le terrain à l'aide d'un système d'imagerie par ultrasons (USI), non invasif et facilement transportable, auprès de locuteurs natifs monolingues sur leur lieu de vie en Russie. En effet, la première étude inclut des participants russophones natifs bilingues ou ayant une pratique orale régulière d'une ou de plusieurs langues étrangères (LE) avec un séjour prolongé dans un ou plusieurs pays étrangers. Or, des études montrent l'influence de la pratique régulière d'une LE sur les productions en langue native (cf. par exemple, Flege, 1987 ; Sancier & Fowler, 1997 concernant un changement dans le VOT lors de l'immersion de bilingues ou de locuteurs avancés en langue étrangère dans des pays de leur L2). Le but de cette 2^{ème} étude est de mieux cerner la variabilité du geste linguo-palatal dans les dimensions diatopique et individuelle et d'identifier une influence de l'expérience linguistique, notamment la pratique de langues étrangères.

La 3^{ème} étude articuloire a utilisé la technique d'imagerie par résonance magnétique (IRM) anatomique. Des données ont été acquises pour obtenir des informations sur l'ensemble du conduit vocal ainsi que sur la forme globale et la

position de la langue dans la cavité buccale, informations non accessibles lors de l'exploration avec ultrasons qui fournit des informations sur la forme linguale (à l'exception, toutefois, de la racine et de la pointe) mais aucune indication sur le lieu d'articulation. De même, l'utilisation de l'EMA apporte la précision des mesures effectuées mais ne renseigne pas non plus sur le lieu articulaire, ni sur la totalité du contour lingual. L'objectif de cette 3^{ème} étude est donc de récupérer des informations manquantes dans les données acquises avec EMA et USI, et de compléter et/ou préciser les résultats concernant les configurations linguales suggérées par les points de référence de l'EMA ou les contours linguaux récupérés grâce à la technique d'imagerie par ultrasons, en mettant en évidence la substance des contrastes consonantiques palatalisé *vs* non palatalisé et les mécanismes de production de ce contraste en russe.

La suite du manuscrit est organisée de manière suivante. Le chapitre *Elements nouveaux de phonotaxe du russe et analyse distributionnelle : focus sur les consonnes [+palatal]* présente les probabilités phonotactiques et la fréquence des consonnes palatalisées et palato-alvéolaires du russe estimées à partir d'une analyse distributionnelle des segments consonantiques palatalisés *vs* non palatalisés en adressant aux contraintes phonotactiques la question de la marque. Afin d'examiner la question de la superposition d'un geste palatal à une articulation primaire, le chapitre *Etude articulographique du geste linguo-palatal en russe* propose d'examiner les patrons spatiaux et temporels des configurations linguales dans la réalisation de 5 consonnes coronales du russe. Leur variation est observée selon les facteurs locuteur, accent et position de la syllabe. L'aspect multilocuteur monolingue de l'étude proposée dans le chapitre *Apport de données USI à la caractérisation du geste linguo-palatal* examine les éléments qui relèvent de la dimension diatopique ainsi que du contact linguistique et ceux qui appartiennent aux stratégies individuelles afin de parvenir à dégager les caractéristiques articulatoires intrinsèques aux consonnes concernées par l'étude. Le chapitre *Apport de données IRM à la caractérisation du geste linguo-palatal* décrit une étude monolocuteur des productions qui cible le contraste palatalisé *vs* non palatalisé. Dans le chapitre *Discussion generale, conclusions et perspectives* nous essayerons de montrer, à la lumière des travaux antérieurs en phonétique et phonologie, que les résultats des 4 études (sur la phonotaxe puis en expérimentation articulatoire) apportent de nouvelles connaissances sur la caractérisation du geste linguo-palatal et le classement des consonnes [+palatal] et plus particulièrement celles du russe.

**3. ELEMENTS NOUVEAUX DE
PHONOTAXE DU RUSSE ET
ANALYSE
DISTRIBUTIONNELLE :
FOCUS SUR LES
CONSONNES [+PALATAL]**

La revue de la littérature qui concerne la phonologie du russe (cf. section 1.2) nous a amenée à questionner des aspects phonotactiques de cette langue, notamment parce que notre étude interroge l'effet de la position dans la syllabe sur le geste linguo-palatal. L'étude¹⁹ qui fait l'objet de ce chapitre est basée sur une analyse de 15 000 lemmes transcrits phonologiquement et découpés en syllabes visant à proposer un ensemble de généralisations sur l'occurrence du trait *palatal* en lien avec les structures syllabiques et lexicales du russe. Les résultats de l'analyse sont mis dans une perspective typologique en adressant aux contraintes phonotactiques la question de la marque. Nous insistons plus particulièrement sur les questions de fréquence d'occurrences des consonnes [\pm palatal] et leur distribution à l'intérieur de la syllabe. Rappelons qu'en russe la palatalisation a un très haut rendement phonologique. Presque chaque consonne non palatalisée possède sa contrepartie palatalisée et il est assez aisé de trouver dans la langue des paires minimales contrastant sur le seul trait de palatalisation. Des désaccords existent toutefois entre les écoles phonologiques quant au statut phonémique de certains segments [+palatal] (cf. section 1.2.1). La palatalisation en surface peut être aussi le produit d'une assimilation articuloire. Ainsi, le système phonologique du russe se prête bien à l'observation de régularités de distribution des consonnes [+palatal] considérées comme articuloirement élaborées et donc plus complexes qu'une articulation primaire ou de base [-palatal]. Rappelons également que la notion de complexité articuloire a une interprétation dans la théorie de la marque. L'opposition marquée *vs* non marquée est déterminée empiriquement à partir de l'estimation du degré de complexité articuloire, respectivement plus difficile à articuler *vs* plus facile à articuler (Rice, 2007). Selon ce point de vue, la fréquence plutôt faible des consonnes [+palatal] dans les langues du monde, et également au niveau intrasystémique, pourrait être la conséquence de leur complexité articuloire qui se manifeste par un coût articuloire plus élevé. La fréquence des consonnes [+palatal] en russe peut être considérée comme un particularisme.

Notre examen de la littérature indique que les descriptions phonotactiques du russe reposent sur l'analyse de textes de divers genres et longueurs notamment dans les travaux de Peshkovskij (1925), Zlatoustova et al. (1986), Pirogova (2018). Nos résultats sur les régularités phonotactiques et distributionnelles des segments consonantiques, porteurs du trait [+palatal], sont discutés à la lumière de ces travaux antérieurs. L'étude que nous proposons permet aussi plus largement de discuter la relation entre des régularités observées dans les unités lemmatiques d'un

¹⁹ Cette étude a fait l'objet d'une publication Biteeva Lecocq, E., Vallée, N., & Faure-Vincent, D. La phonotaxe du russe dans la typologie des langues : focus sur la palatalisation. *JEP-TALN-RECITAL* 2020. Nancy, 8 - 12 juin 2020.

lexique, référant plutôt à une prononciation standardisée, et celles établies à partir d'autres types de corpus qui considèrent les mots en contexte.

3.1. MATERIEL ET METHODE

Notre étude est basée sur un lexique composé des 15 000 unités lemmatiques les plus fréquentes extraites d'un dictionnaire de fréquences d'à peu près 35 000 entrées lexicales. Ce dictionnaire de fréquences du russe est issu d'un projet coordonné par Sergej Sharov et Olga Ljashevskaja. Il a été constitué sur la base d'un recueil de textes du corpus national de la langue russe *Ruscorpora* et inclut une sélection de prose, de mémoires politiques, de journaux et de littérature scientifique populaire (environ 40 millions de mots). Tous les textes du corpus ont été rédigés en russe dans la période 1970-2002. Une version électronique et complète du dictionnaire (Ljashevskaja & Sharov, 2009) est disponible sur le site de l'Institut de la Langue Russe de Vinogradov de l'Académie des Sciences. La liste des entrées lexicales est considérée par les auteurs comme représentative du russe moderne.

Pour cette étude, les traitements effectués sur le lexique proviennent du protocole du projet *G-ULSID* (*GIPSA & UCLA – Lexical and Syllabic Inventory Database*) qui a pour objectif de constituer une base de données inédites de lexiques transcrits phonologiquement et découpés en syllabes pour la recherche de régularités phonotactiques dans les langues qui prennent en compte la structure syllabique et les niveaux infra- et supra-syllabiques (Vallée et al., 2009, Vallée, 2017). La base de données *G-ULSID* contient à ce jour les lexiques de 30 langues (cf. Figure 15), dont quelques-unes sont en cours d'introduction, totalisant pour l'ensemble quelques 580 600 syllabes extraites d'un peu moins de 173 900 lemmes.

Chaque unité lexicale est phonologiquement transcrite et syllabée, et chaque syllabe est décomposée en ses sous constituants (attaque et rime, à son tour décomposée en noyau et coda). Les langues sont sélectionnées sur des critères de représentativité définis par Maddieson (1984) pour les bases de données segmentales *UPSID* (*UCLA Phonological Segment Inventory Database*). Ils font référence à l'appartenance génétique et à la répartition géographique des langues. Celles retenues dans *G-ULSID* disposent toutes d'un dictionnaire ou d'un lexique dont les entrées sont soit phonétiques, soit phonologiques, soit orthographiques lorsque le code graphique de la langue est aisément interprétable avec un code phonétique. Lorsque la syllabation ne figure pas dans le lexique publié (ce qui a été le cas pour le russe, mais également pour la plupart des lexiques collectés), elle est réalisée par deux locuteurs natifs de la langue afin d'éliciter d'éventuels désaccords, certains pouvant aussi faire émerger une ambisyllabité (Derwing, 1992 ; Alvarez,

Carrieras et de Vega, 2000). Le cas échéant, il est fait appel à un troisième locuteur natif pour traiter ces cas toujours très minoritaires par rapport à l'ensemble du lexique (en moyenne moins de 0,5 %). Le projet *G-ULSID* s'inscrit dans la continuité de la base de données de Ian Maddieson et Kristin Precoda (Maddieson & Precoda, 1992). La moitié des lexiques du projet *G-ULSID* est issue de cette base de données. L'intégration de nouveaux lexiques est faite selon la méthodologie retenue par Maddieson & Precoda (1992). Ainsi, seuls les lemmes sont retenus et les emprunts récents sont écartés. Pour respecter ce point de méthodologie, le lexique du russe a été composé en retirant les prénoms et patronymes, les noms propres, les abréviations et interjections ainsi que les emprunts récents. La transcription étant phonologique, elle ne tient pas compte des allophonies et nous avons fait le choix de ne pas retenir : (1) les cas de palatalisation par anticipation de la première consonne dans les clusters (cf. section 1.2.1) ; (2) le dévoisement final ; (3) les processus de réduction vocalique évoqués section 1.2.2 ; (4) la simplification des groupes de consonnes systématiquement observée à l'oral dans les combinaisons comme *-stn*, *-zdn*, *-stl*, *-ntsk*, *-stsk*, *-vstv*, *-lnts* (Knyazev & Pozharitskaya, 2012).

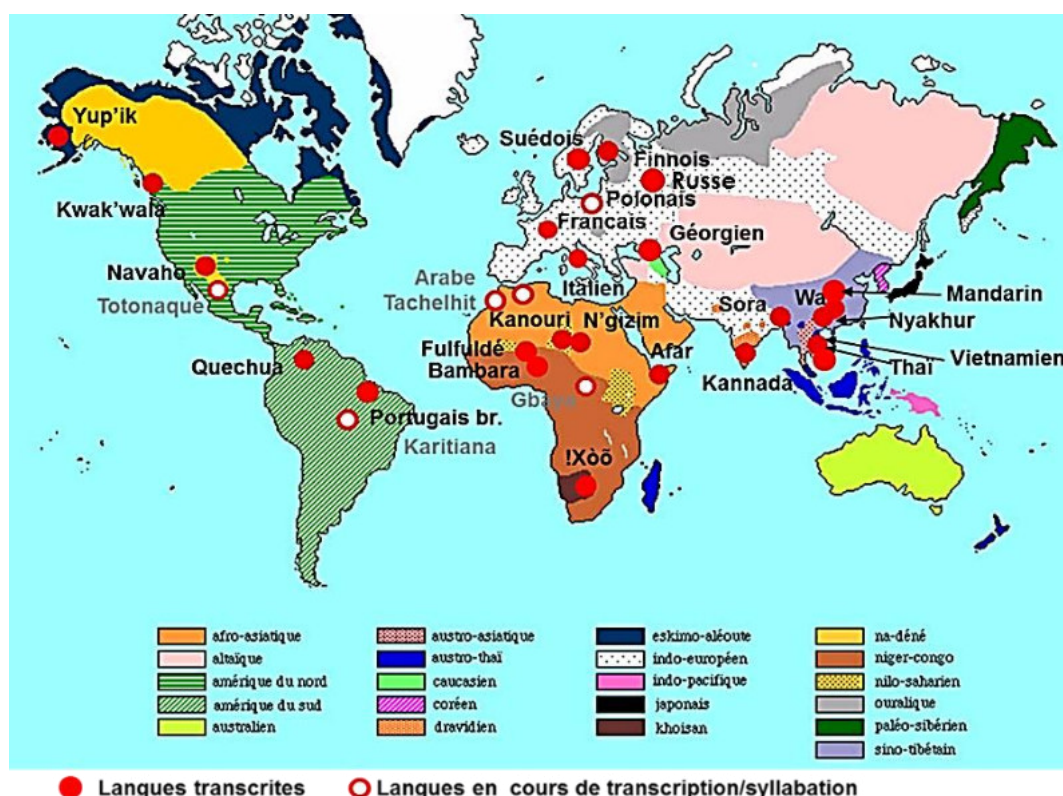


Figure 15 : Répartition des langues dans la base données G-ULSID selon l'appartenance génétique et la répartition géographique (d'après Vallée, 2017).

Dans le projet *G-ULSID*²⁰, les lexiques étaient d'abord stockés dans des fichiers textes analysés ensuite avec l'application Matlab. Récemment, les 27 lexiques ont été transférés dans une base de données relationnelles (MYSQL) consultable depuis des pages web (via le serveur APACHE et les langages de programmation PHP, HTML et Javascript). Le lexique du russe a été intégré directement dans la dernière version de la base de données d'abord par une conversion des graphèmes cyrilliques vers les symboles de l'API 2015, traitement effectué semi-automatiquement par un programme PHP et des requêtes SQL. Une autre application web a permis de vérifier la transcription du lexique et d'effectuer manuellement la syllabation des 15 000 entrées. Quelques points de discussion soulevés lors de la syllabation ont été vérifiés auprès de deux autres locuteurs natifs. Enfin, la plupart des statistiques et des graphiques présentés dans ce chapitre sont issus de l'application web qui analyse les données du russe provenant de la base de données MYSQL à laquelle est associée une interface pour l'exploitation des données. Celle-ci est sans cesse développée en fonction des besoins de la recherche. Elle permet l'extraction automatique des gabarits lexicaux et structures syllabiques associés à leurs fréquences d'occurrences, de calculer les occurrences des traits de lieu ou de mode, des phonèmes et des syllabes, et d'estimer leur rendement dans la ou les langues sélectionnées au préalable. Les informations dont découlent les propriétés phonotactiques sont récupérables à partir d'analyses distributionnelles et/ou du calcul de matrices d'occurrences et de cooccurrences en fonction des structures syllabiques et de leurs frontières. Ce travail a été effectué avec la collaboration de Denis Faure-Vincent, ingénieur en bases de données et développements informatiques à GIPSA-lab.

3.2. RESULTATS

Dans une première partie nous présentons un ensemble de résultats quantitatifs sur les structures syllabiques et lexicales du russe. Celles-ci sont replacées dans le contexte de l'étude typologique de Vallée & Rousset (2004) qui a porté sur l'analyse d'une quinzaine de langues de *G-ULSID*. Une seconde partie est consacrée à une analyse distributionnelle des consonnes [\pm palatal] du russe. Elle contient une analyse et une comparaison des occurrences et cooccurrences des consonnes et voyelles dans les syllabes de structures de types CV, CVC, CjV, CjVC, VC, VCj et CVCj à partir desquelles sont estimées des probabilités phonotactiques.

²⁰ <http://g-ulsid.univ-grenoble-alpes.fr/index.php>

3.2.1. Structures syllabiques et lexicales du russe dans une perspective typologique

Les lemmes de 3 syllabes sont les plus fréquents en russe (près de 37 % des entrées du lexique), les dissyllabes arrivent au 2^e rang (27,36 %). Avec une moyenne de 3,06 syllabes par lemme (ce que Vallée & Rousset (2004) reprennent sous la dénomination Forme Canonique), le russe intègre le Type 4 de la typologie des langues proposée par les auteurs, c'est-à-dire, parmi les langues qui présentent dans le même temps peu de monosyllabes et peu de lemmes de plus de 3 syllabes (cf. Figure 16). À noter qu'aucune langue de la base de données *G-ULSID* ne comporte un mode statistique supérieur à 3 syllabes par lemme.

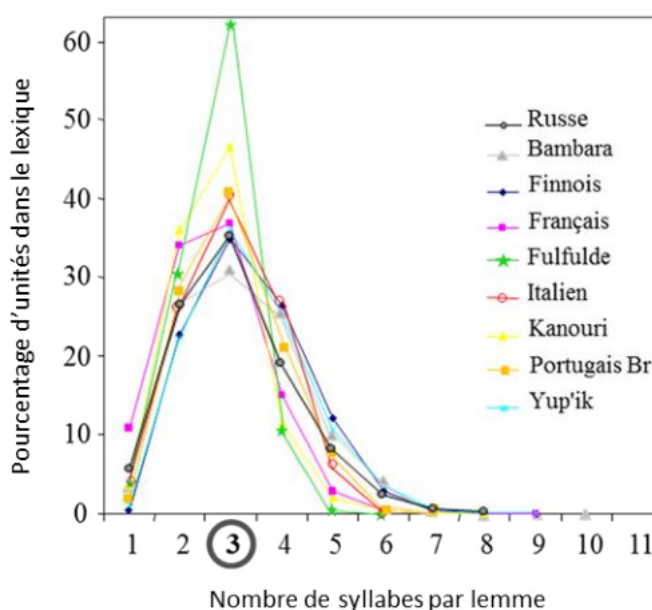


Figure 16 : Répartition des unités lexicales selon le nombre de syllabes. Le russe est représenté avec les langues de *G-ULSID* qui présentent un mode de distribution à 3 syllabes. Il s'agit du Type 4 qui regroupe les langues avec une majorité d'unités lexicales trisyllabiques (adapté à partir de Vallée, 2017).

Les syllabes biphonémiques sont majoritaires en russe (cf. Figure 17) comme c'est le cas pour les autres langues de la base de données (sauf bien entendu celles totalement ou fortement monosyllabiques qui sont de manière générale des langues d'Asie du Sud-Est), suivies de près par les syllabes à 3 phonèmes (47 % et 42 % respectivement). Les syllabes constituées de plus de 3 segments sont rares (moins de 8 % des syllabes relevées dans tout le lexique) ce qui correspond aux tendances générales observées pour l'ensemble des langues de *G-ULSID* (Rousset, 2004).

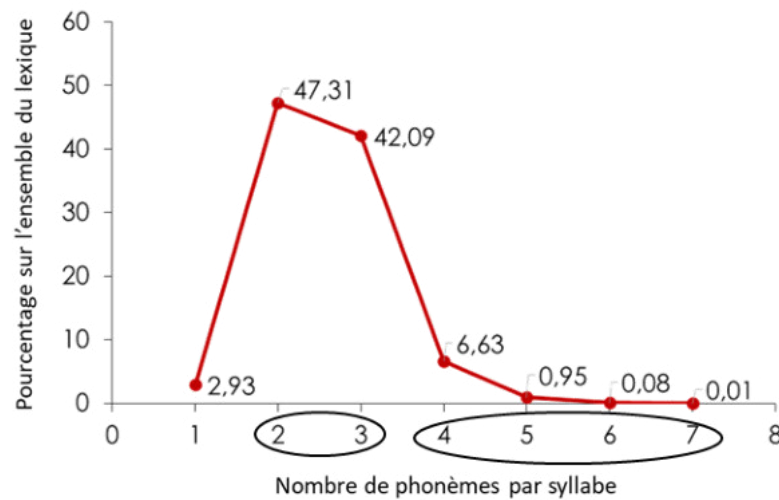


Figure 17 : Distribution des syllabes en russe par nombre de phonèmes. Les ellipses indiquent les syllabes bi- et triphonémiques majoritaires en russe et dans d'autres langues, contre les syllabes de plus de 3 segments rares en russe et de manière générale dans les langues de *G-ULSID*.

L'analyse de la répartition des lemmes du russe, en fonction du nombre de phonèmes, donne un nombre moyen de phonèmes par lemme qui s'élève à 7,82 (min=5,09, max=7,91), valeurs cohérentes avec celles des langues des types 3 et 4 de *G-ULSID* (à noter que le type 3 regroupe les langues dont le mode statistique de la distribution des unités lexicales par nombre de syllabes est 2). La loi de Menzerath (1954) décrit la relation entre le nombre de phonèmes par syllabe et le nombre de syllabes par lemme. Elle dit que le nombre de phonèmes par syllabe diminue à mesure que le nombre de syllabes par unité lexicale augmente. Cette tendance ne se vérifie pas en russe où le nombre de segments par syllabe reste stable et oscille autour de 2,5 quelle que soit la longueur du mot. Le rendement syllabique calculé pour le lexique (à partir du calcul du ratio entre le nombre total de syllabes et le nombre de syllabes différentes) permet d'évaluer l'efficacité d'une langue dans la combinaison des unités segmentales qui forment les syllabes (Rousset, 2004). Pour le russe, le ratio calculé est 12,81. Cette valeur est cohérente avec celles des langues du type 3 qui ont un rendement compris entre 5 et 14 (Vallée & Rousset, 2004) ce qui confirme une fois de plus que plus la proportion de mots longs est grande, plus les langues réutilisent des syllabes et ce qui leur permet de ce fait de limiter la taille de leur inventaire syllabique. Concernant les cadres (ou gabarits) lexicaux, nous avons relevé 1 205 structures différentes (sur 15 000 entrées) pour le russe (pour comparaison le lexique du suédois, langue appartenant au type 3 de la base de données *G-ULSID*, totalise 1 208 gabarits tandis que le sora et le ngizim du type 3 totalisent respectivement 495 et 67 cadres différents et les langues du type 4 comme, par exemple, le français ou le kanouri, et dont le russe fait partie, possèdent respectivement 949 et 210 structures lexicales différentes).

Les gabarits lexicaux les plus fréquents en russe sont CV.CVC et CV.CV.CVC avec respectivement 828 et 814 entrées. En revanche, le gabarit dissyllabique le plus fréquent CV.CV qui arrive au 1^{er} rang pour les langues du type 3 ou 4 ne représente en russe que 1,45 % des lemmes (218 sur 15 000 entrées). Concernant les structures syllabiques, les types CV et CVC totalisent 80 % des syllabes (respectivement 44 % et 36 %) et sont de loin les plus fréquentes en russe (cf. Figure 18, à gauche). Ces deux structures sont aussi majoritaires dans la plupart des langues. Le russe comporte plus de syllabes à attaque pleine (94 %) et satisfait ainsi au principe du *Maximal Onset Principal* MOP (Selkirk, 1982, 1984). Les syllabes complexes (avec attaque et/ou coda branchantes) sont écartées des 1^{er} rangs (6 % pour CCV et moins de 4 % pour les autres) en accord avec la relation inverse et universelle entre la fréquence d'une structure syllabique donnée et le degré de complexité de sa structure (estimée à partir du nombre de segments en position d'attaque ou de coda).

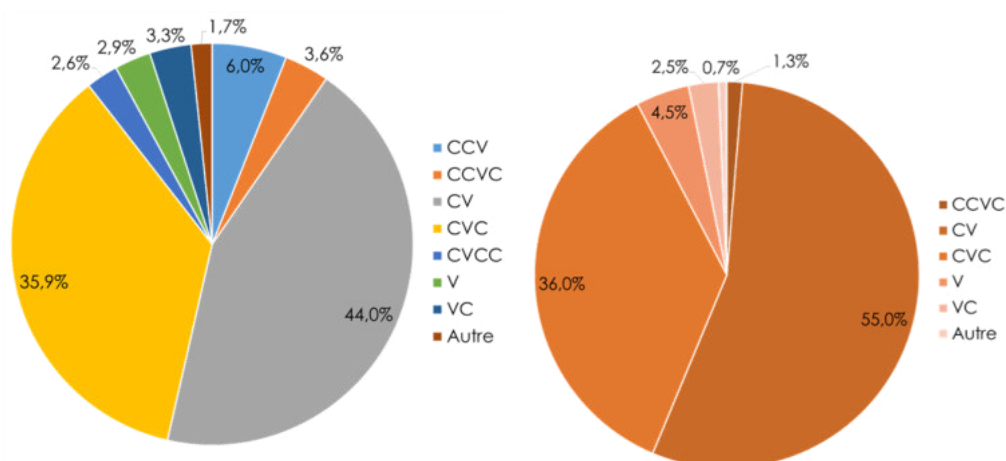


Figure 18 : Fréquence des différentes structures syllabiques en russe (à gauche). Pour comparaison avec la moyenne des langues du monde (à droite), d'après Rousset (2004).

3.2.2. Consonnes palatalisées du russe et phonotaxe

Le nombre d'occurrences des segments palatalisés dans le lexique du russe est inférieur à celui des non palatalisés, modes et lieux d'articulation confondus. Les consonnes palatalisées [+pal] sont moitié moins représentées que les consonnes non palatalisées [-pal], respectivement 18 271 (31 %) et 41 395 (69 % des 59 666 consonnes relevées dans le lexique). L'analyse de leur distribution à l'intérieur de la syllabe montre que les segments [-pal] apparaissent plus souvent que leurs contreparties [+pal] dans des attaques et des codas simples (dorénavant et respectivement AS et CS) ou complexes (dorénavant et respectivement AC et CC),

le cas CC représentant l'écart le plus grand entre les pourcentages d'occurrence des [-pal] et [+pal]) (cf. Table 6).

	AS	AC	CS	CC
[-pal]	64 % (20 499)	79 % (7 988)	70 % (10 119)	86 % (2 789)
[+pal]	36 % (11 441)	21 % (2 120)	30 % (4 264)	14 % (446)
Total	31 940	10 108	14 383	3 235

Table 6 : Répartition des consonnes [-pal] et [+pal] en fonction de leurs positions dans la syllabe.

Les fréquences d'occurrence des consonnes [-pal] vs [+pal] varient également en fonction du lieu de l'articulation. Nous avons également relevé une interaction entre lieu et position à l'intérieur de la syllabe. Premièrement, les consonnes [+pal] les plus favorisées sont les labiales et coronales : le ratio +pal/-pal est 1/3 pour les bilabiales (dorénavant *Bi*) et les labiodentales (*LDe*), 1/2 pour les coronales (*Co*) et à 1/7 pour les vélaires (*Ve*). Parmi les 18 271 consonnes [+pal], la coronale /tʃ/ est la plus répandue (près de 28 % (5 152) des occurrences) devant la latérale /l/ et les deux autres sonantes coronales /nʃ/ et /rʃ/ (respectivement 14 % (2 544), 12 % (2 238) et 12 % (2 227) des occurrences de consonnes palatalisées). Les pourcentages reportés Figure 19 ci-dessous sont calculés avec le nombre total d'occurrences pour chacune des catégories : 8 448 pour *Bi*, 5 254 pour *LDe*, 39 240 pour *Co* et enfin, 6 724 occurrences relevées pour *Ve*. Deuxièmement, les labiales *La* (qui regroupent *Bi* et *LDe*) et *Co* présentent un certain nombre d'asymétries distributionnelles. La Figure 20 montre la répartition des consonnes [-pal] et [+pal] dans le lexique en fonction de leur lieu d'articulation et de leur position dans la syllabe.

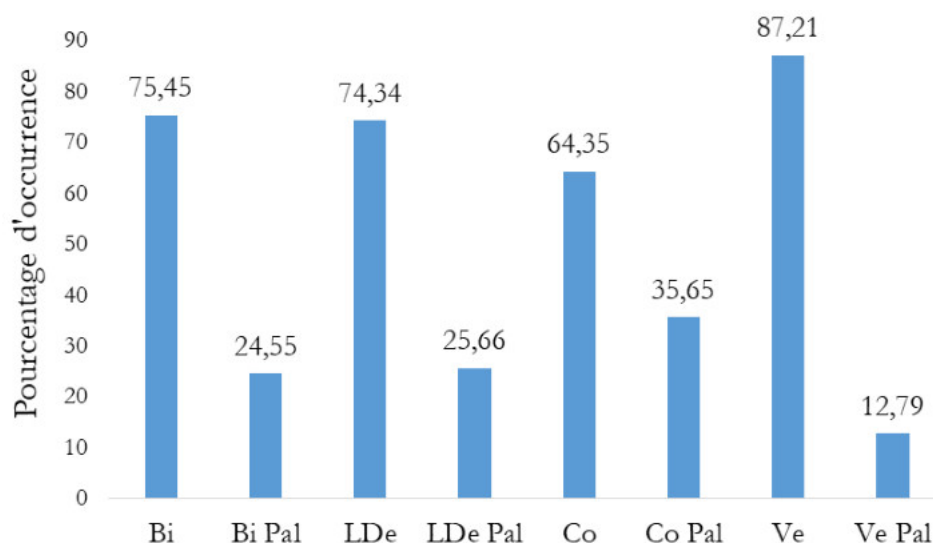


Figure 19 : Répartitions des occurrences des consonnes [-pal] vs [+pal] pour chacune des catégories calculées avec le nombre global d'occurrences pour une catégorie.

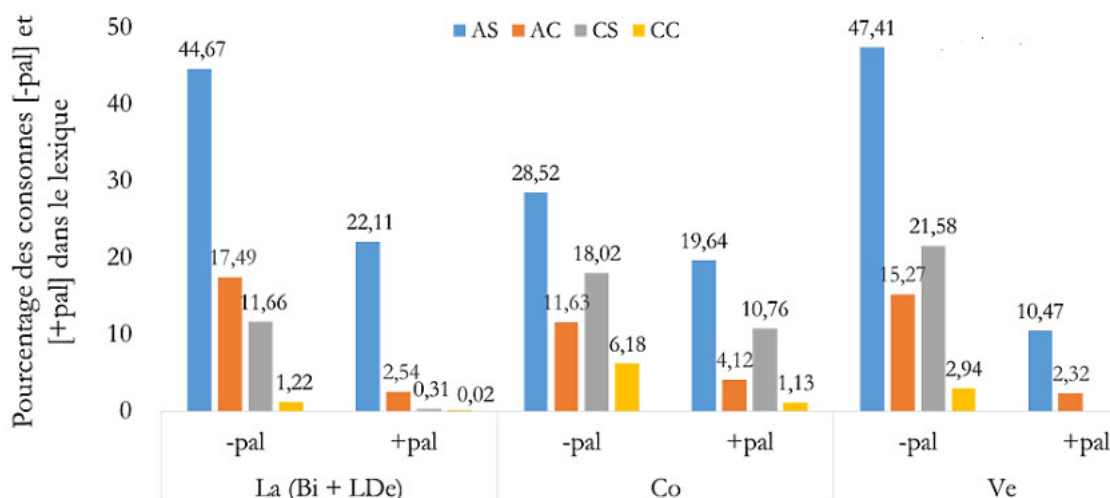


Figure 20 : Répartition des consonnes [-pal] et [+pal] selon leur lieu d'articulation et leur position dans la syllabe.

Les *La* [+pal] occupent assez rarement les positions de CS ou CC contrairement à leurs équivalents [-pal] : on trouve une seule occurrence de /bʲ/ en CC dans le mot /skorbʲ/²¹ « chagrin » (subst., nom., acc., sg.), et une trentaine de *Bi* [+pal] en CS sur les 8 448 occurrences de bilabiales relevées dans le lexique. Les bilabiales le plus souvent rencontrées dans les attaques, simples ou complexes, ont le trait [-pal] : 3 493 vs 1 900 pour [+pal] en AS ; cet écart est encore plus important en AC où les segments consonantiques [+pal] totalisent seulement 143 occurrences contre 1 750 pour ceux [-pal]. Les consonnes *LDe* suivent les mêmes tendances. On note une très faible présence de /f/ et /fʲ/ dans le lexique avec un rendement nul pour /fʲ/ en coda simple et complexe. Les coronales *Co* [+pal] sont généralement moins représentées dans le lexique que leurs contreparties [-pal] mais on relève cependant quelques exceptions : /tʲ/ est surreprésentée en coda simple par rapport à /t/ : respectivement 3 242 et 941 occurrences ; le nombre d'occurrences de /lʲ/ est supérieur à celui de /l/ sauf en AC. Les vélaires *Ve* [+pal] sont souvent limitées à la position initiale de syllabe devant voyelle et sont plus rares en AC : 153 occurrences sur 602 pour /kʲ/ et seulement 2 (sur 190) et 1 (sur 68) respectivement pour /gʲ/ et /xʲ/. Enfin, nous n'avons pas relevé de *Ve* [+pal] en coda, simple ou complexe, dans le lexique.

Le nombre d'occurrences des consonnes [+pal] /tʃ ʃ ʃʲ ʒ ʒʲ/ s'élève à 3 874 avec, dans l'ordre décroissant, 41 % (1 591) des occurrences correspondant à l'affriquée /tʃ/, presque 27 % (1 041) à la fricative voisée /ʒ/, tandis qu'un rendement nul a été constaté pour son équivalente palatalisée /ʒʲ/, environ 22 %

²¹ La transcription du lexique étant phonologique, elle ne tient pas compte du dévoisement final en russe : /skorbʲ/ > [skorpʲ].

(843) des occurrences correspondent à la non voisée /ʃ/ et, enfin, 10 % (399 occurrences) pour /ʃʲ/. Le glide palatal /j/ totalise à lui seul 4 794 occurrences. La distribution de /tʃʃʲz/ à l'intérieur de la syllabe est présentée Table 7 où sont portés les ratios par rapport au nombre total des occurrences de ces 4 segments. Une observation position par position montre que parmi les consonnes rencontrées dans les positions AS et CS, l'affriquée /tʃ/ est de loin la plus fréquente : rapportée à l'ensemble des consonnes en AS, elle représente 41 % des occurrences (1 111), et 45 % (430) en CS. L'affriquée est suivie des fricatives /ʃ/ et /z/ avec respectivement près de 20 % (534 occurrences) et 25 % (696) en AS, et 23 % (220) et 30 % (293) en CS. La palatalisée /ʃʲ/ présente le plus faible nombre d'occurrences (moins de 14 %, 370 sur 2 711 en AS). Les palato-alvéolaires sont rares en attaque complexe : parmi les consonnes trouvées en AC, 84 occurrences sur 163 ont été relevées pour /ʃ/ et 44 et 29 respectivement pour /tʃ/ et /z/. Comme précédemment, la fricative sourde /ʃʲ/ est sous-représentée par rapport aux trois autres consonnes dans cette position. Enfin, toutes sont extrêmement rares en CC.

	AS	AC	CS	CC
/tʃ/	28,68 % (1 111)	1,14 % (44)	11,10 % (430)	0,15 % (6)
/ʃ/	13,78 % (534)	2,17 % (84)	5,68 % (220)	0,13 % (5)
/ʃʲ/	9,55 % (370)	0,15 % (6)	0,54 % (21)	0,05 % (2)
/z/	17,97 % (696)	0,75 % (29)	7,56 % (293)	0,59 % (23)
Ratio global	69,98 %	4,21 %	24,88 %	0,92 %
Total	2 711	163	964	36

Table 7 : Fréquences des consonnes [+pal] dans le lexique en fonction de leur position dans la syllabe, rapportées au nombre total d'occurrences pour ces consonnes (3 874).

Concernant les cooccurrences entre les éléments consonantiques et vocaliques, dans les syllabes ouvertes et fermées de structures CV et CVC, les attaques palato-alvéolaires /tʃʃz/ favorisent les noyaux antérieurs /e i/ : au total 594 occurrences (CV + CVC) avec le noyau /e/ et 546 avec /i/, les syllabes avec /a/ arrivant derrière, avec 312 occurrences sur 1 694 pour l'ensemble des trois consonnes. La situation est différente pour les mêmes consonnes en position de coda dans les structures VC et CVC. En effet, en coda, les combinaisons /tʃʃz/ avec un noyau postérieur sont favorisées : /o/ précède /tʃ/ et /z/ avec respectivement 150 (sur 245) et 80 (sur 166) occurrences (VC + CVC) et /u/ précède /ʃ/ (55 occurrences sur 140). Les rangs de fréquence suivants sont occupés devant /tʃ/ par la voyelle

centrale /a/, postérieure /u/ et antérieure /e/ (respectivement, 32, 29 et 21 occurrences), tandis que /ʃ/ est précédé de /i/, /a/ et /o/ (37, 26 et 21 occurrences) ; /ʒ/ comme /ʃ/ est précédée de /a/ et /u/ (42 et 41 occurrences) mais n'est quasiment jamais précédée de voyelles antérieures ; enfin, /ʃ/ est précédé de /i/ dans 13 occurrences (VC + CVC). Les séquences noyau antérieur + coda palato-alvéolaire dans les structures VC et CVC ne sont pas favorisées contrairement aux séquences inverses attaque palato-alvéolaire + noyau. La fricative palatalisée /ʃ^j/ favorise également les noyaux /i/ et /e/ en AS : 130 et 85 occurrences sur 266, tandis qu'en coda des syllabes VC et CVC, cette consonne est précédée des voyelles postérieures /o/ et /u/ avec respectivement 10 et 2 occurrences sur 12.

Le calcul des matrices de cooccurrences entre segments consonantiques et vocaliques tautosyllabiques pour les structures de type CV, CVC et VC a été réalisé pour estimer la probabilité de cooccurrences des segments en séquence selon que cette dernière contient ou non une consonne palatalisée. Les matrices ont été calculées pour les 7 types de syllabes suivants : CV, C^jV, CVC, C^jVC, CVC^j, VC et VC^j. Des travaux antérieurs sur les cooccurrences ayant montré l'absence de tendances au niveau des modes articulatoires dans les structures syllabiques (Rousset, 2004, Vallée et al., 2009), ainsi, seuls les lieux d'articulation ont retenu notre attention. Les préférences phonotactiques ont donc été observées en regroupant les consonnes [±pal] par lieu d'articulation ($La = /p b m f v/$, $Co = /t d s z l n r/$ ou $Ve = /k g x/$). Ce regroupement a permis de comparer les résultats obtenus pour le russe, à ceux trouvés pour d'autres langues dans des études antérieures. Les résultats présentés Table 8 regroupent les syllabes CVC avec CV, et C^jVC avec C^jV, car aucun effet de la présence d'une coda n'a été relevé sur les préférences entre consonne en attaque et noyau vocalique.

Le nombre élevé d'occurrences dans le lexique étudié de /s^j/ en position d'attaque simple est lié à la présence des verbes réfléchis formés en ajoutant le postfixe -s^ja à la base verbale. Le rendement important de cette syllabe (1 241 occurrences) renvoyant à une fonction grammaticale est susceptible d'apporter un biais dans les tendances phonotactiques. Nous avons donc choisi de l'extraire des calculs sans l'évacuer de notre discussion. Les résultats présentés tiennent compte de cette soustraction.

	i	a	u	e	o
La	0,98	0,66	0,92	0	1,29
Co	1,29	1,07	0,99	0	0,84
Ve	0	1,35	1,17	0	1,07

	i	a	u	e	o
La	0,71	0,93	0,27	1,35	0,46
Co	1,01	1,15	1,41	0,94	1,34
Ve	1,91	0	0,11	0,27	0

*Table 8 : Cooccurrences attaque-noyau en russe estimées à partir du calcul du ratio R entre syllabes attestées et attendues dans les structures CVC + CV (à gauche) et CVC + CV (à droite). Les attaques sont en lignes. $R < 1$ signifie que les combinaisons ne sont pas favorisées ; $R = 1$ signifie qu'une prédiction n'est pas possible et $R > 1$ indique que la combinaison est favorisée. En gras sont indiquées les cooccurrences favorisées du russe (les résultats du test du χ^2 d'indépendance sont significatifs pour les structures CVC + CV ($\chi^2(8) = 1212,3, p < 0,0001$) et pour les structures CVC + CV ($\chi^2(8) = 782,69, p < 0,0001$), signifiant ainsi que les combinaisons C*V ne sont pas dues au hasard).*

Les résultats sur les préférences entre consonne et voyelle dans les syllabes de structure simple ouverte ou fermée montrent que la voyelle centrale est moins favorisée après les attaques labiales qui privilégient d'une part un noyau postérieur et d'autre part /o/ à /u/. Les consonnes *Ve* sont plutôt suivies des voyelles postérieures dans CVC et des postérieures et centrales dans CV. Les combinaisons entre consonnes *Co* et voyelles centrales sont privilégiées. Cette tendance est à relier à la centralisation de /i/ réalisée [i̠] en russe après les consonnes [-pal] (cf. section 1.2.2). En revanche, la tendance aux séquences *Coronale* + voyelle antérieure est portée essentiellement par les syllabes de type CjV et CjVC suggérant qu'un système avec une distinctivité [\pm pal] étendue à la plupart des unités consonantiques semble effacer une tendance observée dans les langues du monde. En effet, la matrice montre que lorsque l'attaque est une consonne [+pal], le noyau antérieur est favorisé dans les combinaisons quel que soit le lieu d'articulation consonantique.

L'examen des cooccurrences entre constituants de la rime dans les syllabes VC, CVC, VCj et CVCj montre que le nombre de combinaisons différentes possibles entre voyelle et consonne est plus restreint dans une structure VCj que dans CVCj. Cependant, les combinaisons préférées pour les deux structures sont /a/+/i/ et /i/+/tj/ alors que CVCj favorise /a/+/tj/ et /u/+/tj/. Les rimes avec noyau /a/, /i/ ou /u/ suivis de /tj/ relèvent pour l'essentiel des formes verbales infinitives. La moitié des structures VC présente les quatre combinaisons /o/+/t/ (271), /o/+/b/ (209 occurrences), /i/+/z/ (126) et /i/+/s/ (107) sur la somme de 1 449 structures VC attribuables en partie aux préfixes perfectifs.

3.3. DISCUSSION

Les résultats indiquent que, de manière générale, le russe suit les tendances observées dans les langues de *G-ULSID* par Vallée & Rousset (2004), Rousset (2004). Parmi celles-ci, les syllabes composées très majoritairement de 2 segments, les unités lexicales de 3 syllabes, cependant sans suivre la relation tendancielle entre le nombre de syllabes dans un mot et le nombre moyen de segments qui la composent (loi de Menzerath, 1954). La fréquence calculée des entées à 3 syllabes dans le lexique analysé est en cohérence avec les données expérimentales obtenues par Zlatoustova et al. (1986). Dans leur étude, une série d'expériences sur de la parole lue a été menée dans le but de définir l'inventaire des mots phonétiques en russe (en prenant en compte la position de l'accent lexical) à partir d'un nombre total de 5 733 mots extraits de textes de fiction lus par trois locuteurs natifs. L'enregistrement a été transcrit par 9 linguistes. La transcription contenait des informations qualitatives sur la réduction vocalique et consonantique, sur les limites des syntagmes, sur la frontière des structures rythmiques (celles-ci pouvant contenir plus d'un seul élément lexical en raison de toutes sortes de clitiques intégrés dans la prononciation avec l'élément lexical principal). Zlatoustova et collègues ont composé une liste de mots phonétiques types et ont ainsi calculé les fréquences des différents types de structures rythmiques. Les mots phonétiques à trois syllabes ont été observés comme les plus fréquents (environ 30 % pour chacun des locuteurs). Les dissyllabes sont au 2^e rang (entre 22 et 27 % d'occurrences en fonction du locuteur) suivies des structures rythmiques de 4 syllabes (entre 19 et 22 %), les monosyllabes arrivant en dernière position pour tous les locuteurs. Les résultats obtenus dans notre étude d'un lexique de 15 000 entrées lemmatiques confirment ceux de l'étude de Zlatoustova et collègues (1986) qui considèrent les mots réalisés en contexte. Ce résultat indique que les propriétés concernant la taille des structures lexicales en russe sont similaires entre les unités lemmatiques phonologiques du lexique testé et les mots phonétiques en contexte.

Rousset (2004) confronte la typologie fondée sur la répartition du nombre de syllabes par mot au nombre de phonèmes par syllabe et obtient une deuxième typologie présentant trois modèles différents d'organisation lexicale A, B et C. D'après cette typologie, les langues semblent privilégier les syllabes composées de 2 segments (type B, le plus fréquent) de la même manière qu'elles favorisent les unités lexicales dissyllabiques. Avec deux langues dissyllabiques, le sora et le suédois, et une langue trissyllabique, le yup'ik, le russe appartient au type C qui regroupe les langues dont le mode statistique de la distribution des syllabes par nombre de phonème est 2, avec une proportion très proche des syllabes de 3 phonèmes, les deux totalisant près de 90 % des syllabes sur l'ensemble du lexique.

Les syllabes du russe majoritaires sont de structure syllabique CV (structure canonique universelle) suivie de CVC, au 2^e rang des fréquences. Les structures se raréfient dans le lexique en fonction de la complexité des attaques et/ou des codas (estimée par le nombre de segments qui les composent). Le cadre lexical le plus fréquent en russe, bien que dissyllabique, diffère du gabarit CV.CV le plus fréquemment trouvé dans les langues de *G-ULSID* par le fait que la deuxième syllabe est composée avec une coda simple. La présence des stratégies individuelles de segmentation en syllabes a été mise en évidence dans une expérience (Kedrova, unpublished) de syllabification basée sur un ensemble de 653 mots totalisant 1 893 syllabes (égales au nombre de voyelles). La syllabification a été effectuée par 5 russophones natifs au cours de trois sessions consécutives. Une certaine différence dans les fréquences des différents types de syllabes a été relevée. Ainsi, au cours des deux premières sessions, arrivaient aux 1^{er} et 2^e rangs les structures syllabiques CV et CVC pour l'ensemble des locuteurs. En revanche, pour la troisième et dernière session ont été relevées (1) une inversion au niveau des fréquences des structures avec CVC arrivant au 1^{er} rang et (2) une segmentation par certains locuteurs en faveur des structures avec attaques et/ou codas complexes ce qui indique un découpage des unités en syllabes quelque peu « ambivalent » en russe. Signalons que dans notre lexique de 15 000 entrées, les structures syllabiques avec codas complexes constituent 3,4 % de l'ensemble du lexique. De ce pourcentage, 0,35 % sont des structures qui comportent les clusters constitués de 3 ou 4 consonnes et qui auraient pu induire un découpage « ambivalent » des unités en syllabes.

Les résultats obtenus en analysant les 15 000 lemmes du lexique font ressortir des asymétries de distribution des consonnes [\pm pal] à l'intérieur de la syllabe. Ils montrent qu'indépendamment du lieu d'articulation et de la position, la proportion des consonnes palatalisées est toujours inférieure à celle des non palatalisées avec quelques exceptions au niveau des coronales /tʲ lʲ nʲ rʲ/ (rappelons que parmi les 18 271 consonnes [+pal], /tʲ/ est la plus répandue avec près de 28 % des occurrences et se situe devant /lʲ/, /nʲ/ et /rʲ/ avec 14 %, 12 % et 12 % des occurrences de consonnes palatalisées). Les vélaires palatalisées sont absentes en CS et CC en plus des occurrences sous-représentées voire inexistantes des fricatives coronales /ʃʲ:/ et /ʒʲ:/. Le classement des vélaires et des labiales par ordre de fréquence décroissant dans le lexique est /k/ > /g/ > /x/ et /v/ > /p/ > /m/ > /b/ > /f/ pour les consonnes non palatalisées et également pour leurs équivalentes palatalisées. Il est identique à celui proposé par Pirogova (2018) et à celui de Peshkovskij (1925). Notons un faible nombre d'occurrences voire une absence de /gʲ/, /xʲ/ et /fʲ/ en AC et en CS ou CC. Rappelons que l'absence des

vélaires palatalisées en position finale constitue un des arguments de l'école phonologique de Moscou. Ce point de vue se trouve ici consolidé pour écarter le statut de phonèmes à ces consonnes. La distribution des vélaires dans le lexique étudié présente pour les structures CV les combinaisons privilégiées suivantes : V_e [+pal] + voyelle antérieure et V_e [-pal] + voyelle postérieure. En effet, en russe, mis à part les mots d'emprunt, les vélaires [+pal] ne sont pas présentées devant les voyelles postérieures et les [-pal] ne le sont pas devant les voyelles antérieures (cf. Pirogova (2018), section 1.2.1). Rappelons que l'opposition V_e [+pal] ~ V_e [-pal] est marginale devant voyelle et que le contraste, s'il est maintenu, est trouvé uniquement devant les voyelles postérieures (cf. section 1.2.1). Notons, qu'historiquement, les vélaires palatalisées étaient présentes en vieux slave et pas dans d'autres dialectes, mais seulement dans les emprunts (Remnjova, 2012). Enfin, nos résultats confirment le propos de Kochetov (2002) selon lequel les labiales et coronales [+pal] sont plus fréquentes dans les langues slaves que leurs homologues vélaires.

La sous-représentation de /f/ et /fʲ/ dans le lexique peut avoir une raison historique. D'abord présentes dans les emprunts, elles apparaissent en vieux slave au XI^e siècle lorsque /v/, après la chute des deux voyelles faibles antérieure et postérieure, se retrouve en fin de mot ou devant une consonne non voisée. Dans les langues slaves et dans certains dialectes du russe, il existe toujours une tendance à éviter [f] en le remplaçant par [p] ou [xv] : ex. /fʲi.'lʲip/ *Philippe* > [xvʲi.'lʲip] ou [pʲi.'lʲip] (Remneva, 2012). D'autre part, la transcription des 15 000 lemmes étant phonologique, le dévoisement final n'a pas été pris en compte. Ainsi, dans les exemples comme /krovʲ/ « sang » (subst., nom., acc., sg.) réalisé [krofʲ], la consonne labio-dentale palatalisée sonore /vʲ/ a été comptabilisée et non sa contrepartie sourde. Cette remarque est valable pour toutes les consonnes palatalisées et non palatalisées sonores en fin du mot.

Pour les consonnes coronales, l'ordre des fréquences des segments [\pm pal] relevé par Pirogova (2018) et Peshkovskij (1925) diffère de celui trouvé ici. Pirogova propose /n/ > /t/ > /s/ > /l/ > /r/ > /d/ > /z/ et idem pour les équivalents [+pal]. Nous avons obtenu pour les [-pal] /n/ > /s/ > /r/ > /t/ > /l/ > /d/ > /z/ et pour les [+pal] /tʲ/ > /lʲ/ > /nʲ/ > /rʲ/ > /sʲ/ > /dʲ/ > /zʲ/. La surreprésentation de /tʲ/ dans nos données peut s'expliquer par la présence des verbes à l'infinitif en /tʲ/ car notre lexique est composé de formes lemmatiques alors que Pirogova et Peshkovskij ont travaillé à partir de textes et donc de formes verbales fléchies. La forte présence de /lʲ/ a également une origine morphologique puisque cette consonne est un élément des suffixes *-/liv/* et *-/alʲ/* qui servent à former des adjectifs et des adverbes. L'explication du rendement des coronales [+pal] est peut-être dans l'évolution du slave commun. Comme rapporté section 1.3, la

palatalisation des consonnes peut être reconstruite vers les V^e–IX^e siècles. Rappelons que vers les VII^e–VIII^e siècles s'est produite la coalescence des consonnes avec yod -j. Les combinaisons *labiale* + [j] ont abouti à *labiale* + [l^j] par ajout d'une liquide épenthétique : [pj] > [pl^j], [vj] > [vl^j] etc. Les autres séquences *consonne* + [j] ont fusionné en consonnes palatalisées *Cj* > *Ci*. Ainsi, les contrastes /l/~/l^j/, /n/~/n^j/, /r/~/r^j/, /t/~/t^j/ étaient déjà présents durant cette période dans tous les dialectes du slave commun. D'autre part, /t/ et /t^j/ en fin de mot jouent le rôle d'indice morphologique en marquant les formes verbales du participe passé passif ou de l'infinitif, et /t^j/ est aussi un des marqueurs des noms féminins de la 3^{ème} déclinaison en russe. Enfin, les matrices de cooccurrences obtenues révèlent que les labiales et coronales [+pal] présentent un certain nombre d'asymétries distributionnelles, tandis que les vélaires [+pal] sont limitées à la position prévoicative de début de syllabe. D'après Kochetov (2002), cette dernière observation est aussi valable pour les autres langues slaves qui les comptent dans leurs inventaires phonologiques.

Le faible rendement de /ʃ^j/ comparé à /ʃ ʒ/ et le rendement nul pour son équivalent sonore, renvoie à la discussion concernant le statut de phonème de ces segments abordée section 1.2.1. Rappelons que les emprunts ont été écartés du lexique et d'autre part que la transcription phonologique peut parfois ne pas renvoyer à des réalisations phonétiques (allophones) ce qui ne nous permet pas de formuler de suggestions quant au statut phonologique de /ʒ^j/ (cf. section 1.2.1). Concernant /ʃ^j/, nous pensons qu'une transcription phonétique, plus fine, permettrait d'augmenter le nombre d'occurrences de cette consonne (rappelons que /ʃ^j/ dans certaines unités lexicales est une réalisation d'une combinaison bi-phonémique /s/ ou /z/ + /ʃ/ : /'gruz.ʃik/ > ['gru.ʃ^j:ik]). Cependant dans son corpus composé de trois textes d'environ 430 mots phonétiques chacun, Pirogova (2018) relève seulement 1 réalisation de [ʒ^j] et 25 de [ʃ^j] en regard de 105 et 98 réalisations pour [ʃ] et [ʒ] respectivement. Le nombre d'occurrences de cette dernière, supérieur à celui de /ʃ/ dans nos données, peut s'expliquer entre autres par le fait que la transcription étant phonologique, elle ne tient pas compte des processus de dévoisement final propre au russe, ex. /muʒ/ « mari » (subst., nom., sg.) > [muʃ] ; /'sto.roʒ/ « gardien » (subst., nom., sg.) > ['sto.roʃ] (exemples tirés du lexique).

Concernant les cooccurrences entre consonnes et voyelles dans le lexique, les résultats obtenus pour le russe diffèrent quelque peu de ceux de travaux antérieurs menés sur un certain nombre de langues (ex. MacNeilage & Davis, 2000 ; Vallée et al., 2009 ; Rousset, 2004). Ces études ont montré que les cooccurrences généralement favorisées sont des syllabes cadres « *pure frames* »

caractérisées par l'absence de mouvement antéro-postérieur de la langue entre le début et la fin de la syllabe et qui correspondent à une syllabe articuloire simple car réalisée par un geste mandibulaire auquel s'associe une seule configuration linguale. Ces cooccurrences sont consonne labiale + voyelle centrale (*La-Ce*), coronale + antérieure (*Co-An*) et vélaire + postérieure (*Ve-Po*). Le fait que le système consonantique du russe présente une distinctivité [\pm pal] étendue à tous les lieux d'articulation pourrait contraindre d'autres cooccurrences entre consonne et voyelle d'une même syllabe que celles prédites par la théorie *Frame/Content* (MacNeilage, 1998, 2008) selon laquelle le cadre syllabique est un cycle de l'oscillation de la mandibule et le début et la fin de la syllabe sont déterminés par la position haute de la mandibule. Le cycle mandibulaire fournit le cadre de la syllabe « *frame* » et les articulations consonantiques et vocaliques (« *content* ») sont données par les déplacements de la langue. Selon cette théorie, il existe une cohésion articuloire entre segments à l'intérieur d'un cycle mandibulaire. Ainsi, en russe, /e i/ sont favorisées après les consonnes [+pal]. Les labiales et les vélares [-pal] favorisent plutôt les combinaisons avec les voyelles postérieures. Ce résultat confirme les remarques de Kochetov (2002) et Pirogova (2018). Les coronales [\pm pal] sont trouvées favorisées dans plusieurs combinaisons avec des noyaux vocaliques comme relevé par Pirogova (2018).

Les tendances mises en évidence avec l'analyse d'un lexique de lemmes concordent avec les tendances trouvées dans d'autres études basées sur d'autres types de corpora qui permettent, comme mentionné plus haut, de considérer les unités lexicales en contexte. Cela indique que les propriétés phonotactiques du lexique analysé sont proches de celles des mots en contexte. Une transcription phonétique, plus fine, qui intégrerait des phénomènes d'allophonie fréquents pourrait sans doute permettre d'alimenter les tendances observées concernant la production de sons palatalisés : par exemple, la recherche de régularités phonotactiques dans les clusters, pour intégrer les cas de palatalisation par anticipation de la première consonne, et entre syllabes consécutives. Au-delà d'une description de la phonotaxe du russe, l'étude présentée dans ce chapitre s'inscrit dans une perspective typologique des propriétés phonotactiques universelles.

Nous avons vu sections 1.4 et 1.5 que, de manière générale, les consonnes palatalisées sont rares dans les langues et considérées comme articuloirement complexes. La fréquence des consonnes [+palatal] dans les langues du monde est également basse. Nous avons noté qu'au niveau intrasystémique les consonnes [+palatal] sont aussi très peu fréquentes. Le russe est donc une langue exceptionnelle quant au rendement de ces consonnes dans son système. Notons tout de même que dans le lexique analysé, ces segments sont aussi moins fréquents

et de ce fait marqués et plus complexes par rapport aux [-pal]. En effet, suivant une des règles implicationnelles, les langues (dont le russe) possèdent des unités sonores [+pal] si dans leur inventaire il existe les consonnes [-pal] correspondantes. Les contextes dans lesquels on rencontre les segments [+pal] sont limités. Parmi les obstruantes /tʃ ʃ ʃʲ ʒ/, l'affriquée est la plus fréquente et, rappelons, qu'elle l'est aussi dans les langues du monde avec la fricative post-alvéolaire /ʃ/ suivie de sa contrepartie sonore /ʒ/, tandis que /ʃʲ:/ et /ʒʲ:/ sont trouvées seulement dans quelques langues. Cela concorde avec les observations faites pour notre lexique.

Ainsi, après avoir examiné et discuté des aspects formels du rendement et des contraintes distributionnelles des segments consonantiques [+pal], nous proposons de poursuivre notre travail de caractérisation de ces segments en explorant leurs propriétés articulatoires. Les trois études qui suivent proposent de décrire le geste palatal impliqué dans la production de différents types de consonnes du russe et d'examiner grâce à trois techniques différentes (articulographie électromagnétique, imagerie par ultrasons et imagerie par résonance magnétique) les patrons spatiaux et temporels des configurations linguales impliquées dans la réalisation de ces consonnes. Leur variation est observée en fonction des facteurs locuteur, accent et position dans la syllabe, afin de repérer des caractéristiques articulatoires stables des consonnes [+pal] capables de faire avancer la discussion sur leur description, leur classement, et au-delà, sur le concept de complexité articulatoire et sur le contrôle moteur de l'articulateur lingual.

**4. ETUDE
ARTICULOGRAPHIQUE DU
GESTE LINGUO-PALATAL EN
RUSSE**

L'étude qui suit propose de caractériser le geste palatal impliqué dans la réalisation des différents types de consonnes palatalisées et palato-alvéolaires du russe et d'observer la variabilité de ce geste en prenant en compte différents facteurs tels que le locuteur, la position de l'accent et le type de structure syllabique. En fonction de ces différents facteurs extralinguistiques et linguistiques et à partir d'un ensemble de données articulatoires acquises à l'aide d'un articulographe électromagnétique, nous examinons dans cette étude les patrons spatiaux et temporels des configurations de la langue et leur variabilité au cours de la production de cinq consonnes cibles choisies. Dans un premier temps, nous analysons, comparons et classifions les configurations linguales à partir de quatre régions linguales différentes établies au niveau du plan médio-sagittal. Dans un second temps, nous examinons plus particulièrement la coordination temporelle (timing) de ces quatre régions pour fournir une description précise du geste palatal.

La procédure retenue nous permettra d'examiner la question de la « superposition » d'un geste palatal à une articulation de base lors de la production de consonnes palatalisées et ainsi de caractériser le contrôle du geste palatal, à savoir si le contrôle de la langue est global ou plutôt différencié selon les quatre zones, et s'il est différent entre consonnes palatales et consonnes palatalisées et selon les locuteurs, l'accent et la position intra-syllabique. Il s'agit également de caractériser le geste palatal lorsqu'il relève d'une dimension primaire ou secondaire et de le replacer dans la classification des consonnes référencée dans la littérature, prenant en compte le degré de complexité articulatoire défini par le nombre de traits qui se superposent à une articulation primaire.

L'aspect multilocuteur de l'étude nous permettra de discuter les éléments qui relèvent plutôt de la dimension diatopique ainsi que du contact linguistique et ceux qui relèvent plutôt de stratégies individuelles (morphologie du conduit vocal) et de dégager les caractéristiques articulatoires intrinsèques aux consonnes palatalisées et palatales.

4.1. HYPOTHESES TESTEES

Afin de caractériser le geste impliqué dans la production des consonnes [+palatal] nous mettons à l'épreuve les hypothèses suivantes.

1. Si le geste palatal relève d'une articulation secondaire, alors l'élévation de la partie antérieure précède l'élévation du dos de la langue dans la région palatale ; si le geste palatal est une articulation primaire, soit le dos de la langue s'élève d'abord suivi du geste de la pointe, soit le dos de la langue et la pointe s'élèvent ensemble (Lindblom & Maddieson, 1988 ; Recasens & Romero, 1997) ;

2. Si l'accent influence l'articulation linguale, un geste plus tendu, donc plus ample et global avec plus de cohésion entre les différentes régions de la langue est attendu sous l'accent (Straka, 1964 ; Kelso et al., 1986 ; Fougeron, 1998) ;
3. Si la position à l'intérieur de la syllabe a un impact sur le geste de la langue, alors un timing moins synchrone des différentes régions linguales ainsi qu'une réduction de l'amplitude du mouvement articuloire causée par un effort articuloire moindre, sont attendus en position de coda (Browman & Goldstein, 1988, 1995 ; Byrd, 1995 ; Kingston, 2008).

4.2. METHODOLOGIE

4.2.1. Locuteurs

Neuf russophones natifs, 3 hommes et 6 femmes, âgés de 23 à 42 ans ont participé à cette étude. Les participants sont originaires de différentes régions de Russie, ce qui nous permet d'envisager l'observation de facteurs de variation diatopique. À la date de l'expérience, tous résident en France depuis une période de quelques mois à 20 ans. Sept sont soit des doctorants en biomécanique ou en linguistique, soit des étudiants Erasmus (programme d'échange d'étudiants entre universités, grandes écoles et établissements d'enseignement à travers le monde) à l'Université Grenoble Alpes. Un locuteur IH, titulaire d'un diplôme d'architecture, est salarié dans une autre spécialité, et un locuteur TA est un enseignant-chercheur de l'Université Grenoble Alpes. La plupart d'entre eux parlent couramment le français et l'anglais. Trois d'entre eux (IH, KB et TA) sont établis en France de façon permanente. Tous ont acquis le russe en Russie, sauf le locuteur MT (femme) qui a grandi en Lettonie mais qui a le russe comme langue maternelle. Aucun d'entre eux, à l'exception du locuteur KB n'a été informé au préalable de l'objectif de l'étude. La Table 9 ci-dessous présente les caractéristiques des participants à l'expérience EMA.

Locuteur (genre)	Âge	Résidence en France depuis (nb d'années)	Lieu de naissance	Lieu(x) de résidence	Langues étrangères pratiquées
AD (m)	23	2	Moscou (Russie)	France	français, anglais
IM (f)	27	3	Sysert (Russie, région de Sverdlovsk, Oural)	France, Angleterre (6 mois)	français, anglais
IH (f)	42	20	Dzerzhinsk (Russie, région de Nijni Novgorod)	France	français
KB (f)	28	7	Mourom (Russie, région de Vladimir)	France	français, anglais
MK (m)	23	1	Irkutsk (Russie, région d'Irkutsk, Sibérie de l'Est)	France	français, anglais
MT (m)	24	2	Volgograd (Russie, région de Volgograd)	France	français, anglais
MT (f)	34	3	Riga (Lettonie)	France (3 ans), Espagne (5 ans)	russe (maternelle), letton (bilingue), anglais, espagnol, français
TA (f)	35	14	Yaroslavl (Russie, région de Yaroslavl)	France	français
TU (f)	26	1	Saint Petersburg (Russie)	France, Belgique (2 ans), Angleterre (1 an)	français, anglais

Table 9 : Informations sociolinguistiques concernant les participants de l'étude EMA.

4.2.2. Stimuli

Le corpus constitué et enregistré pour l'étude intègre les 3 conditions suivantes : accentuation (tonique/atone), position dans la syllabe (attaque/coda) et type consonantique [\pm pal]. Le corpus complet est présenté Annexe 2. Il est constitué de 40 unités lexicales comportant chacune une consonne cible. Les consonnes cibles retenues pour la présente étude /t tʃ ʃʃʃ: ʃ/ sont des plosives ou fricatives coronales plus une affriquée coronale. Nous justifions ce choix de consonnes par le fait que l'atteinte de la cible apicale lors de la production de ces consonnes libère le geste dorso-lingual pour la palatalisation permettant de suivre aussi plus aisément son déplacement vers la cible palatale.

- Pour tester la 1^{ère} hypothèse concernant la nature du geste linguo-palatal (articulation primaire vs secondaire), des paires minimales contrastant sur le trait de palatalisation ont été intégrés dans le corpus : ex. /pil/ ~ /pʲil/ « ardeur » (subst., nom., acc., sg.) vs « boire » (verbe, 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} pers., masc., sg., passé, imperfect.).
- Pour étudier l'impact de l'accent et tester ainsi la 2^{ème} hypothèse, nous avons intégré dans le corpus des unités avec une consonne [+palatal] dans la position tonique, puis d'autres unités comportant la même consonne dans une syllabe atone. L'accent ayant une fonction distinctive pour ces mots, le même contexte vocalique a été préservé pour les membres d'une paire : /'pʲi.satʲ/ ~ /pʲi.'satʲ/ « faire pipi » (forme infinit., imperfect.) vs « écrire » (forme infinit., imperfect.), /'sʲe.la/ ~ /sʲe.'la/ « asseoir » (verbe, 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} pers., fém., sg., passé, perfect.) vs « village » (subst., gén., sg.).
- Pour tester la 3^{ème} hypothèse qui concerne l'influence de la position dans la syllabe sur le geste linguo-palatal, le corpus a été complété avec des occurrences comportant une consonne palatalisée ou palatale, en position d'attaque et de coda, ex. /pʲatʲ/ vs /topʲ/ « cinq » vs « la vase » (subst., nom., acc., sg.), /sʲadʲ/ vs /losʲ/ « asseoir » (forme injonc., 2^{ème} pers., sg.) vs « élan » (subst., nom., sg.) etc.

Un point concernant le phénomène d'assimilation articulatoire du trait palatal dans des mots avec la structure C₁C₂VC où C₁ ne se palatalise pas au contact de C₂ palatalisée phonologiquement (cf. section 1.2.1) a également été intégré dans le corpus pour une étude ultérieure. Ces stimuli ne seront donc pas considérés ici.

Pour la présente étude, nous avons retenu un ensemble de 18 mots mono- ou dissyllabiques comportant une des 5 consonnes cibles. Chaque mot a été intégré dans une phrase porteuse /ti 'vʲi.dʲe.la /*mot cible*/ dva (tri) 'ra.za/ « Tu as vu *mot cible* deux (trois) fois ». Le contexte droit et gauche facilite la segmentation

acoustique et minimise les effets suprasegmentaux. Les mots contenant les consonnes cibles sont listés Table 10 ci-dessous.

Condition	Consonne(s) cible(s) (API)	Stimuli	Glose
Paire minimale	t ~ tʲ	/tuk/ ~ /tʲuk/	bruit provoqué par un coup sur une surface dure (onomat.) vs baluchon (Nom., Acc., Sg.)
	tʲ	/'tʲe.lo/ vs /tʲe.'la/	corps (Nom., Acc., Sg.) vs corps (Nom., Acc., Pl.)
Tonique vs Atone	tʃ	/'tʃer.tʲi/ ~ /tʃer.'tʲi/	diablotin (Nom., Pl.) vs tracer (2 ^e pers., Sg., Imperf., Imper.)
	ʃ	/ʃestʲ/ vs /ʃes.'tʲi/	six (Nom., Acc.) vs six (Gen., Dat., Prep.)
	ʃj:	/ʃj:it/ vs /ʃj:i.'ta/	bouclier (Nom., Acc., Sg.) vs bouclier (Gen., Sg.)
	tʲ	/tʲap/ vs /matʲi/	faire qqch à la va-vite (onomat.) vs mère (Nom., Acc., Sg.)
	tʃ	/tʃem/ vs /mʲetʃ/	que (Conjonc.de subord.) vs épée (Nom., Acc., Sg.)
Attaque vs Coda	ʃ	/ʃov/ vs /voʃ/	suture (Nom., Acc., Sg.) vs poux (Nom., Acc., Sg.)
	ʃj:	/ʃj:elʲ/ vs /lʲeʃj:/	fente (Nom., Acc., Sg.) vs brème (Nom., Sg.)

Table 10 : Stimuli sélectionnés pour l'étude EMA.

4.2.3. Protocole

Les données ont été acquises dans la chambre anéchoïque du GIPSA-lab à Grenoble à l'aide d'un articulographe électromagnétique 2D (AG200 Carstens®) à une fréquence d'échantillonnage de 200 Hz. Quatre bobines ont été collées sur la langue (cf. Figure 21) : 2 au niveau de la pointe et de la lame (*Tongue Tip et Tongue Blade*), et 2 au niveau du dos de la langue (*Tongue Dorsum mid et Tongue Dorsum back*). Deux autres bobines de référence ont été collées l'une au niveau de la racine du nez (nasion) et l'autre au niveau des incisives supérieures (entre 11 et 21) pour la

correction des mouvements de la tête dans le plan médio-sagittal des locuteurs. Une septième bobine a été positionnée entre les incisives inférieures (41-31) pour capturer le mouvement mandibulaire.

Les données acoustiques ont été acquises avec un enregistreur numérique Marantz PMD 670 (échantillonnage 22,05 kHz) et un micro AKG C1000S. Les locuteurs étaient assis face à un écran 17 pouces AG NEOVO X-17A, placé à une distance de 1 mètre, où l'expérimentateur faisait afficher les énoncés à produire écrits en cyrillique (Calibri, 66). Les stimuli ont été présentés 5 fois en ordre aléatoire pour chaque participant, par série de 10 items avec une pause de cinq secondes entre deux séries consécutives. L'instruction donnée était de lire chaque énoncé à voix haute avec une vitesse d'élocution normale. Environ 90 tokens par locuteur ont été enregistrés. Le nombre varie d'un locuteur à l'autre en raison d'hésitations et/ou de prononciation erronée, même si tous les locuteurs se sont déclarés être familiers avec l'ensemble des stimuli qui leur ont été présentés.

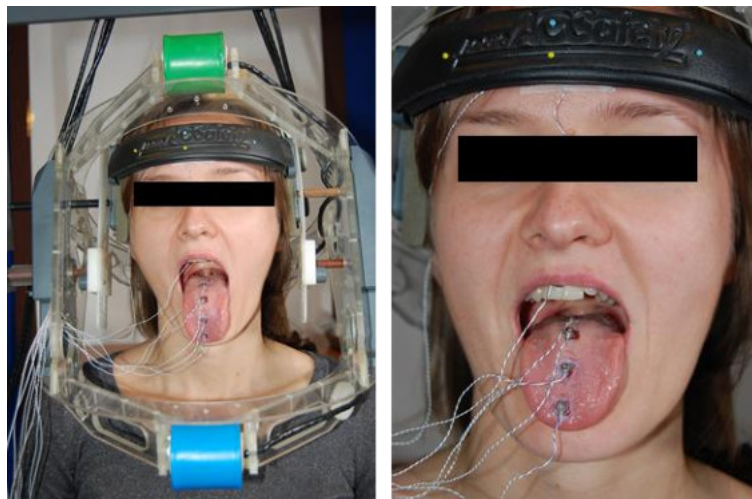


Figure 21 : Acquisition de données à l'aide d'un EMA® 2D, AG-200.

À la fin de l'enregistrement, les contours du palais pour chaque locuteur ont été acquis à l'aide d'une bobine collée sur l'index de l'expérimentateur pour tracer le contour du palais le long de la ligne médio-sagittale depuis la partie arrière du palais dur au bord des incisives supérieures. Les tracés ont été utilisés comme support visuel dans les analyses des trajectoires de mouvement de la langue. Cependant, aucune information concernant le lieu d'articulation ne peut être extraite ou calculée en fonction des tracés acquis en raison d'une part de l'incertitude de mesure (erreur intrinsèque) estimée supérieure à 1,5 mm et d'autre part parce que ce tracé est capturé à la fin de la séance d'enregistrement pour toutes les productions. Chaque session d'enregistrement durait environ une heure, temps de préparation inclus. Tous les participants ont préalablement rempli un formulaire de consentement éclairé (cf. Annexe 2).

4.2.4. Mesures et analyses statistiques

Les données articulographiques ont été recalées par rapport au plan occlusal de chaque locuteur utilisé ici comme référence anatomique et également comme référence du plan orthogonal bidimensionnel XY. Les trajectoires des mouvements des articulateurs ont été analysées dans l'environnement Matlab® à l'aide du logiciel interne TRAP développé par Christophe Savariaux, ingénieur de recherche CNRS GIPSA-lab, qui a également effectué l'acquisition et le prétraitement des données. Pour suivre, mesurer et analyser les déplacements et le timing des quatre zones de la langue en lien avec le geste mandibulaire, les minima et maxima des courbes de déplacement des articulateurs ont été automatiquement identifiés à partir des passages par zéro de la courbe de vitesse de la mâchoire et de chaque partie de la langue (au moyen des quatre bobines collées sur celle-ci). Les cibles articulatoires consonantiques /t tʲ ʃ ʃʲ ʧ/ ont été considérées comme atteintes lorsque la pointe de la langue arrivait à sa position verticale maximale.

Dans un premier temps, nous avons examiné et analysé la forme statique et la position de la langue dans la cavité buccale à l'instant où l'apex atteint sa position maximale. Les configurations spatiales du contour lingual ont été récupérées en ajoutant à la position XY du *Tongue Tip* (TT) les coordonnées XY des trois points de référence suivants correspondant aux bobines : TB (*Tongue Blade*), TD_m (*Tongue Dorsum mid*) et TD_b (*Tongue Dorsum back*). Le déplacement des bobines a été suivi à partir de leurs coordonnées dans l'espace XY, X correspondant à l'avancement ou au recul mesuré à partir de la bobine de référence collée au niveau des incisives supérieures et Y à la hauteur mesurée à partir de la référence donnée par le plan occlusal (cf. Figure 22).

Dans un second temps, nous avons analysé l'organisation temporelle (*timing*) du déplacement des 4 bobines linguales (TT, TB, TD_m et TD_b). Afin de décrire la dynamique du mouvement de la langue à partir de ces 4 régions, la différence (Δt) entre un temps de référence et le moment où chaque bobine a atteint sa position verticale maximale a été mesurée. Les maxima correspondent à l'atteinte par les différentes zones linguales de la cible articulatoire. Le point temporel de référence, considéré comme le point de départ du geste lingual pour atteindre la cible consonantique, est l'instant à partir duquel la mandibule, articulateur support de la langue, remonte pour fermer la cavité orale et pour réaliser l'articulation consonantique. Dans nos données, cet instant est situé dans la réalisation acoustique de la voyelle centrale basse /a/ de la phrase porteuse précédant les consonnes cibles et correspondant à la position la plus basse de la mandibule (cf. Figure 22). Ainsi, pour chaque segment consonantique nous avons relevé les mesures suivantes :

- l'intervalle de temps entre le point de référence (position la plus basse de la mandibule) et le point correspondant au maximum du déplacement vertical de TT (atteinte de cible de la consonne apicale) : Δt_1 ;
- l'intervalle de temps entre le point de référence et le point maximum du déplacement vertical de la lame TB : Δt_2 ;
- l'intervalle de temps entre le point de référence et la position maximale sur le tracé du déplacement vertical de TD_m : Δt_3 ;
- l'intervalle de temps entre le point de référence et le point correspondant à la valeur maximale de la position verticale TD_b : Δt_4 .

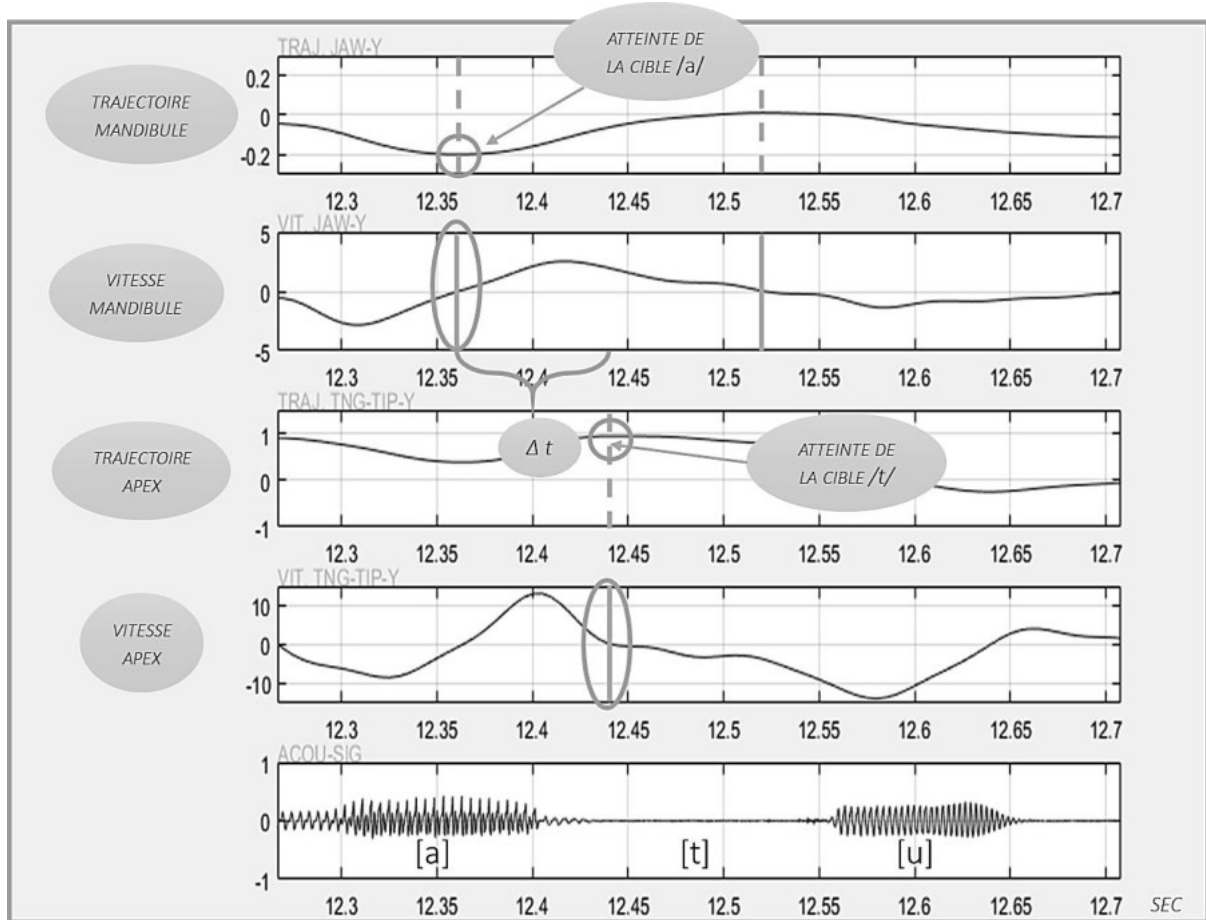


Figure 22 : De haut en bas, trajectoires et vitesses des mouvements des articulateurs mandibule et pointe de la langue. Sur la figure Δt correspond à l'intervalle temporel entre l'instant correspondant au minimum de la position de la mandibule (situé dans la réalisation de la voyelle /a/) et l'instant correspondant au maximum de déplacement vertical de la pointe (atteinte de cible de la consonne apicale /t/). Les minima et maxima des courbes de déplacement des articulateurs ont été identifiés automatiquement à partir des passages par zéro de la courbe de vitesse de la mâchoire et de chaque partie de la langue.

Une analyse statistique (menée avec le soutien de Silvain Gerber, ingénieur statisticien au GIPSA-lab) a été conduite sur la variable réponse *Durée (ms)* en évaluant l'influence de trois facteurs sur celle-ci : Consonne (t, tʲ, tʃ, ʃ et ʃʲ), Accent (syllabe accentuée *vs* atone) et Position dans la syllabe (attaque (ou onset) *vs* coda). Pour examiner les potentiels effets de l'accent et de la position intrasyllabe, nous avons créé la variable *Renforcement articulatoire* selon trois modalités : (1) position accentuée et attaque syllabique (Accent*Onset), (2) position accentuée en coda (Accent*Coda) et (3) position non accentuée d'attaque syllabique (Atone*Onset). Ces modalités peuvent être interprétées comme des conditions correspondant à différents degrés d'effort articulatoire. Étant donné que le manque de mesures pour la plosive /t/ dans les conditions Accent*Coda et Atone*Onset rend impossible l'intégration de l'interaction Consonne*Renforcement Articulatoire dans le modèle statistique, deux analyses distinctes ont été effectuées. La première est axée sur les consonnes /t/ et son équivalent [+palatal] /tʲ/ dans la modalité Accent*Onset. La seconde a intégré le facteur *Renforcement Articulatoire* en excluant /t/. Un modèle linéaire à effet mixte a été réalisé (extension du modèle linéaire où les effets aléatoires se rajoutent aux effets fixes). Ce choix vient du fait que, dans notre étude, plusieurs valeurs pour la variable *Durée* proviennent des productions du même participant et il en est ainsi pour tous les participants. Cette réalité ne garantit donc plus l'indépendance des observations (une des conditions des méthodes d'analyse de la variance telles qu'ANOVA). Ici, les effets aléatoires sont attribués au locuteur. L'accent et la position dans la syllabe, facteurs communs à l'ensemble des individus, sont les effets fixes (ou les effets facteurs du modèle). Celui-ci a été réalisé en utilisant la fonction *lme* du package *nlme* du logiciel R.

Les mesures des déplacements et positions des 4 bobines positionnées sur la langue étant corrélées entre elles, une modélisation de la matrice de variance/covariance a été réalisée et intégrée au modèle linéaire à partir de la proposition de Bazzoli et al. (2015) et en utilisant les paramètres *Weights* et *Correlation* de la fonction *lme* (cf. Figure 23).

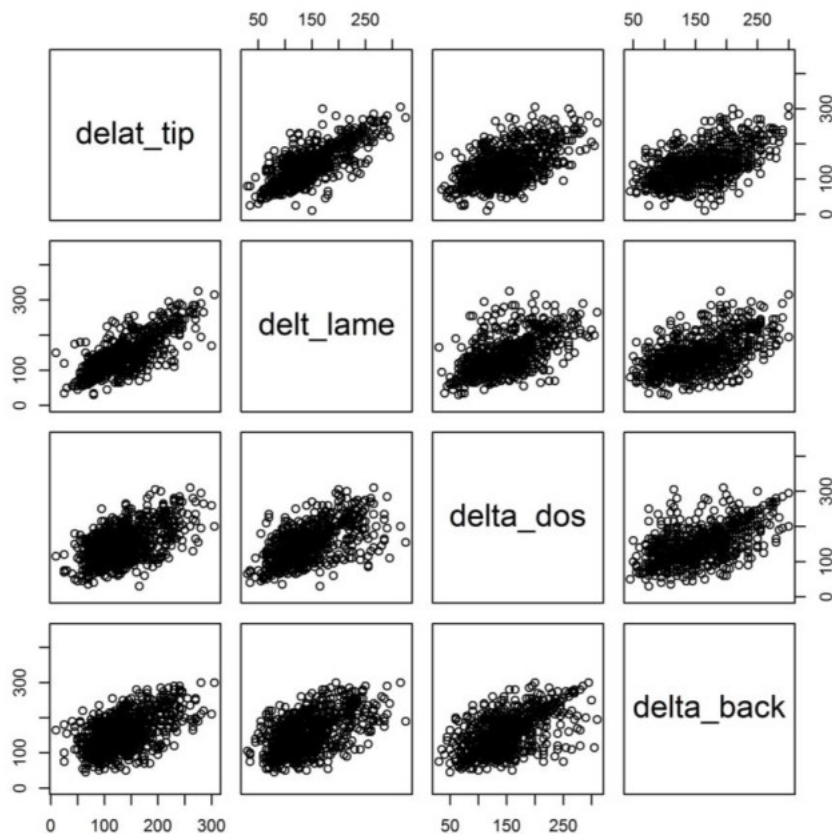


Figure 23 : Représentation des valeurs Δt de la matrice de variance/covariance pour les 4 bobines sur la langue (TT, TB, TD_m et TD_b). Pour rappel, les Δt correspondent aux intervalles temporels entre l'instant correspondant au minimum de la position de la mandibule (situé dans la réalisation de la voyelle /a/) et l'instant correspondant au maximum de déplacement vertical de chacune des zones linguales repéré par la position des bobines électromagnétiques correspondantes. Ces intervalles temporels caractérisent la mise en place du geste consonantique.

A l'issue de ce processus, les conditions d'application du modèle ont été testées en s'assurant que les résidus suivent une loi normale. Des comparaisons multiples ont été effectuées à partir du modèle en utilisant la fonction `glht` du package `multcomp` de R pour (1) analyser la coordination temporelle des 4 bobines (et donc des 4 régions de la langue) pendant la production de chaque consonne cible, (2) comparer le timing des 4 bobines en fonction des différentes consonnes cibles, (3) comparer les positions des 4 bobines pour une consonne donnée selon les trois modalités du facteur *Renforcement Articulaire*. Le risque de première espèce associé à la prise simultanée de toutes les conditions ne dépasse pas le seuil de 0,05 en ajustant les p-valeurs.

4.3. RESULTATS

4.3.1. Patterns spatiaux

Les résultats sont illustrés avec les Figure 24 à Figure 29 suivantes. Elles montrent les positions des quatre bobines TT (pointe de la langue), TB (lame), TD_m (mid-dorsum) et TD_b (back-dorsum) au moment où l'apex atteint sa position verticale maximale. Les configurations spatiales ont été récupérées à partir des coordonnées XY en centimètres (rappelons que X indique le degré d'avancement de la langue et Y la hauteur de la langue dans la cavité buccale). Ces positions sont utilisées pour déduire des informations sur le contour lingual, par locuteur et par consonne.

4.3.1.1. Paire minimale /tuk/ ~ /tʲuk/

Les données articulographiques indiquent que l'articulation de /t/ est apicale pour 7 locuteurs (IM, TU, IH, TA, MT_m, MT_f et KB) sur 9 : la pointe de la langue atteint la cible consonantique (c'est-à-dire le point de fermeture maximale) dans la région dento-alvéolaire. Pour trois d'entre eux (IM, TU et IH), la langue présente un quasi alignement des bobines TB, TD_m et TD_b. Ci-dessous sont indiqués les moyennes M et écarts types SD correspondants (désormais $M \pm SD$) des valeurs des coordonnées (X, Y) des bobines suivantes TT, TB, TD_m et TD_b, pour IM, TU et IH (toutes les mesures sont en cm) : (1,47, 0,65) \pm (0,09, 0,087), (2,42, 0,08) \pm (0,02, 0,12), (4,04, 0,07) \pm (0,04, 0,20) et (5,53, -0,52) \pm (0,06, 0,22) pour IM ; (1,59, 0,39) \pm (0,053, 0,17), (2,33, 0,38) \pm (0,05, 0,21), (3,24, 0,56) \pm (0,08, 0,24) et (4,09, 0,54) \pm (0,14, 0,28) pour TU et, enfin, (0,85, 0,96) \pm (0,04, 0,03), (1,91, 0,47) \pm (0,05, 0,07), (3,44, 0,48) \pm (0,03, 0,06) et (4,90, 0,26) \pm (0,04, 0,06) pour IH. Les trois autres locuteurs TA, MT_m et MT_f, ont une forme de la langue plus ou moins concave au niveau de ces localisations. Les valeurs $M \pm SD$ suivantes indiquent respectivement les positions des bobines TT, TB, TD_m et TD_b pour ces locuteurs : (0,32, 0,40) \pm (0,05, 0,05), (1,25, 0,00) \pm (0,10, 0,04), (2,21, 0,08) \pm (0,11, 0,04), (3,42, 0,31) \pm (0,16, 0,13) pour TA ; (0,94, 0,67) \pm (0,09, 0,08), (1,65, 0,08) \pm (0,03, 0,10), (3,27, 0,15) \pm (0,07, 0,17), (5,00, 0,38) \pm (0,07, 0,23) pour MT_m et (1,72, 1,05) \pm (0,14, 0,04), (2,18, 0,24) \pm (0,06, 0,06), (3,36, -0,19) \pm (0,08, 0,04), (4,38, 0,22) \pm (0,09, 0,09) pour MT_f. Pour le participant KB, /t/ est apicale avec des positions des bobines TD_m et TD_b plus élevées que TT et TB : (2,96, 1,20) \pm (0,13, 0,07) pour TD_m et (4,42, 1,28) \pm (0,05, 0,04) pour TD_b, et pour les parties antérieures de la langue (0,31, 0,63) \pm (0,25, 0,18) et (1,37, 0,77) \pm (0,17, 0,06), respectivement pour pointe et lame. Enfin, pour 2 des 9 locuteurs (MK et AD), et

pour la plosive /t/, la fermeture est réalisée plutôt avec la zone linguale apico-laminale avec les valeurs $M \pm SD$ suivantes pour la pointe et la lame pour MK $(1,31, 1,16) \pm (0,02, 0,05)$, $(2,12, 1,47) \pm (0,04, 0,07)$ et $(2,48, 0,45) \pm (0,12, 0,07)$, $(3,05, 0,81) \pm (0,19, 0,11)$ pour AD. La partie arrière de la langue ($TD_m + TD_b$) est abaissée pour ces deux locuteurs : $(3,72, 1,05) \pm (0,05, 0,08)$, $(4,78, 0,65) \pm (0,06, 0,17)$ pour MK et $(4,33, -0,40) \pm (0,10, 0,12)$, $(5,46, -0,64) \pm (0,12, 0,14)$ pour AD. La Table 11 suivante récapitule les différents types de réalisations observées. Signalons que le locuteur KB est classé dans le type 1 apical avec IM, TU et IH malgré les quelques différences relevées (voir ci-dessus).

Type	Locuteur	Nb. locuteurs
1	IM, TU, IH, (KB)	4
2	MTf, MTm, TA	3
3	MK, AD	2

Table 11 : Différents types de réalisations observées de la plosive coronale /t/ : 1 = apical, dos plat ; 2 = apical, dos concave ; 3 = apico-laminale, dos abaissé.

Les analyses montrent que la palatalisation dans /tʲ/ est produite grâce à une élévation du dos de langue pour tous les locuteurs comme le montre la différence dans la position verticale de la bobine TD_m entre /t/ et son équivalent [+palatal] : 0,87 cm pour AD, 0,80 cm pour IH, 1,23 cm pour IM, 0,64 cm pour KB, 1,12 cm pour MK, 1,62 cm pour MTm, 0,6 cm pour MTf, 1,21 cm pour TA et, enfin, 0,40 cm pour TU. Pour la plupart des locuteurs, cette élévation dorsale entraîne probablement une élévation de la lame. En ce qui concerne la position linguale au niveau de l'axe des abscisses pour les locuteurs TA, MTf, IH et IM, la plosive /tʲ/ est plus antérieure que /t/ au niveau des bobines du dos de la langue, en particulier au niveau de TD_b (ex. 0,38 cm plus antérieur pour TA et 0,78 cm pour IM). La Figure 24 présente les patrons articulatoires types de la Table 11 établis à partir des productions de l'ensemble des locuteurs pour la paire minimale /tuk/ ~ /tʲuk/ dans le plan XY, ainsi que les tracés du palais dur, pour les locuteurs IM, MTf et MK. Chaque position de la langue est déterminée à partir de la position des quatre bobines linguales dans la cavité buccale. Les figures suggèrent que /t/ est apicale pour IM et MTf avec un contour de langue plutôt aplati pour IM et concave pour MTf. Ces deux locuteurs ont la lame et le mid-dorsum relevés lorsqu'ils produisent la palatalisée /tʲ/ avec une forme convexe de la langue pour IM et un contour plat pour MTf. Pour MK, /t/ est plutôt apico-laminale alors que la forme de la langue lors de la production de /tʲ/ est similaire à celle obtenue pour IM. De plus, le dos pour /tʲ/ est relevé au niveau de la bobine TD_b pour MK (0,62 cm plus haut que pour /t/), et plus antérieur pour IM et MTf comme mentionné ci-dessus.

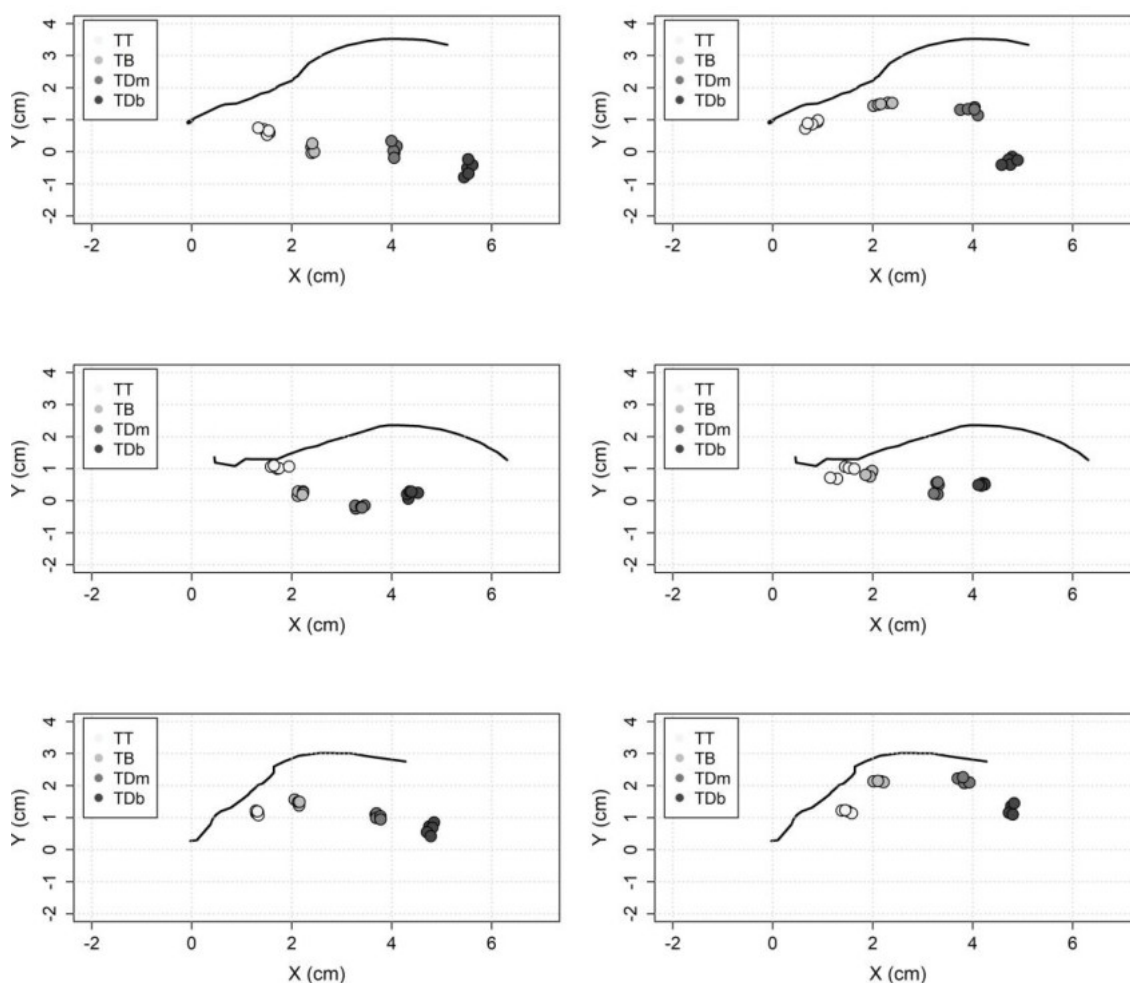


Figure 24 : Formes de la langue suggérées à partir de la localisation des quatre bobines dans la cavité buccale des locuteurs IM (en haut), MTF (au milieu) et MK (en bas) pour cinq répétitions de la paire minimale /tuk/ (à gauche) ~ /tʲuk/ (à droite). La ligne continue indique le contour du palais.

La Figure 25 présente les configurations linguales des 6 autres locuteurs pour les plosives /t/ et /tʲ/ de la paire minimale /tuk/ ~ /tʲuk/.

Les moyennes M et écarts types SD correspondants des valeurs des coordonnées des quatre bobines TT, TB, TD_m et TD_b pour les 9 locuteurs et les consonnes cibles sont présentés Annexe 3.

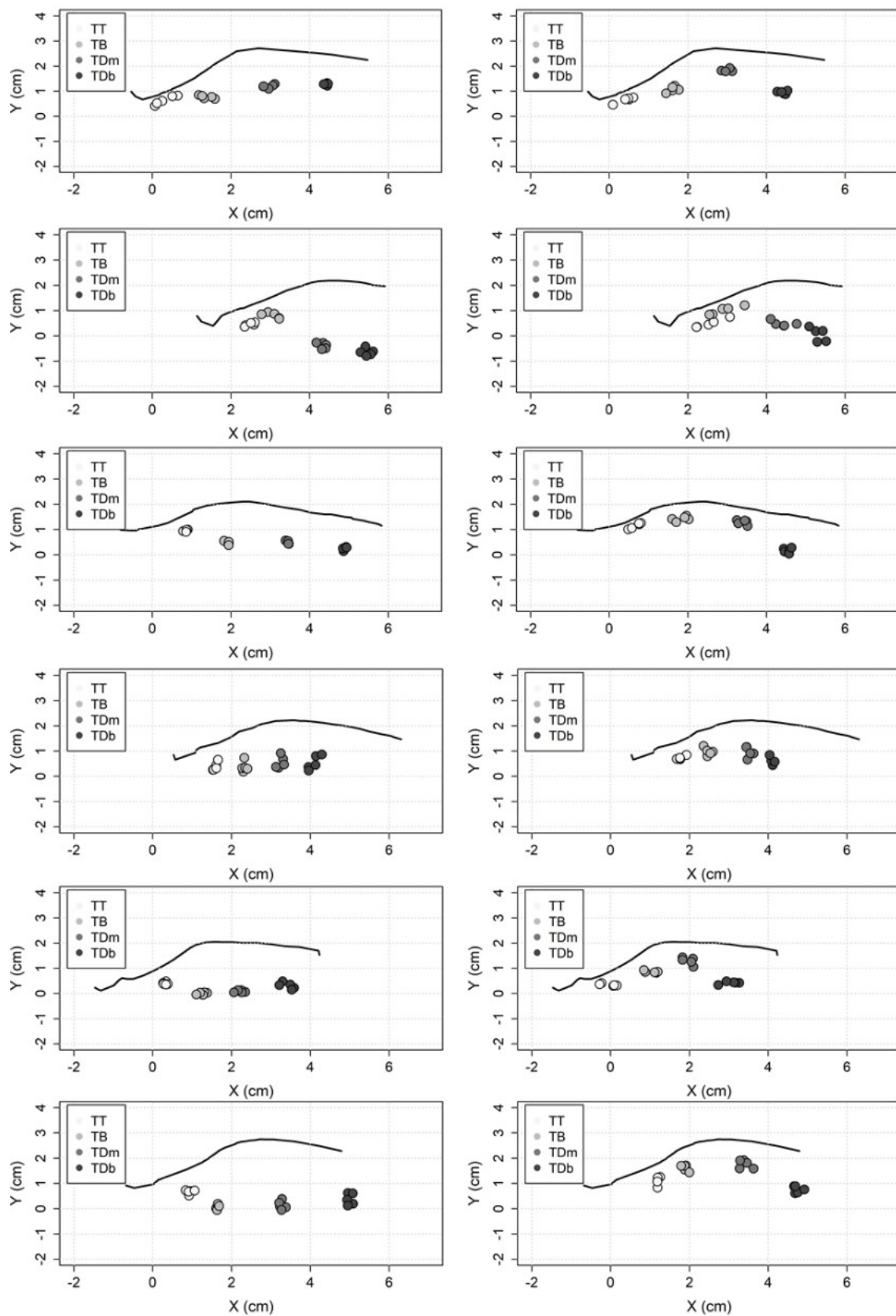


Figure 25 : Formes de la langue suggérées à partir des quatre bobines dans la cavité buccale des locuteurs de haut en bas : KB, AD, IH, TU, TA et MTm pour cinq répétitions de la paire minimale /tuk/ (à gauche) ~ /tuk/ (à droite). La ligne continue indique le contour du palais.

Une lecture systématique des sonagrammes correspondants aux réalisations articulatoires de la plosive coronale palatalisée /tʲ/ a été effectuée à l'aide du logiciel Praat 6.1.12. Compte tenu des différences observées dans la réalisation acoustique des consonnes palatalisées nous présentons une matrice des réalisations Table 12 pour tous participants confondus.

La plosive palatalisée /tʲ/ devant la voyelle /u/ dans le mot /tʲuk/ a été majoritairement réalisée comme [tʲ] par les locuteurs (33 réalisations sur 44). Nous avons relevé 7 cas de spirantisation (5 palatalisées [sʲ] produites par les participants IH et MK (4 et 1 réalisations respectivement) et 2 palato-alvéolaires [ʃʲ:], produites par KB et MTf), ainsi que 4 cas d'affrication lorsque /tʲ/ a été réalisée comme [tʃ] par le locuteur MTf. Les palatalisées /tʲ/ devant les voyelles /e/ et /a/ dans les mots /'tʲe.lo/ et /tʲap/ ont généralement été réalisées comme [tʲ] : 39 réalisations sur 45 pour /tʲ/ devant /e/ et 32 sur 45 pour /tʲ/ devant /a/. Nous avons également relevé 8 réalisations sibilantes [sʲ] de /tʲ/ dans /'tʲe.lo/ et /tʲap/ produites par les locuteurs MTf et KB (2 par chacune dans /'tʲe.lo/ + 3 par MTf et 1 par KB dans /tʲap/). En outre, /tʲ/ a été produite 9 fois comme [t] dans /tʲap/ dans le cas des locuteurs TA avec 5 productions et MK avec 4 (car aucune friction ou spirantisation de la palatalisée dans les productions en question n'a été observée). En résumé, la palatalisée /tʲ/ a été essentiellement réalisée comme [tʲ] devant /u/ et comme [tʲ] devant /e/ et /a/ avec quelques cas de spirantisation et d'affrication pour certains locuteurs.

Phonème attendu	Réalisation observée						Total (9 loc.*3 cons.*5 rép.)
	[t]	[tʲ]	[tʲ]	[sʲ]	[tʃ]	[ʃʲ:]	
/tʲ/_u			33	5	4	2	44 (-1 rép. de AD)
/tʲ/_e		39	2	4			45
/tʲ/_a	9	32		4			45

Table 12 : Fréquence des différentes réalisations observées du phonème /tʲ/ en fonction du contexte vocalique pour tous les locuteurs.

La Figure 26 ci-après montre un exemple des types de réalisation pour /tʲ/, affriquée (IM), spirantisée (IH et KB) et palatalisée sans friction (TA).

Sur le sonagramme en haut à gauche (IM), on note une friction audible qui vient probablement d'un relâchement progressif de l'occlusion (Straka, 1965 : 122) et allonge la durée de la consonne palatalisée. Ce bruit de friction au moment du relâchement conduit à une meilleure identification des consonnes coronales palatalisées selon Kavitskaya (2006). Des réalisations complètement fricatives de

L'occlusive palatalisée ont été observées pour IH et KB. La palatalisée /tʲ/ dans /tʲap/ a été annotée [tʲ] en l'absence de sibilances dans les productions de TA.

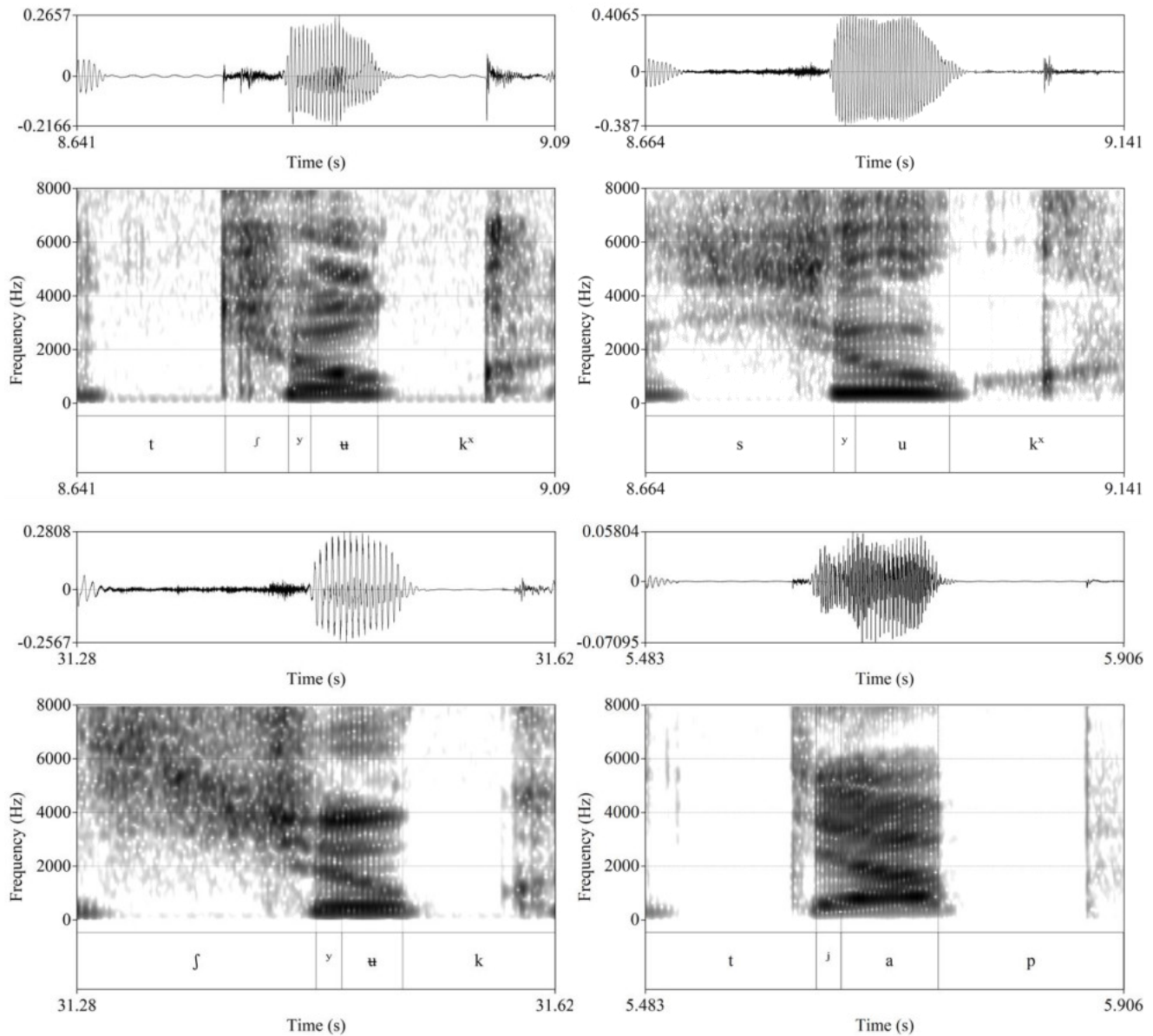


Figure 26 : Spectrogrammes de différentes réalisations de la consonne /tʲ/ dans le mot /tʲuk/ par les locuteurs IM et IH (en haut) et KB (en bas à gauche) et une réalisation de la consonne /tʲ/ dans le mot /tʲap/ par le locuteur TA.

4.3.1.2. Effet de l'accent et de la position intra-syllabe sur la production de /tʲ/

Une analyse statistique des coordonnées (X, Y) de chaque point de mesure TT, TB, TD_m et TD_b a été effectuée pour étudier les effets de l'accent et de la position dans la syllabe sur la plosive palatalisée /tʲ/ dans les mots /'tʲe.lo/ vs /tʲe.'la/ et dans les

monosyllabes accentuées /tʲap/ vs /matʲ/. Comme le montrent les Table 13 et 14 qui suivent, aucun effet de l'accent ou de la position intra-syllabique sur la forme de la langue suggérée par les positions des 4 bobines linguales n'a été observé, sauf pour la région TD_b. Les figures correspondantes pour la totalité des locuteurs se trouvent Annexe 4 et 5.

	TT		TB		TD _m		TD _b	
	x	y	x	y	x	y	x	y
Estimate (cm)	-0,01	-0,03	-0,03	0,02	-0,01	0,06	0,05	0,10
SD	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03	0,04
Z value	-0,21	-1,87	-1,04	0,91	-0,36	1,78	1,62	2,71
P-value	1,00	0,19	0,60	0,76	0,98	0,23	0,25	0,02*

	TT		TB		TD _m		TD _b	
	x	y	x	y	x	y	x	y
Estimate (cm)	-0,06	-0,07	-0,00	-0,01	-0,01	0,02	-0,03	-0,01
SD	0,06	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Z value	-1,15	-1,92	-0,03	-0,21	-0,21	0,40	-0,52	-0,20
P-value	0,41	0,14	1,00	1,00	0,99	0,97	0,84	1,00

Table 13 et 14 : Z scores et P-value associées pour les différences des moyennes estimées pour les coordonnées (X, Y) de chaque point de référence pour /t/ dans /tʲe.lo/ vs /tʲe.ˈla/ (en haut) et dans /tʲap/ vs /matʲ/ (en bas) tout locuteur confondu.

L'effet du contexte vocalique sur la production consonantique a été statistiquement testé en attaque de syllabe. Aucun effet de la voyelle sur les coordonnées (X, Y) des quatre bobines pour toutes les consonnes cibles n'a été trouvé. La Table 15 liste les résultats obtenus pour la consonne /tʲ/ devant les voyelles /a/, /e/ et /u/ dans les mots /tʲap/ vs /tʲe.ˈla/ vs /tʲuk/ pour chaque bobine.

Ces résultats montrent que l'accent et la position dans la syllabe ne semblent pas être des facteurs de variation remarquable du geste lingual lors de la production de la plosive sourde apicale palatalisée.

		TT		TB		TD _m		TD _b	
		x	y	x	y	x	y	x	y
a - e	Estimate (cm)	-0,03	-0,06	-0,06	-0,03	-0,04	-0,03	0,01	0,00
	SE	0,03	0,04	0,03	0,06	0,03	0,10	0,03	0,08
	Z value	-0,89	-1,53	-2,09	-0,49	-1,61	-0,27	0,43	0,05
	P-value	0,93	0,64	0,22	1,00	0,49	1,00	1,00	1,00
a - u	Estimate (cm)	0,03	-0,03	0,01	-0,10	0,00	-0,14	-0,01	-0,09
	SE	0,03	0,04	0,03	0,06	0,03	0,10	0,03	0,09
	Z value	0,73	-0,74	0,34	-1,58	0,11	-1,33	-0,20	-1,01
	P-value	0,97	0,99	1,00	0,61	1,00	0,78	1,00	0,93
e - u	Estimate (cm)	0,06	0,03	0,07	-0,07	0,05	-0,11	-0,02	-0,09
	SE	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,10	0,03	0,09
	Z value	1,62	0,79	2,41	-1,09	1,71	-1,07	-0,63	-1,06
	P-value	0,49	0,98	0,11	0,90	0,42	0,91	0,99	0,92

Table 15 : Z scores et P-value associées pour les différences des moyennes estimées pour les coordonnées (x, y) de chaque point mesuré TT, TB, TD_m et TD_b pour /t/ dans les mots /tiap/ vs /'t'e.la/ vs /t'uk/

4.3.1.3. /j/ vs /jʲ:/

Quatre patrons articulatoires dépendant du locuteur ont été trouvés pour les fricatives /j/ et /jʲ:/. Les Figure 27 et Figure 28 ci-dessous présentent les formes linguales correspondantes pour les locuteurs MTf, KB, IM et IH dans les mots /ʃov/ vs /ʃʲ:e lʲ/ à partir des quatre points de référence TT, TB, TD_m et TD_b lorsque la pointe de la langue se trouve dans sa position verticale maximale. Dans la Table 16 sont classées les productions pour /j/ de tous les locuteurs selon les 4 configurations décrites ci-dessous.

Les locuteurs MTf et KB réalisent /j/ avec un geste apical (types 1 et 2). Cependant, le contour de la langue est concave pour MTf avec les valeurs $M \pm SD$ suivantes pour TT $(2,35, 1,13) \pm (0,12, 0,02)$; $(2,96, 0,76) \pm (0,09, 0,04)$ pour la bobine TB ; $(4,21, 0,46) \pm (0,08, 0,07)$ pour TD_m et $(5,16, 0,54) \pm (0,10, 0,11)$ pour TD_b ; alors que pour le locuteur KB, les position des bobines TB et TT suggèrent une forme plutôt creuse de la partie la plus antérieure de la langue : $((2,70, 1,12) \pm$

(0,07, 0,05) et $(1,66, 1,21) \pm (0,07, 0,01)$ respectivement pour TB et TT), avec un profil plutôt convexe dans la région TD_m $(3,99, 1,54) \pm (0,07, 0,06)$.

Le locuteur IM produit une constriction apicale pour /ʃ/ comme le montrent les coordonnées $M \pm SD$ égales à $(2,32, 1,13) \pm (0,09, 0,07)$ pour TT avec la partie arrière de la langue abaissée (type 3) : $(5,06, 0,53) \pm (0,047, 0,17)$ pour TD_m et $(5,90, -0,49) \pm (0,06, 0,17)$ pour TD_b. Pour IH (type 4), les positions des quatre bobines suggèrent une configuration quasi plate des parties antérieure et milieu du dos de la langue : $(1,76, 1,02) \pm (0,08, 0,06)$; $(2,69, 0,97) \pm (0,07, 0,04)$ et $(4,11, 1,07) \pm (0,06, 0,09)$ respectivement pour les bobines TT, TB et TD_m, et TD_b mesurées légèrement abaissées $(5,38, 0,58) \pm (0,07, 0,12)$.

Type	Locuteur	Nb. locuteurs
1	MTf	1
2	KB, TA	2
3	IM, AD	2
4	IH, TU, MTm, MK	4

Table 16 : Différents types de réalisations observées de la fricative coronale /ʃ/ : 1 = apical, dorsum concave ; 2 = apical, lame concave ; 3 = apical, dos abaissé ; 4 = apical, dos plat.

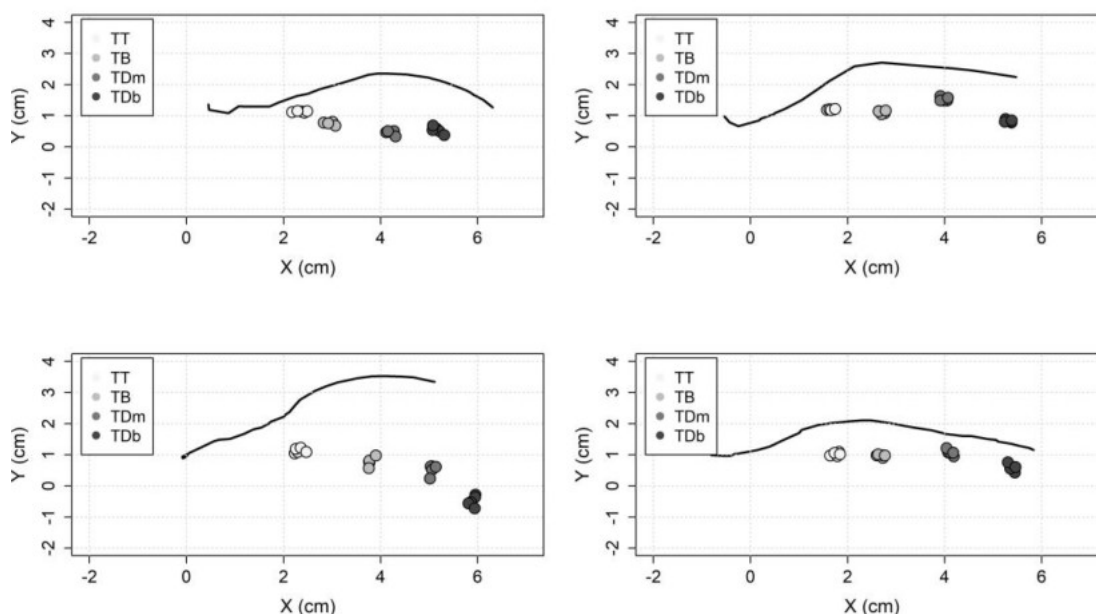


Figure 27 : Positions des quatre bobines de référence dans la cavité buccale des locuteurs MTf (type 1), KB (type 2), IM (type 3) et IH (type 4), de gauche à droite et de haut en bas, pour /ʃ/ dans /ʃov/ correspondants aux 4 types de productions observées. La ligne pleine indique le contour du palais.

La Figure 28 présente les contours linguaux pour la fricative palatalisée /ʃʲ:/ réalisée avec une antériorisation de la langue pour tous les locuteurs par rapport à

/ʃ/. Pour IH, les mesures moyennes indiquent un avancement de 0,84 cm et un abaissement de 0,94 cm de la bobine TD_b dans toutes les répétitions. Pour ce locuteur, les configurations de la langue suggèrent que TD_m fonctionne comme une sorte de point de pivot (de bascule) entre la partie antérieure et postérieure de la langue. Les productions de KB pour toutes les répétitions de cette consonne montrent une partie antérieure de la langue abaissée au lieu de constriction par rapport à /ʃ/. Enfin, le geste de palatalisation observé pour le locuteur MTf est produit par une légère élévation des bobines TB, TD_m et TD_b, et pour le locuteur IM par une élévation de 0,56 cm de TB. Notons une forme de langue aplatie chez le locuteur MTf et bombée pour IM.

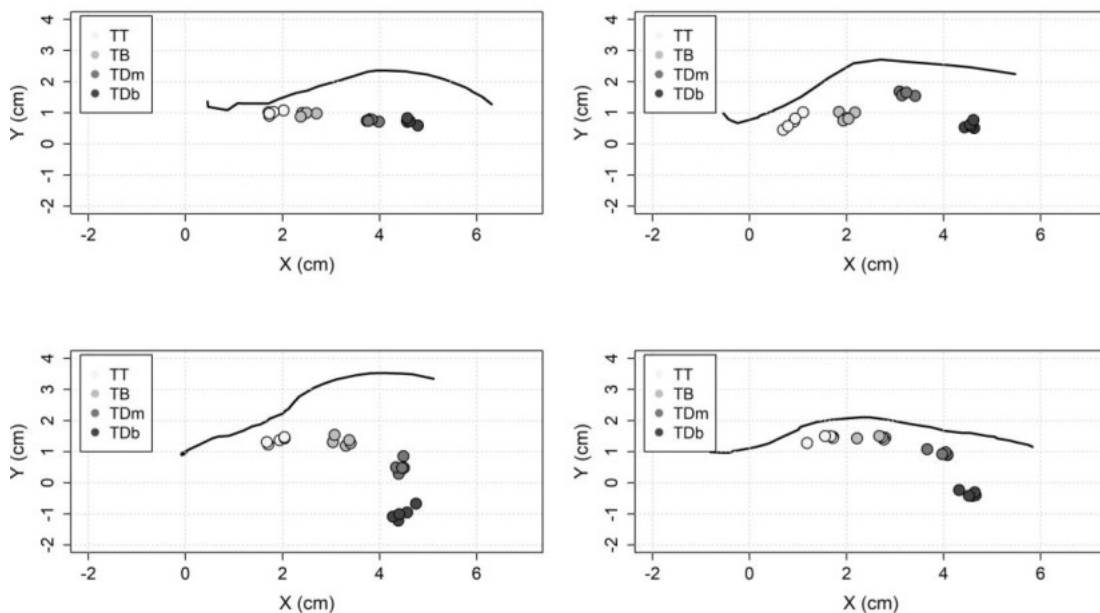


Figure 28 : Positions des quatre bobines de référence dans la cavité buccale des locuteurs MTf, KB, IM et IH (de gauche à droite et de haut en bas) pour /ʃi:/ dans /ʃi:eli/. La ligne pleine indique le contour du palais.

La Figure 29 qui suit présente les configurations linguales des 5 autres locuteurs pour les fricatives /ʃ/ et /ʃ^h:/ dans /ʃov/ et /ʃ^hi:eli/.

Des configurations similaires ont été trouvées pour /ʃ/ et /ʃ^h:/ dans les mots /vof/ vs /leʃ^hi:/, /fest^h/ vs /ʃ^hi:it/, et /ʃes. 'ti/ vs /ʃ^hi:'ta/ (cf. Annexe 6 à 8).

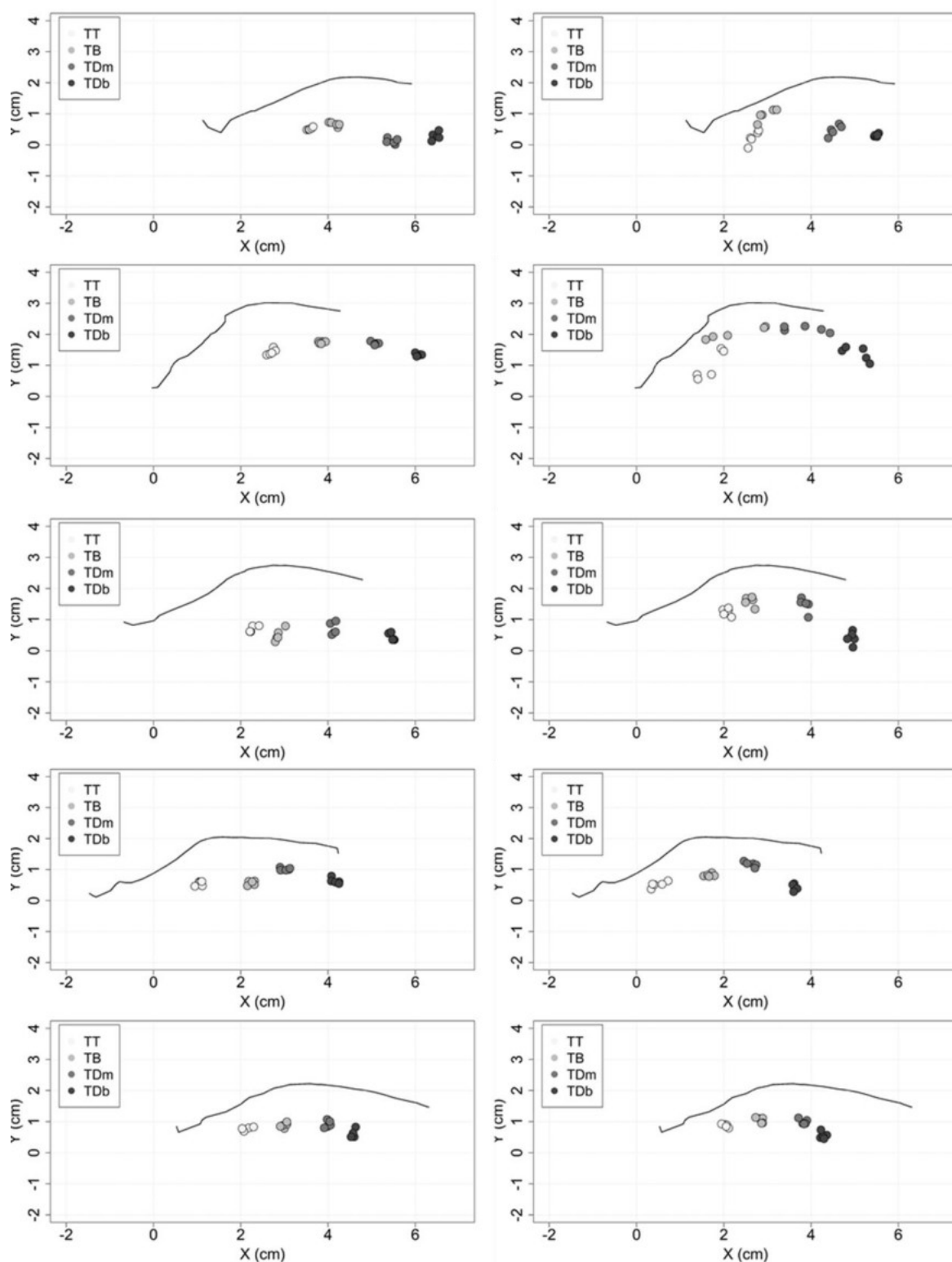


Figure 29 : Positions des quatre bobines de référence dans la cavité buccale des locuteurs (de haut en bas) AD, MK, MTm, TA et TU pour /j/ dans /jov/ (à gauche) et pour /j:i:/ dans /j:i:el/ (à droite).

Concernant l'affriquée /tʃ/ dans les dissyllabes /'tʃer.ti/~/'tʃer.'ti/ et les monosyllabes /tʃem/ vs /mʲetʃ/, les formes de langue suggérées par les quatre bobines pour cette consonne à l'atteinte de la cible articulatoire ont été trouvées similaires à celles trouvées pour /tj/ mais avec des positions plus en arrière des bobines TT, TB et TD_m dans la cavité orale chez les locuteurs IH, IM, MTf et MTm. Les figures pour cette consonne sont présentées Annexe 9 et 10 pour l'ensemble des locuteurs.

4.3.1.4. Effet de l'accent et de la position intrasyllabique sur l'affriquée et les fricatives /tʃ tʃʲ tʃʲ:/

De la même manière et contrairement à nos attentes, les mêmes résultats que pour la plosive /tʰ/ ont été obtenus pour les autres consonnes étudiées (/tʃ tʃʲ tʃʲ:/) car peu de différences significatives dans les formes de langue ont été trouvées en fonction de l'accent ou de la position intrasyllabe (cf. Table 17 à Table 22). Les Table 23 et Table 24 présentent l'effet du contexte vocalique sur la production de /tʃ/ dans les mots /soʋ/ vs /festʲ/ et sur /tʃʲ:/ dans les mots /tʃʲ:eli/ vs /tʃʲ:it/.

Il semble que la palatalisée /tʃʲ:/ soit plus résistante au contexte vocalique (cf. Table 24), tandis que la Table 23 montre un effet de celui-ci sur /tʃ/ au niveau des régions linguales TB, TD_m et TD_b. Comme le montrent les Table 18 et Table 21 pour /tʃʲ:/, aucun effet de l'accent (sauf pour la région TD_b) ou de la position intrasyllabe sur la forme de la langue n'a été observé. En revanche, les Table 19 et Table 22 indiquent respectivement un effet de l'accent sur /tʃ/ au niveau des régions TB et TD_m, et de la position pour TD_b. Enfin, un effet de la position intrasyllabe est observé sur /tʃ/ au niveau des régions linguales TT, TB et TD_m (cf. Table 20).

	TT		TB		TD _m		TD _b	
	x	y	x	y	x	y	x	y
Estimate (cm)	-0,04	-0,04	-0,03	0,00	-0,03	0,07	0,01	0,05
SD	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
Z value	-1,33	-2,29	-1,12	0,06	-1,23	2,66	0,31	1,88
P-value	0,39	0,08	0,53	1,00	0,45	0,03*	0,99	0,19

Table 17 : Z scores et P-value associées pour les différences des moyennes estimées pour les coordonnées (X, Y) de chaque point de référence pour /tʃ/ dans /'tʃer.ti/~/'tʃer.'ti/ tout locuteur confondu.

	TT		TB		TD _m		TD _b	
	x	y	x	y	x	y	x	y
Estimate (cm)	0,01	-0,02	0,00	0,01	0,03	0,02	0,10	0,06
SD	0,03	0,04	0,05	0,02	0,04	0,03	0,04	0,37
Z value	0,22	-0,54	-0,03	0,28	0,89	0,89	2,97	1,74
P-value	0,99	0,92	1,00	0,99	0,68	0,72	0,01*	0,22

Table 18 : Z scores et P-value associées pour les différences des moyennes estimées pour les coordonnées (X, Y) de chaque point de référence pour /ʃi:/ dans /ʃi:it/ vs /ʃi:i.'ta/.

	TT		TB		TD _m		TD _b	
	x	y	x	y	x	y	x	y
Estimate (cm)	-0,05	0,03	-0,05	0,08	-0,03	0,07	-0,04	0,03
SD	0,03	0,01	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
Z value	-1,80	1,90	-1,67	3,60	-0,90	2,89	-1,18	0,95
P-value	0,12	0,15	0,16	0,00*	0,53	0,01*	0,36	0,66

Table 19 : Z scores et P-value associées pour les différences des moyennes estimées pour les coordonnées (X, Y) de chaque point de référence pour /ʃ/ dans /ʃesti/ vs /ʃes.'ti/.

	TT		TB		TD _m		TD _b	
	x	y	x	y	x	y	x	y
Estimate (cm)	-0,10	-0,16	-0,09	-0,15	-0,10	0,00	-0,07	-0,02
SD	0,04	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,03	0,05
Z value	-2,33	-3,25	-1,85	-3,35	-2,55	0,05	-2,19	-0,32
P-value	0,05*	0,00*	0,13	0,00*	0,03*	1,00	0,06	0,98

Table 20 : Z scores et P-value associées pour les différences des moyennes estimées pour les coordonnées (X, Y) de chaque point de référence pour /tʃ/ dans /tʃem/ vs /mieʃ/.

	TT		TB		TD _m		TD _b	
	x	y	x	y	x	y	x	y
Estimate (cm)	-0,01	-0,07	0,04	-0,07	0,00	-0,02	0,00	-0,05
SD	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
Z value	-0,22	-1,68	0,67	-2,23	-0,02	-0,73	-0,09	-1,32
P-value	0,99	0,25	0,76	0,08	1,00	0,83	1,00	0,44

Table 21 : Z scores et P-value associées pour les différences des moyennes estimées pour les coordonnées (X, Y) de chaque point de référence pour /j:/ dans /ji:eli/ vs /leji:/.

	TT		TB		TD _m		TD _b	
	x	y	x	y	x	y	x	y
Estimate (cm)	-0,01	0,02	-0,02	0,00	-0,03	-0,05	-0,12	-0,14
SD	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03
Z value	-0,18	1,06	-0,72	-0,05	-1,14	-1,82	-3,09	-4,26
P-value	1,00	0,59	0,74	1,00	0,45	0,18	0,01*	<0,001*

Table 22 : Z scores et P-value associées pour les différences des moyennes estimées pour les coordonnées (X, Y) de chaque point de référence pour /j/ dans /jov/ vs /voj/.

		TT		TB		TD _m		TD _b	
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
e-o	Estimate (cm)	-0,06	0,00	-0,09	0,04	-0,08	0,01	-0,10	-0,07
	SE	0,03	0,01	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04	0,03
	Z value	-1,81	-0,03	-2,66	1,98	-2,24	0,21	-2,80	-2,52
	P-value	0,12	1,00	0,015*	0,13	0,045*	1,00	0,01*	0,036*

Table 23 : Z scores et P-value associées pour les différences des moyennes estimées pour les coordonnées (X, Y) de chaque point mesuré TT, TB, TD_m et TD_b pour /j/ dans les mots /jov/ vs /jest/.

		TT		TB		TD _m		TD _b	
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
e-i	Estimate (cm)	0,00	0,02	-0,01	-0,03	-0,01	-0,04	0,02	0,01
	SE	0,03	0,04	0,05	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
	Z value	-0,04	0,49	-0,12	-1,03	-0,15	-1,30	0,66	0,15
	P-value	1,00	0,94	1,00	0,63	1,00	0,45	0,80	1,00

Table 24 : Z scores et P-value associées pour les différences des moyennes estimées pour les coordonnées (X, Y) de chaque point mesuré TT, TB, TD_m et TD_b pour /f i:/ dans les mots /f i:el/ vs /f i:it/.

4.3.2. Patterns temporels

Cette section examine les patrons temporels des quatre bobines électromagnétiques TT, TB, TD_m et TD_b pour atteindre les cibles /t tʲ ʃ ʃʲ i:/ . Rappelons que pour déterminer le timing des quatre régions de la langue, le décalage temporel (Δt) entre un temps de référence et le temps où chaque bobine atteint sa position maximale a été mesuré. Le repère temporel de référence correspond au moment à partir duquel la mandibule remonte pour réaliser l'articulation de la consonne. Il est déterminé comme l'instant de la valeur minimale du déplacement vertical de la mandibule, situé dans la voyelle acoustique /a/ qui précède la consonne cible. Nous considérons que les différentes positions maximales des bobines correspondent à la fin du geste lingual car elles indiquent la réalisation de la cible articuloire par les quatre parties de la langue. De telles mesures constituent un moyen d'inférer les propriétés dynamiques du geste linguo-palatal à partir d'une « décomposition » du geste lingual dans la dimension temporelle.

Les effets des trois modalités du facteur *Renforcement Articulatoire* ont ici aussi été testés statistiquement. Rappelons que ces modalités sont (1) Accent*Onset, (2) Accent*Coda et (3) Atone*Onset, correspondant à différents degrés d'effort articuloire. L'objectif est ici de définir l'organisation temporelle des 4 zones linguales TT, TB, TD_m et TD_b pour réaliser le geste consonantique.

L'ensemble des valeurs moyennes des écarts temporels pour les quatre bobines TT, TB, TD_m et TD_b pour les 5 consonnes /t tʲ ʃ ʃʲ i:/ est présenté la table Annexe 11, et les tables Annexe 12 à 17 indiquent les Z scores et les P-values associées pour les estimations des différences entre les moyennes des écarts temporels selon les trois modalités du facteur *Renforcement Articulatoire*.

4.3.2.1. Modalité Accent*Onset

Les résultats sont présentés Figure 30. Les moyennes des écarts temporels ont été calculées pour chaque bobine linguale. Aucune différence temporelle significative n'a été observée entre les différentes parties de la langue pour /t/. Ce résultat suggère une activation simultanée des quatre régions et donc un mouvement global de la langue pour atteindre le point d'occlusion. Pour /tʃ/, TT atteint d'abord les lieux dental et/ou alvéolaire (en moyenne, $\Delta t_1 = 115$ ms), suivi par TD_m ($\Delta t_3 = 143$ ms) et TD_b ($\Delta t_4 = 148$ ms). La différence temporelle entre TT et TD_m pour /tʃ/ est égale à 28 ms ($\sigma = 6,19$) et est significative ($z = 4,49$, $p = 0,0015$) ; elle est égale à 33 ms ($\sigma = 6,21$) ($z = 5,27$, $p < 0,0001$) entre TT et TD_b. Les analyses des patterns spatiaux pour /tʃ/ suggéraient un rétrécissement dans la région pré-palatale, tandis que pour /t/ le rétrécissement se situait plutôt dans la zone dento-alvéolaire (cf. Figure 24 et Figure 25).

La variable réponse *Durée* a aussi été testée pour les consonnes d'attaque /tʃ/ et /tʃʃʃʃ:/ dans la position accentuée en supprimant /t/ de l'ensemble des consonnes impliquées dans l'étude (en raison de l'absence de mesures dans les conditions Accent*Coda et Atone*Onset pour cette consonne). La même organisation temporelle a été observée pour /tʃ/ et /tʃʃʃʃ:/ : l'élévation du dos de la langue (avec des durées moyennes Δt_3 et Δt_4 égales à 163 ms pour TD_m et 175 ms pour TD_b) suit le geste de fermeture apico-laminaire ($\Delta t_1 = 123$ ms pour TT). Les différences de durée ont été trouvées significatives entre TT et TD_m (40 ms, $\sigma = 6,71$ et $z = 5,91$, $p < .0001$), entre TT et TD_b (52 ms, $\sigma = 6,73$ et $z = 7,66$, $p < .0001$) et entre TB et TD_b (33 ms, $\sigma = 6,82$ et $z = 4,85$, $p = .0002$). Les contours de la langue observés pour les locuteurs AD, MTf, MTm, IM et TU dans l'analyse des patterns spatiaux suggéraient une articulation apicale ou apico-laminaire pour /tʃʃʃʃ:/ . Pour cette dernière, et comme le remarquent Ladefoged & Maddieson (1996), le profil bombé du dos de la langue observé dans les productions de certains participants peut être considéré comme un léger degré de palatalisation (ex. IH, TA, KB, IM, MK).

Dans le cas de la fricative /ʃ/, l'activation de TB ($\Delta t_2 = 138$ ms) précède de 26 ms ($\sigma = 6,69$) l'élévation de TD_b ($\Delta t_4 = 164$ ms) ($z = 3,95$, $p = 0,0171$), tandis que pour /ʃʃʃʃ:/ aucune différence significative dans le timing des quatre points de référence n'a été observée ($z = 0,77$, $p = 1$; $z = -0,83$, $p = 1$; $z = 0,86$, $p = 1$ entre TD_m et TD_b, TB et TD_b, TT et TD_b respectivement ; $z = -1,64$, $p = 0,99$ entre TD_m et TB ; $z = 0,08$, $p = 1$ entre TD_m et TT et enfin $z = 1,91$, $p = 0,99$ entre TB et TT).

Des différences de timing entre consonnes ont été trouvées. Ainsi, les écarts temporels pour TB sont plus importants pour /ʃʃʃʃ:/ que pour /tʃ, tʃʃ, ʃ/. Les

différences mesurées sont égales à 63 ms ($\sigma = 9,80$) entre TB de /tʲ/ et /ʃʲ:/ ($z = -6,47$, $p < .0001$) ; 48 ms ($\sigma = 10$) entre TB de /tʃ/ et /ʃʲ:/ ($z = -4,76$, $p = .00063$) ; 52 ms ($\sigma = 10$) entre TB de /ʃ/ et /ʃʲ:/ ($z = -5,22$, $p < .0001$). La durée du mouvement de TT pour /ʃʲ:/ est plus longue de 62 ms ($\sigma = 9,80$) que TT pour /tʲ/ ($z = -6,38$, $p < .0001$) et de 53 ms ($\sigma = 10$) que TT pour /tʃ/ ($z = -5,32$, $p < .0001$). Une durée de mouvement de TD_b plus grande de 36 ms ($\sigma = 9,79$) est trouvée pour /ʃʲ:/ par rapport à /tʲ/ ($z = -3,7$, $p = 0,041$).

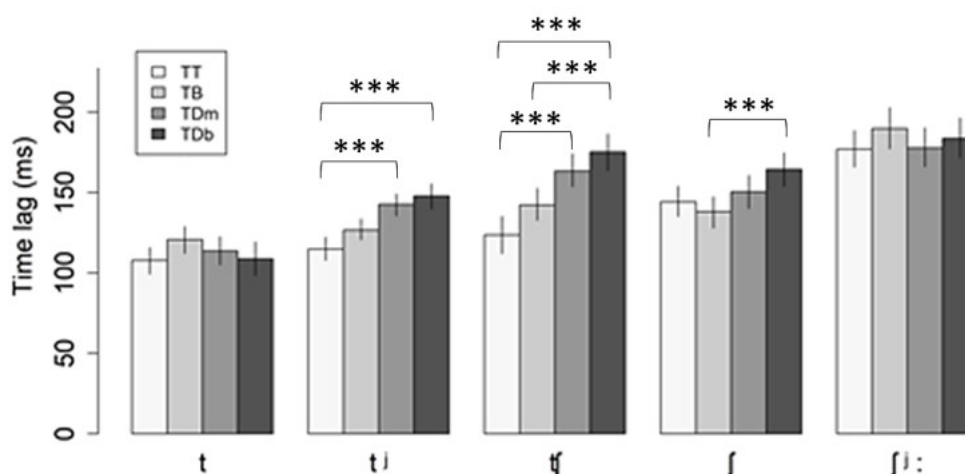


Figure 30 : Valeurs moyennes des décalages ou écarts temporels et intervalles de confiance à 95 % pour les quatre bobines TT, TB, TD_m et TD_b pour les consonnes /t tʲ tʃ ʃ ʃʲ:/ dans la modalité Accent*Onset tout locuteur confondu.

4.3.2.2. Modalité Atone*Onset

Les moyennes des écarts temporels calculées pour chaque bobine linguale présentent moins de différences lorsque la consonne est en début de syllabe non accentuée (cf. Figure 31). Ainsi, le geste apical pour /tʲ/ et /tʃ/ qui dure respectivement 119 ms et 125 ms, précède l'élévation de TD_m ($\Delta t_3 = 151$ ms) dans le cas de /tʲ/ de 32 ms ($\sigma = 7,71$, $z = 4,16$, $p = 0,0075$) et celle de TD_b ($\Delta t_4 = 159$) dans le cas de /tʃ/ de 34 ms ($\sigma = 7,95$, $z = 4,27$, $p = 0,004$). Les deux fricatives /ʃ/ et /ʃʲ:/ sont réalisées avec une activation simultanée des quatre régions linguales.

La comparaison entre consonnes montre un écart temporel significatif de 48 ms ($\sigma = 11,81$) pour la bobine TB entre les réalisations de /tʲ/ et /ʃʲ:/ ($z = -4,02$, $p = 0,013$) et de 44 ms ($\sigma = 11,83$) entre les réalisations de /ʃ/ et /ʃʲ:/ ($z = -3,70$, $p = 0,044$).

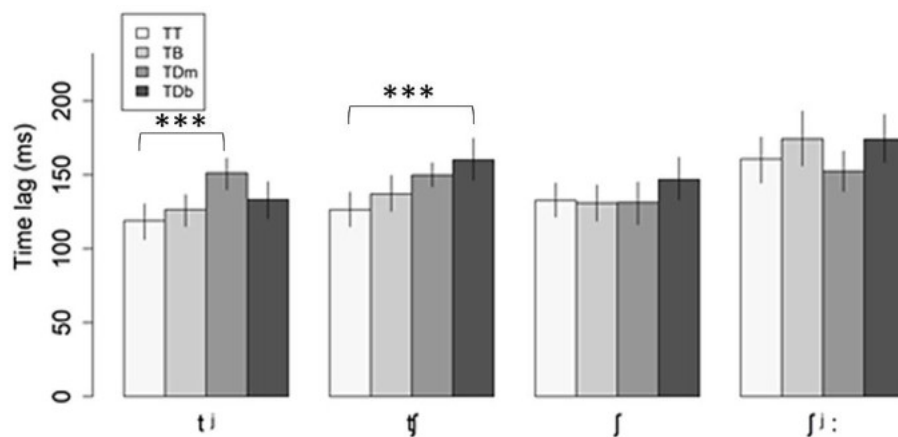


Figure 31 : Moyennes des écarts temporels et intervalles de confiance à 95 % pour les quatre bobines linguales TT, TB, TD_m et TD_b pour les consonnes /tʃ/ /ʃ/ /ʃi:/ dans la modalité Atone*Onset.

4.3.2.3. Modalité Accent*Coda

Aucune différence significative n'est trouvée dans l'organisation temporelle des 4 bobines par rapport au temps de référence (qui correspond à l'instant où le déplacement vertical de la mandibule atteint son minimum juste avant de porter le geste consonantique). Ce résultat suggère une activation plus synchrone des différentes régions linguales et donc un déplacement plus global de l'articulateur lingual lorsque les segments sont en position finale de syllabe (cf. Figure 32). Ce résultat est trouvé pour toutes les consonnes étudiées.

La comparaison entre consonnes pour les 4 bobines montre quant à elle des différences significatives. Ainsi, le geste TT est plus long de 46 ms ($\sigma = 10,93$) pour /ʃ/ ($\Delta t_1 = 151$ ms) et de 62 ms ($\sigma = 11,85$) pour /ʃi:/ ($\Delta t_1 = 166$ ms) que pour /tʃ/ ($\Delta t_1 = 105$ ms) (respectivement $z = -4,16$, $p = 0,007$ et $z = -5,19$, $p < .0001$) et plus long de 51 ms ($\sigma = 11,73$) pour /ʃi:/ que pour /tj/ ($\Delta t = 115$ ms) ($z = -4,34$, $p = .003$). La durée de mouvement de TD_m est plus grande de 48 ms ($\sigma = 10,93$) et de 55 ms ($\sigma = 11,85$) respectivement pour /ʃ/ ($\Delta t_3 = 152$ ms) et /ʃi:/ ($\Delta t_3 = 160$ ms) que celle pour /tʃ/ ($\Delta t_3 = 104$ ms) ($z = -4,38$, $p = .003$; $z = -4,69$, $p = .0007$). Un pattern temporel semblable est observé pour TD_b dans /ʃ/ et /ʃi:/ par rapport à /tj/. Les différences entre les moyennes des écarts temporels sont estimées à 41 ($\sigma = 10,80$) et 44 ms ($\sigma = 11,74$) entre /ʃ/ et /tj/ et entre /ʃi:/ et /tj/ respectivement ($z = -3,80$, $p = 0,029$, $z = -3,77$, $p = 0,033$). Enfin, le geste TB est plus long de 50 ms ($\sigma = 11,85$) pour /ʃi:/ que pour /tʃ/ ($z = -4,22$, $p = .005$).

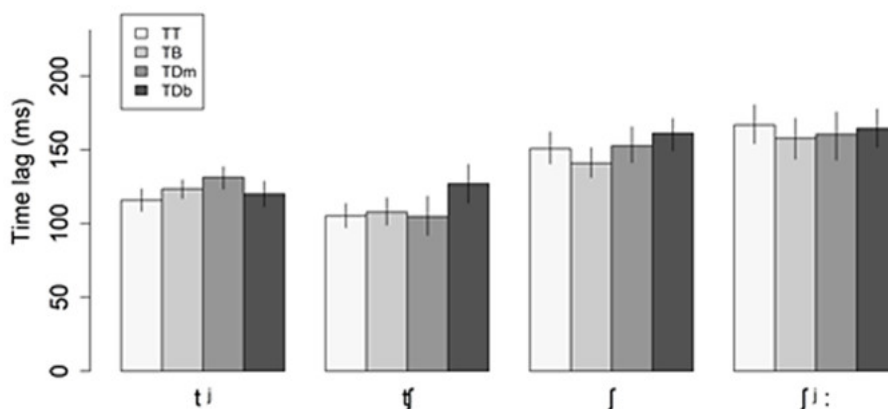


Figure 32 : Valeurs moyennes des écarts temporels et intervalles de confiance à 95 % pour les bobines linguales TT, TB, TD_m et TD_b pour les consonnes /tʲ tʃ ʃ ʃʲ:/ dans la modalité Accent*Coda.

4.4. DISCUSSION

L'objectif de cette étude expérimentale était d'examiner les différences et similitudes des patrons spatiaux et temporels des configurations linguales et leurs variations lors de la production des 5 consonnes cibles du russe. Les consonnes sélectionnées pour l'étude étaient des plosives ou fricatives coronales plus une affriquée coronale /tʲ tʃ ʃʲ:/, toutes non voisées. Dans un premier temps, nous avons analysé et comparé les patrons de configurations linguales suggérés par les positions, à l'atteinte de la cible, des 4 bobines de référence placées sur la pointe et la lame de la langue ainsi que sur les parties médiane et postérieure du dos de la langue. Nous avons examiné, dans un deuxième temps, l'activation des 4 zones linguales dans la dimension temporelle afin de fournir une description de la dynamique du geste linguo-palatal lorsqu'il relève d'une articulation secondaire superposée à une articulation de base ou lorsqu'il participe à une articulation primaire. Notre objectif était de déterminer dans quelle mesure les configurations et gestes linguaux étaient similaires ou différents selon les locuteurs, l'accent et la position intra-syllabe, et si les différentes parties de la langue se déplaçaient ensemble ou de façon séquentielle pour atteindre la cible consonantique.

Les résultats suggèrent une variabilité des productions d'un même phonème consonantique qui relève plutôt des locuteurs que de la structure syllabique ou de l'accent.

Pour l'ensemble des participants, la palatalisation est produite avec un geste d'élévation de la partie médiane du dos de la langue qui entraîne probablement et simultanément une élévation de la lame. Au niveau de l'axe antéro-postérieur, chez

certains locuteurs, les consonnes palatalisées sont plus antérieures que les non palatalisées notamment au niveau de la bobine la plus arrière placée au niveau du post-dorsum ce qui suggère une position plus antérieure du corps lingual dans les productions palatalisées. Des différences sont trouvées au niveau de la forme linguale, bombée chez certains locuteurs et plate chez d'autres avec une constriction formée avec la partie avant de la langue. Ces résultats confirment ceux de Kedrova et al. (2008) qui ont montré deux stratégies de réalisation des consonnes palatalisées en russe, en fonction des locuteurs. La première recrute le corps de la langue qui est porté vers l'avant de la cavité buccale et de ce fait présente une élévation importante et un avancement du dorsum. La seconde implique une activité laminaire dans la région post-alvéolaire. La suggestion à propos d'une possible incidence du lieu articuloire primaire sur l'articulation secondaire n'est pas ici confirmée (cf. Biteeva Lecocq et al., 2016). Cette étude pilote conduite auprès de 3 locuteurs russophones natifs avait révélé une possibilité de lien entre l'articulation de la consonne pleine et celle de sa contrepartie palatalisée. En effet, l'analyse de la position des bobines électromagnétiques situées au niveau des mêmes zones linguales que dans la présente étude, nous avait amené à suggérer les deux stratégies suivantes : si la pointe se dirige vers les incisives inférieures pour produire /t/ (apex abaissé), il suffit au dos de la langue de s'élever vers le palais dur pour réaliser la palatalisée /tʲ/ ; en revanche, si /t/ est produite avec l'apex relevé, le degré de palatalisation est moins important dû à la l'incompatibilité physiologique des deux gestes, i.e. la pointe dirigée contre les alvéoles d'une part, et un resserrement entre le médiodorsum et le palais lors de la production de la palatalisée d'autre part (tel que décrit par Kuznetsova, 1969 ; Keating, 1993). Ce dernier résultat suggérerait que la pointe relevée dans une articulation initiale pourrait contraindre le geste lingual qui effectue la palatalisation.

Les résultats obtenus avec la présente expérience menée auprès de 9 locuteurs ne permettent pas de confirmer la conclusion de l'étude préliminaire. En effet, les résultats ne montrent pas d'impact clair du lieu d'articulation primaire sur l'articulation secondaire palatale. Par exemple, les locuteurs KB et TA réalisent /t/ avec deux gestes apicaux très différents et décrits ci-avant, mais la configuration linguale de la palatalisée /tʲ/ suggérée par les bobines a une allure semblable chez les deux locuteurs (cf. Figure 25).

Une étude de Kuznetsova (1969) a cherché, dans la dimension diatopique, des facteurs d'explication à la variation des productions. Elle montre que les locuteurs de régions géographiquement proches présentent des stratégies semblables de productions. Si nous avons bien relevé des similitudes au niveau des configurations linguales pour une consonne donnée chez plusieurs locuteurs (par

exemple, /t/ est apicale avec une forme linguale plate chez les locuteurs IM, TU et IH, apicale avec une langue concave derrière le point d'occlusion chez MTf, MTm et TA et, enfin, apico-laminale avec l'arrière de la langue abaissé chez MK et AD), en revanche, les régions d'origine de ces locuteurs classés ensemble ne sont pas proches, voire même parfois assez éloignées. Ainsi, le locuteur AD est originaire de Moscou tandis que le lieu de naissance de MK est la ville d'Irkutsk située à l'est de la Sibérie. D'autre part, les locuteurs IH et KB viennent de deux régions limitrophes mais leurs productions de la plosive coronale diffèrent au niveau du geste apical (apex abaissé chez KB et relevé chez IH) et au niveau de la forme globale de la langue, aplatie chez IH et avec l'arrière de la langue relevé pour KB.

Les mêmes observations peuvent être faites pour la production de la fricative palato-alvéolaire /ʃ/. Les locuteurs TA et KB viennent de deux régions voisines (Iaroslavl et Vladimir) et ont, en effet, des productions très proches au niveau des formes linguales pour cette consonne tandis que IH, TU, MTm et MK qui présentent tous une configuration plate de la langue pour /ʃ/ sont tous d'origines géographiques différentes : respectivement Nijni Novgorod, Saint-Pétersbourg, Volgograd, Irkutsk.

En somme, nos résultats pour la consonne /ʃ/ révèlent 4 stratégies articulatoires : deux d'entre elles présentent une forme concave au niveau du dos de la langue (ex. locuteur MTf) ou bien au niveau de la partie laminaire (ex. KB). Ces productions pour la réalisation de sibilantes ont déjà été décrites par Ladefoged & Maddieson (1996) par exemple pour la production de la consonne alvéolaire /s/ par deux locuteurs de l'anglais britannique, réalisée soit avec une forme creuse de la langue au niveau de sa partie médiane « *a deep hollow in the center of the tongue* », soit avec une langue creuse immédiatement derrière la constriction « *a hollowing of the tongue just behind the constriction* » (Ladefoged & Maddieson, 1996: 147). Pour le locuteur IM la configuration linguale rappelle celle de la palato-alvéolaire /ʃ/ de l'anglais référencée dans Ladefoged & Maddieson (1996) et décrite comme « *a post-alveolar domed sibilant*. » Enfin, pour les autres locuteurs de notre étude (ex. IH) la configuration linguale pour /ʃ/ est plate. Les différentes formes linguales pour cette consonne sont référencées dans Skalozub (1963) qui a remarqué que « [...] *les positions linguales lors de la production de /ʃ/ et de son équivalent sonore /ʒ/ peuvent être différentes, mais la sortie acoustique ne change pas.* »²² (t. p. n.) (Skalozub, 1963: 35).

²² « [...] уклады языка при [ʃ], [ʒ] могут быть разнообразными, однако акустическое впечатление от этого не меняется. » (Skalozub, 1963 : 35).

Nos observations suggèrent que les stratégies des locuteurs pourraient être appréhendées non pas à travers leurs origines géographiques respectives mais à travers un contrôle différent de l'articulateur lingual. Dans notre étude, la plosive /t/ réalisée apicale, avec la pointe relevée et le dos de la langue aplati, impliquerait davantage l'activité du muscle longitudinal supérieur (cf. Figure 33) qui, même s'il s'étend sur toute la longueur de l'articulateur lingual (Miyawaki, 1974 ; Marchal, 2007) serait plus actif au niveau de la pointe. En effet, d'après Sokoloff (2003), le longitudinal supérieur n'est pas constitué de fibres parallèles mais présente plutôt une structure de muscle en série « *in-series* » avec les fibres qui se superposent depuis son origine jusqu'à son insertion sur l'os hyoïde. Ainsi, le muscle longitudinal supérieur pourrait être contracté seulement au niveau de la pointe pour élever celle-ci vers la région alvéo-dentale, et l'activation du muscle vertical, qui participe aux articulations occlusives alvéolaires permettrait une configuration plate de la langue pour cette réalisation (Marchal, 2007). A l'inverse, le longitudinal supérieur serait passif ou décontracté lorsque la pointe est abaissée et c'est le longitudinal inférieur qui tirerait l'apex vers le bas pour les réalisations de /t/ avec la pointe dirigée vers les incisives inférieures. Des études ne sont toutefois pas d'accord sur le fait que ce muscle serait divisé en deux parties, antérieure et postérieure, ou non (cf. Barnwell et al., 1978 ; Takemoto, 2001). On pourrait ainsi supposer que les différentes stratégies chez les locuteurs de notre étude mobiliseraient un même ensemble de muscles et que ceux-ci, selon les locuteurs, ne seraient pas impliqués de la même manière dans la production consonantique car la complexité architecturale musculaire permettrait d'aboutir à un même résultat avec un engagement différent au niveau d'un ou de plusieurs muscles ou partie d'un muscle.

La palatalisée /tʲ/ serait produite grâce à la co-activation des parties antérieure et postérieure du muscle génioglosse dont les fibres antérieures incurvent la partie antérieure de la langue et tirent l'apex vers le bas en synergie avec le lingual inférieur (Perrier et al., 2003), alors que les fibres postérieures portent le corps de la langue vers l'avant (cf. Miyawaki, 1974 ; Perkell, 1974 ; Stone et al., 2004). Notons, tout de même, que bien que chaque ensemble de fibres du génioglosse ait une fonction particulière, plus de données sont nécessaires pour conclure si ses différentes parties constituent des unités fonctionnelles indépendantes. Pour notre étude, une co-activation des fibres antérieures et postérieures serait en accord avec les configurations linguales plutôt concaves pour /tʲ/ au niveau des bobines TB et TD_m et un avancement de TD_b pour certains locuteurs. De plus, le geste de palatalisation est souvent décrit comme similaire à celui présent dans la voyelle /i/ (Keating, 1988 ; Ladefoged & Maddieson, 1996) dont l'articulation implique une importante activation du génioglosse postérieur qui propulse le corps de la langue vers l'avant de la cavité buccale (Buchillard,

2007). En outre pour /i/, l'activation du muscle transverse sert à freiner un élargissement important de la langue suite à la contraction du génioglosse postérieur et non à rétrécir la langue, ce qui serait observé lors de l'activation volontaire du transverse. Enfin, l'activation du génioglosse antérieur limite l'élévation de la langue dans la région alvéolaire. L'apex se trouve en contact avec la face arrière des incisives inférieures (ibid.) ce que suggère la position de la bobine TT sur nos graphiques.

Pour /ʃ/ et /ʃʲ:/, le muscle transverse serait actif pour former un chenal central en élevant les bords latéraux de la langue (Marchal, 2007). Stone et al. (2004) ont identifié deux unités fonctionnelles de ce muscle. La partie postéro-inférieure du transverse, dont les lames alternent avec les fibres du génioglosse et du vertical (Takemoto, 2001), est recrutée dans les mouvements de rétraction de la langue et agit ainsi en opposition avec le génioglosse postérieur recruté dans le mouvement de protrusion du corps lingual vers l'avant. Ainsi, ces muscles dont l'action est antagoniste (Saigusa et al., 2004 cité par Buchaillard, 2007 ; Stone et al., 2004), seraient activés lors de la production des deux fricatives : le génioglosse postérieur serait en contraction dans la fricative palatalisée /ʃʲ:/, produite avec les positions plus antérieures des bobines TD_m et TD_b pour l'ensemble des locuteurs par rapport à /ʃ/ pour laquelle c'est la portion postérieure du transverse qui serait active et tirerait le dorsum vers l'arrière en rétrécissant le pharynx.

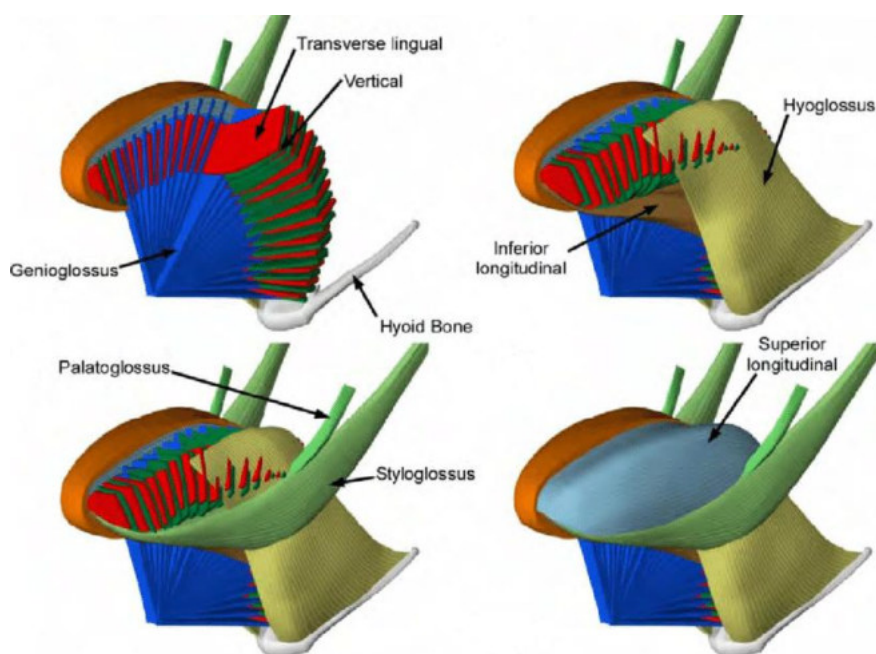


Figure 33 : Schémas tridimensionnels des muscles de la langue (Takemoto, 2001).

Concernant la forme du palais et son incidence sur la configuration du geste lingual à l'instant où la cible consonantique est atteinte, rappelons qu'aucune information

sur le lieu articulaire ne peut être extraite en fonction des tracés acquis en raison de l'incertitude de mesure estimée supérieure à 1,5 mm et parce que le tracé a été acquis à la fin de l'enregistrement pour toutes les productions. Il semblerait toutefois que certains participants dont les tracés sont trouvés semblables puissent utiliser des stratégies différentes pour produire une consonne donnée. C'est, par exemple, le cas pour les locuteurs TA et KB avec les formes du palais semblables mais dont les configurations linguales diffèrent pour la plosive coronale /t/ et sont en revanche proches pour sa contrepartie palatalisée /tʲ/ (cf. Figure 25). À l'inverse, IM et IH présentent les formes de palais différentes mais des configurations linguales similaires pour la plosive palatalisée (cf. Figure 25).

Nos résultats concernant les patterns spatiaux à l'instant de l'atteinte de la cible consonantique ne montrent pas d'effet de l'accent ni de la position dans la syllabe pour l'ensemble des locuteurs. Contrairement aux propositions de Straka (1964), Fougeron (1998), notre hypothèse concernant un geste lingual plus ample sous l'influence du facteur *Renforcement Articulatoire* n'est pas validée par nos observations.

Une conclusion similaire est celle de Kochetov (2002) qui a examiné les trajectoires de la langue lors de la production de la plosive palatalisée /tʲ/ en position initiale et finale dans des non-mots à 4 instants temporels différents, dans les productions de trois russophones natifs. Il a observé que la configuration du corps de la langue ne varie pas en fonction de la position, ni au niveau de l'élévation, ni au niveau de l'axe antéro-postérieur au moins pour deux des locuteurs observés. Seul le troisième participant a montré une certaine réduction du mouvement lingual et un déplacement vers l'avant du corps de la langue, certainement liés à son débit d'élocution élevé. Selon l'auteur, la coronale palatalisée est moins affectée par la position initiale ou finale que la labiale palatalisée et ce constat est également vrai pour les consonnes /p/ et /t/ qui ne présentent aucune réduction du mouvement lingual selon la position (ibid.). Kochetov (2002) cite Gick (1999) à propos de la réduction du geste lingual de /j/ en anglais observée en position de coda en faisant l'hypothèse que la réduction du geste linguo-palatal des plosives palatalisées dans la position finale peut être comparée à la réduction trouvée pour le glide palatal. L'indépendance du corps de la langue par rapport à l'articulation primaire dans /pʲ/ entraîne une diminution de l'amplitude du geste secondaire palatal. En revanche, elle n'affecte pas le corps de la langue de /tʲ/ parce que le geste du corps est couplé au geste primaire de la pointe. Cela pourrait peut-être expliquer l'absence d'effet de l'accent ou de la position intra-syllabique sur la forme de la langue suggérée par les positions des 4 bobines lors de la production des consonnes palatalisées ou palato-alvéolaires que nous avons examiné ici /tʲ tʃ ʃ ʃʲ/ : le

couplage entre le corps et la pointe empêcherait une diminution de l'amplitude du geste lingual dans les positions atone et coda.

Nous observons un effet de l'accent et un effet de la position dans la syllabe sur les patrons temporels du geste linguo-palatal (plutôt que sur la configuration de la langue à l'atteinte de la cible). Rappelons que pour déterminer le timing des 4 régions de la langue, l'écart temporel entre le début de l'élévation du geste mandibulaire et le maximum des points de référence sur la langue a été mesuré.

Premièrement, pour les deux modalités Accent*Onset et Atone*Onset, un écart temporel significatif a été trouvé entre les articulations initiale et secondaire dans /tʃ/ : l'élévation du dos de la langue suit le geste de fermeture apico-laminal. Ce résultat est conforme aux observations de Ladefoged & Maddieson (1996) et Recasens & Romero (1997) et valide notre hypothèse concernant un décalage temporel entre les gestes primaire et secondaire lors de la production d'une consonne palatalisée.

Deuxièmement, dans la modalité Accent*Onset et pour les consonnes palatalisées et palato-alvéolaires /tʃ ʃ ʃʲ:/, des écarts temporels significatifs ont été trouvés entre les 4 zones linguales lors de la production d'une consonne donnée ainsi que dans le timing d'une même bobine entre les différentes consonnes. En revanche, ces écarts sont moins souvent significatifs dans la modalité Atone*Onset. Enfin, dans la modalité Accent*Coda, les écarts sont observés seulement au niveau des comparaisons interconsonantiques. Ce résultat invalide notre hypothèse concernant les différences dans le timing du geste lingual dans les positions initiale vs finale de syllabe et d'après laquelle les gestes qui correspondent à une attaque sont synchrones et en phase avec le noyau vocalique, alors qu'en coda, ils s'enchaîneraient de manière séquentielle. En effet, et inversement, dans notre étude, les différentes parties de la langue s'organisent de façon plus synchrone en fin de syllabe et en dehors de l'accent. L'explication pourrait être trouvée dans le fait que les exigences de distinctivité spécifiques à une langue peuvent avoir des conséquences sur les patrons de coordinations (cf. Keating, 1985 ; Kochetov, 2006b). Rappelons, par exemple, que Kochetov (2006b) a examiné le timing des gestes labial et du corps de la langue dans /pʲ/ dans les positions initiale et finale de syllabe et a comparé les résultats obtenus à ceux trouvés pour les segments /p/ et /j/ dans /pj/ et /jp/. Les résultats ont montré que dans /pj/ le geste d'élévation du corps de la langue impliqué dans la production du glide suit le geste d'occlusion labiale et le geste d'élévation du corps lingual précède celui des lèvres dans /jp/. La coordination entre les gestes a été trouvée différente pour /pʲ/. Dans l'étude de Kochetov, d'une part, l'écart temporel entre les gestes labial et du corps de la langue pour /pʲ/ en attaque et en coda est inférieur

par rapport à celui mesuré dans /pj/ et /jp/ ; d'autre part, les deux gestes sont quasi synchrones en position finale de syllabe alors qu'en attaque, le corps de la langue atteint sa position maximale après le geste de constriction labiale. Ainsi, l'organisation temporelle observée pour /p^j/ par Kochetov comme celle pour les consonnes [+palatal] de notre étude ne suit pas le même schéma que celui décrit par Browman & Goldstein (1995) pour les réalisations de la latérale /l/ en anglais trouvées différentes en fonction de la position dans la syllabe. Les productions articulatoires de /p^j/ en russe dans l'étude de Kochetov et celles des consonnes cibles de notre étude impliquent des gestes synchrones en position de coda plutôt qu'en position d'attaque. Ainsi, dans notre étude et en russe en général, il semble que les segments consonantiques présentent des schémas différents de synchronisation inter-gestes et que les patrons de coarticulation intrasegment et ceux intersegment participent à la distinctivité des segments.

Quant à l'absence d'effet de l'accent sur le mouvement lingual, Knyazev & Pozharitskaya (2012) suggèrent que l'accent en russe affecterait plutôt le noyau vocalique. Les voyelles en syllabe tonique sont généralement plus longues que les voyelles atones (cf. section 1.2.2), position dans laquelle une diminution de l'amplitude du mouvement lingual et donc le phénomène d'undershoot sont observés (Knyazev & Pozharitskaya, 2012) ce qui pourrait expliquer que notre étude ne montre pas d'effet lié à l'accent sur la cible articulatoire. Il sera possible de le vérifier dans un premier temps en analysant et comparant la durée acoustique des voyelles de notre corpus.

Le chapitre suivant présente une étude multilocuteur utilisant l'imagerie ultrasonore dans le but de dégager les caractéristiques articulatoires intrinsèques aux consonnes [+palatal] et d'écarter les éléments qui relèveraient de la dimension diatopique et ceux qui appartiendraient aux stratégies individuelles de locuteurs monolingues.

5. APPORT DE DONNEES USI A LA CARACTERISATION DU GESTE LINGUO-PALATAL

Nous nous intéressons à la question du geste lingual et de son contrôle dans la production des consonnes articulées dans la région palatale. Plus précisément, nous cherchons à observer si une consonne possédant le trait [+palatal] en russe est réalisée avec un ou deux gestes articulatoires. Nous supposons que si l'articulation palatale est primaire, la cible à atteindre par le dos de la langue est la région palatale et la programmation motrice du geste lingual actionne l'élévation du dos de la langue en premier (dos et pointe de la langue s'élèvent ensemble). En revanche, si l'articulation palatale est secondaire, et plus particulièrement dans le cas de consonnes coronales, l'élévation de la pointe de la langue précède le geste palatal pour produire une consonne apicale et/ou laminaire.

La première étude menée auprès de 9 locuteurs russophones natifs en utilisant un système d'articulographie électromagnétique a permis de mettre en évidence des patrons de variabilité articulatoire dépendants du locuteur. Cependant, l'étude n'a été menée qu'auprès de participants bilingues ou ayant une pratique orale régulière d'une ou de plusieurs langues étrangères avec un séjour prolongé dans un ou plusieurs pays étrangers. Or, des études ont montré l'influence de la pratique régulière d'une langue étrangère sur les productions en langue native. Par exemple, Flege (1987), Sancier & Fowler (1997) ont montré un changement dans le VOT lors de l'immersion de bilingues ou de locuteurs avancés en langue étrangère dans des pays de leur L2.

L'étude qui fait l'objet de ce 5^{ème} chapitre et qui complète la précédente, a consisté à recueillir sur leur lieu de vie, en Russie, des données articulatoires auprès de locuteurs monolingues natifs du russe, afin de mieux cerner la variabilité du geste linguo-palatal et d'essayer de dégager les effets dus aux caractéristiques individuelles (morphologiques) et diatopiques, de ceux liés à l'expérience linguistique notamment par la pratique de langues étrangères.

5.1. HYPOTHESES

Pour caractériser le geste lingual impliqué dans la production des consonnes [+palatal] nous mettons à l'épreuve les hypothèses qui suivent.

1. Si une consonne palatalisée correspond à un geste articulatoire on s'attend à trouver une différence entre les contours linguaux appartenant à une palatalisée et à une non palatalisée dès le début de la consonne ; en revanche, si une palatalisée correspond à deux gestes articulatoires, on s'attend à ce que les contours pour les deux consonnes se ressemblent au début du segment, puis, se différencient au fur et à mesure de la production consonantique.
2. Pour les configurations linguales de deux consonnes de lieux articulatoires différents, on s'attend à des configurations similaires ou moins différenciées entre deux consonnes palatalisées de lieux différents qu'entre leurs équivalentes non palatalisées.
3. S'il existe un effet de la voyelle qui suit la consonne cible, on s'attend à ce que les consonnes non palatalisées soient plus sujettes à la coarticulation que leurs équivalentes palatalisées.

4. On s'attend à ce que le profil géographique des locuteurs ait un effet sur la réalisation du contraste palatalisé *ʌ* non palatalisé. Le choix des deux lieux d'enquête, proches géographiquement, la ville de Moscou et la région périphérique de Vladimir, s'appuie sur l'étude de Kuznetsova (1969) qui rapporte que des différences au niveau de la réalisation consonantique sont observées dans deux régions limitrophes.

5.2. METHODOLOGIE

5.2.1. Participants

Trente locuteurs de langue maternelle russe, 23 femmes et 7 hommes, âgés de 18 à 70 ans ($\mu = 36$, $\sigma = 14$) ont été enregistrés. Parmi eux 19 locuteurs n'avaient aucune pratique d'une langue étrangère. Avant la séance d'enregistrement, chaque participant a rempli un questionnaire (cf. Annexe 18) comportant principalement les entrées suivantes : âge, genre, niveau d'étude, métier exercé, lieu de naissance et de résidence actuel, autres lieux de résidence, contexte linguistique de l'éducation (parents, grands-parents etc.), pratique d'une langue étrangère (niveau). Dans le cadre de la thèse, les données articulatoires provenant de 15 locuteurs sur les 30 enregistrés ont pu être traitées. Les locuteurs ont été sélectionnés sur critères géographique (périphérie *vs* centre) et d'exposition à une langue étrangère (pratique régulière ou non). Ces participants âgés de 22 à 59 ans ($\mu = 34$, $\sigma = 12$) étaient de sexe féminin, sauf AK et AD. Tous ont fait ou étaient en train de faire les études supérieures au moment de l'enquête et travaillaient selon la spécialité de leur diplôme, sauf deux enseignantes périscolaires qui ont choisi la filière d'enseignement professionnel. Pour ces 15 locuteurs retenus une proportion de données a été écartée en raison de la mauvaise qualité de l'image échographique (cf. sous-section 5.2.4 ci-dessous pour plus de précisions). La Table 25 qui suit récapitule les caractéristiques des 15 participants à cette étude.

Locuteur	Genre	Age	Niveau d'étude	Profession	Langue étrangère	Lieu de naissance	Lieu de résidence/nb d'années
RDN	F	22	Sup.	Consultant	1	Montélimar	Moscou/5, Rostov-sur-le-Don/10, Strasbourg/≈5
ABI	F	22	Sup.	Bioingénieur	0	Moscou	Moscou
MM	F	23	Sup.	Bioingénieur, bio-informaticien	0	Moscou	Moscou
DDV	F	25	Sup.	Enseignante RLE	1	Moscou	Moscou
URV	F	27	Sup.	Etudiant	1	Moscou	Moscou
AD	M	27	Sup.	PhD Biomécanique	1	Moscou	France/6
KBM	F	41	Sup.	Enseignante FLE	1	Moscou	Moscou
IT	F	33	Sup.	Instructeur pour activités annexes des futurs militaires	0	Mourom	Vladimir/14
OK	F	48	Sup.	Spécialiste principale dép. d'architecture et d'urbanisme	0	Mourom	Mourom
EK	F	31	Sup.	Conseiller commercial	0	Mourom	Mourom
KB	F	32	Sup.	PhD Linguistique	1	Mourom	France/11
EB	F	58	Equiv. BAC + filière pro (BTS, CAP...)	Enseignante préscolaire	0	Mourom	Mourom
IR	F	59	Equiv. BAC + filière pro (BTS, CAP...)	Enseignante préscolaire	0	Mourom	Mourom
NG	F	31	Sup.	Assist. direction, centre linguistique	0	Vladimir	Moscou banlieue/9 Vladimir/22
AK	M	32	Sup.	Informaticien	0	Penza	Moscou/10

Table 25 : Caractéristiques des participants classés par lieu de naissance. Le chiffre 1 dans la colonne « Langue étrangère » désigne que le participant a témoigné d'une pratique quotidienne et régulière d'une ou de plusieurs langue(s) étrangère(s). A l'inverse, 0 signifie que la personne est exposée quasi exclusivement à sa langue maternelle.

Sur les 15 participants, 6 sont nés à Moscou (ABI, MM, DDV, URV, AD et KBM) et ont continué à y vivre, étudier et/ou y travailler sauf le participant AD qui s'est installé depuis 6 ans en France de manière permanente. Parmi les 9 autres, 7 sont nées dans la région de Vladimir, 6 à Mourom (EK, KB, IT, OK, EB et IR) et 1 à Vladimir (NG), deux villes voisines à environ 300 et 200 km à l'est de Moscou respectivement (cf. Figure 34). De ces 7 personnes, 5 sont restées vivre et travailler dans leur ville de naissance (la majorité des cas) ou leur région natale (cas du locuteur IT), tandis que 2 personnes sont parties vivre ailleurs, l'une à Moscou (NG) et l'autre à l'étranger, en France (KB). Une personne (AK) est née à Penza, environ à 600 km au sud-est de Moscou, mais réside actuellement dans la capitale et y travaille depuis 10 ans. Enfin, le dernier locuteur (RDN) est né en France à Montélimar dans une famille bilingue avec une mère francophone et un père russophone natifs, et a été élevé par une assistante maternelle russophone native. Elle a déménagé à Strasbourg à l'âge de 2-3 ans et y a vécu jusqu'à l'âge de 7 ans, puis est partie vivre en Russie à Rostov-na-Donou, à environ 1 000 km au sud de Moscou, où elle a vécu pendant 10 ans. Actuellement (et depuis 5 ans au moment de l'expérience), elle vit et travaille à Moscou.

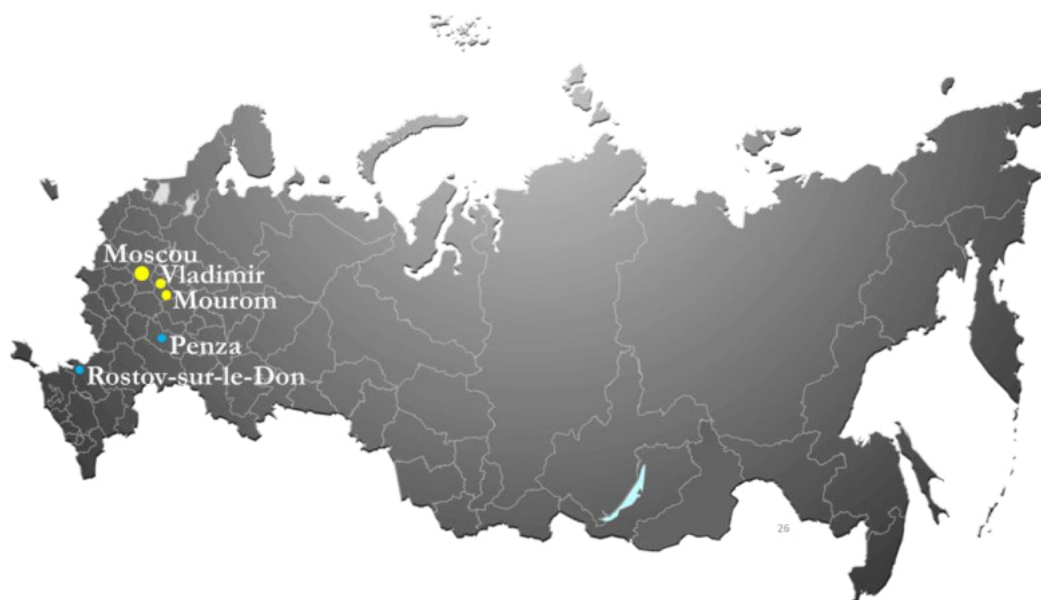


Figure 34 : Carte situant les lieux d'enquête (en jaune) et villes russes mentionnées (en bleu).

Compte tenu de ces informations nous avons classé 5 locuteurs comme représentants des parlers du centre (ABI, MM, DDV, URV et KBM), 5 autres (EK, IT, OK, EB, IR) des parlers de la périphérie, dont au moins 4 ont assuré n'avoir jamais quitté leur ville natale pour s'installer ailleurs. Trois locuteurs KB, AD et RDN ont été classés séparément des autres car les deux premiers vivent en France et communiquent constamment en français et pour la dernière le français (comme le russe) est une langue native et de communication en famille. Enfin, les locuteurs NG et AK ont quitté leurs villes natales, il y a environ 10 ans, pour s'installer définitivement à Moscou.

Parmi les 15 participants, 6 ont déclaré avoir besoin d'utiliser de manière quotidienne et régulière une ou des langue(s) étrangère(s) pour des raisons personnelles ou

professionnelles. Dans la majorité des cas, il s'agit de l'anglais ou du français ou, dans le cas du locuteur URV, de l'indonésien qu'il pratique tous les jours avec ses amis et au travail. Les 9 autres participants ont assuré n'être exposés à aucune autre langue que leur langue maternelle (cas des locuteurs EK, AK, IT, OK, EB et IR, pour la plupart, habitants des régions périphériques) ou d'être marginalement exposés à la pratique d'une autre langue (ex. une heure de cours hebdomadaire de langue étrangère), cas des locuteurs ABI, MM et NG.

5.2.2. Stimuli

Cette étude reprend l'ensemble des consonnes étudiées dans l'expérience précédente (à l'exception de /tʃ/) et plus les 2 labiales /p/ et /pʲ/ afin de distinguer le geste de palatalisation sans articulation linguale primaire. Vingt-six mots russes contenant une des cibles consonantiques /p pʲ t tʲ ʃ ʃʲ:/ devant les voyelles /a i u o e/ ont été sélectionnés. Les paires minimales ou les paires d'unités lexicales contrastant /ʃ/ et /ʃʲ:/ devant /a/ et /u/ ne sont pas présentées dans le corpus (de tels exemples ont été également absents de l'étude articulographique précédente).

Le corpus enregistré comporte 8 paires minimales et 5 autres paires de mots présentant le contraste non palatalisé vs palatalisé en début de mot (consonne d'attaque) et dans une position accentuée (cf. Table 26 ci-dessous) sauf dans le mot /pʲu.'pʲitr/ « pupitre » (subst., nom., acc., sg.) dans lequel la consonne palatalisée /pʲ/ devant la voyelle /u/ se trouve en syllabe atone. En russe, la fréquence d'apparition d'une combinaison des phonèmes /pʲ/ suivi de /u/ en début de mot (fréquence phonotactique) est faible (ex. seulement deux unités dans le lexique de 15 000 mots, cf. chapitre 3), d'où le faible rendement de l'opposition phonologique /pu/~pʲu/. En effet, les combinaisons phonémiques /pʲu/, /bʲu/, /fʲu/, /vʲu/, /kʲu/ ne sont présentes que dans un nombre restreint de mots appartenant au lexique emprunté essentiellement au français. Pour cette deuxième expérience, les mots retenus sont pour la plupart des monosyllabes de type CVC, sauf 2 qui sont des dissyllabes, ceci afin d'éviter un éventuel effet de la longueur du mot sur les patrons de coarticulation (nous avons fait le choix d'étudier des productions consonantiques telles que réalisées dans des mots réels et non dans des pseudo-mots). Les stimuli ont été insérés dans la phrase porteuse /'maj.ka *mot cible* ska.'za.la/ « Mashka a dit *mot cible* » pour faciliter le repérage des frontières lors de la segmentation et minimiser les effets suprasegmentaux. Les énoncés ont été organisés par paires et présentés 6 fois dans un ordre aléatoire pour chaque locuteur. Pour prévenir un éventuel effet d'ordre, dans trois répétitions, le premier énoncé présenté comportait un mot avec une cible consonantique non palatalisée, le second un mot avec une cible consonantique palatalisée dans un même contexte vocalique, et inversement dans les trois autres paires. Les énoncés écrits en cyrillique, police de caractères Calibri Light taille 60 ont été présentés aux participants sur un écran 17 pouces Dell Precision 3520.

	/p/	/pʲ/	/t/	/tʲ/	/ʃ/	/ʃʲ:/
/a/	/pat/ pat, subst., nom., acc., sg.	/pʲat/ talon, subst., gen., pl.	/tap/ coup, onomat.	/tʲap/ faire qqch à la va-vite, onomat.		
/i/	/pil/ ardeur, subst., nom., acc., indénombr.	/pʲil/ boire, verbe, 1 ^{ère} , 2 ^{ème} , 3 ^{ème} pers. du sg., masc., passé imperfect.	/tin/ palissade, subst., nom., acc., sg.	/tʲin/ vase, subst., fém., gen., pl.	/ʃit/ cousu, adj., forme brève, masc.	/ʃʲit/ bouclier, subst., nom., acc., sg.
/u/	/put/ chaîne, subst., gen., pl.	/pʲu. 'pʲitr/ pupitre, subst., nom., acc., sg.	/tuk/ bruit provoqué par un coup sur une surface dure, onomat.	/tʲuk/ baluchon, subst., nom., acc., sg.		
/o/	/pot/ sueur, subst., nom., acc., indénombr.	/pʲotr/ Pierre, prénom	/tok/ courant, subst., nom., acc., indénombr.	/tʲok/ couler, verbe, 1 ^{ère} , 2 ^{ème} , 3 ^{ème} pers. du sg., masc., passé imperf.	/ʃolk/ soie, subst., nom., acc., sg.	/ʃʲolk/ son saccadé, se produit lorsque le mécanisme est déclenché, onomat.
/e/	/per/ pair (titre de noblesse), subst., nom., sg.	/pʲien/ mousse, subst., fém., gen., pl.	/test/ test, subst., nom., acc., sg.	/'tʲes.to/ pâte, subst., nom., acc., sg.	/ʃestʲ/ six, nom., acc.	/ʃʲelʲ/ fente, subst., nom., acc., sg.

Table 26 : Mots cibles du corpus USI présentés selon la combinaison consonne cible*voyelle avec traduction et gloses

5.2.3. Matériel et protocole

Les données articulatoires ont été acquises à l'aide d'un système ultrason Telemed Echoblaster MicrUs EXT-1H et une sonde échographique émettrice d'ultrasons Micro

Convex MC10-5R10S-3 fixée sous la mandibule des participants. Un casque de stabilisation Ultrasound Stabilisation Headset (Scobbie, Wrench & van der Linden, 2008) a été utilisé pour maintenir la sonde dans le plan médio-sagittal et ainsi limiter les mouvements de rotation et de translation de celle-ci par rapport à la tête du locuteur. La sonde utilisée avait une fréquence comprise entre 5 et 10 MHz et un rayon de courbure de 10 mm. Pour l'acquisition des données, nous avons utilisé le logiciel Ultraspeech (Hueber et al., 2008) qui permet d'enregistrer simultanément le flux d'images ultrasonores et le signal audio. Les données ultrasonores ont été enregistrées à une fréquence de 53-54 images par seconde (une capture d'image toutes les 19 ms environ). Les données acoustiques ont été enregistrées avec un micro AKG C1000S à une fréquence d'échantillonnage de 44,1 kHz placé à environ 30 cm des lèvres du locuteur. La synchronisation des images ultrasonores et de l'audio a été faite sous Matlab à l'aide de scripts internes qui font correspondre les horodatages (timestamps) marqués lors de l'acquisition (et associés aux instants de capture de chaque image) avec le signal audio.

Les participants ont déclaré être familiers avec tous les mots du corpus et se sont entraînés au protocole avec les 5 premiers stimuli du test. La consigne donnée était de lire les phrases à voix haute à un débit normal lorsque l'expérimentateur les faisait apparaître à l'écran. Les enregistrements se sont déroulés dans une chambre anéchoïque de la faculté de la langue russe et de philologie de l'Université d'État de Lomonossov de Moscou, en Russie (sous la responsabilité de la personne référente Galina Kedrova, Associate Professor et Directeur du Centre « Sciences humaines & nouvelles technologies » de la faculté de philologie LMSU). Chaque session d'enregistrement durait environ une heure, temps de préparation inclus. Tous les participants ont préalablement rempli un formulaire de consentement éclairé (cf. Annexe 19).

5.2.4. Mesures et analyses

La détection, le suivi, puis l'extraction des contours linguaux ont été faits en utilisant AAA software (Articulate Assistant Advanced: version 2.14).

Les images échographiques analysées correspondent aux trois instants temporels suivants définis manuellement à partir de la lecture des sonagrammes et choisis tels que les effets de coarticulation avec le contexte vocalique droit et gauche sont minimisés (cf. Figure 35) :

- le début de la consonne (Onset),
- l'instant qui précède le relâchement (Offset),
- le point médian (Midpoint) entre ces deux événements temporels.

L'apparition du signal aperiodique et donc l'absence de fréquence fondamentale sur le spectrogramme ont également servi d'indicateurs pour poser les instants temporels de début et de fin acoustiques des fricatives sourdes. Pour les plosives, ces repères étaient le début du silence et la fin de la tenue consonantique et donc le relâchement articulaire

pour produire la voyelle suivante. Les contours linguaux ont été extraits aux 3 instants temporels (début, milieu et fin) pour chaque consonne plosive ou fricative.

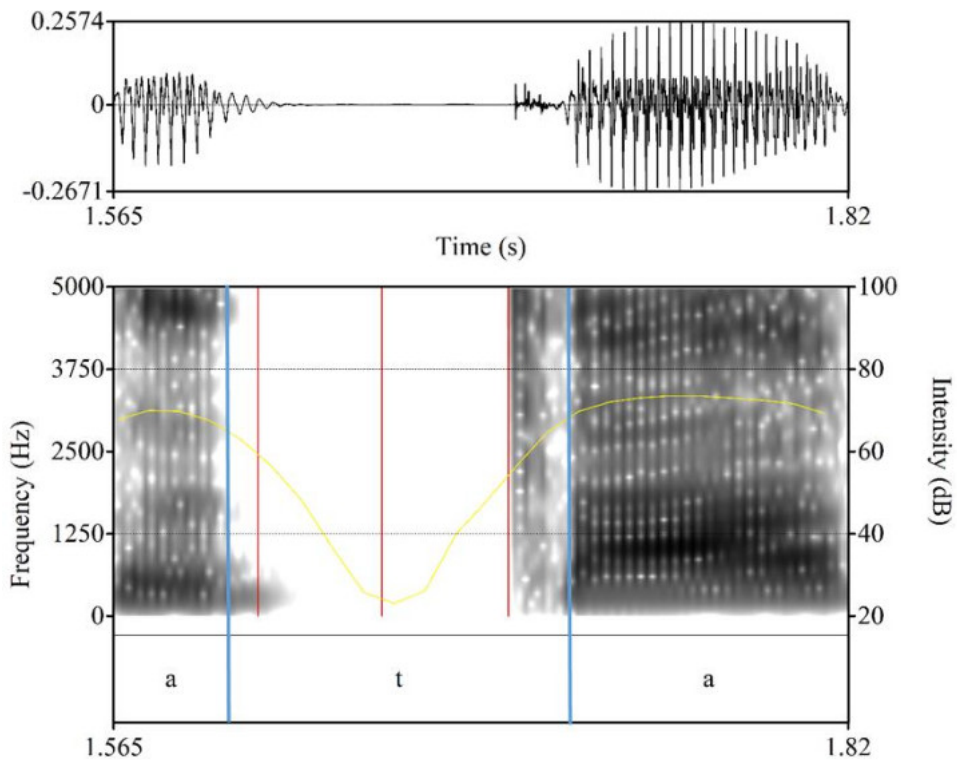


Figure 35 : Segmentation acoustique (en bleu) et les trois instants temporels onset, midpoint et offset (en rouge) pour la consonne /t/ dans le mot /tap/ où les images echodoppler ont été extraites. La voyelle /a/ qui précède la consonne cible est celle de la phrase porteuse.

La procédure d'extraction des contours a comporté deux phases. La première a consisté à tracer semi-automatiquement les contours linguaux en utilisant la fonction de traçage automatique du logiciel AAA, puis à les vérifier et les corriger manuellement. La seconde phase a consisté à récupérer des contours dans le plan bidimensionnel (cartésien) sous forme d'un maximum de 42 points de coordonnées (X, Y) (cf. Figure 36). Ces 42 points de coordonnées ont été exportés dans un fichier ASCII. Les contours extraits ont ensuite été analysés statistiquement à l'aide des méthodes décrites *infra*.

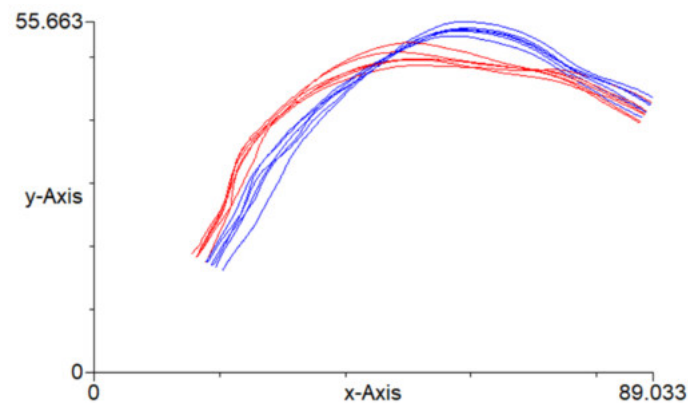


Figure 36 : Exemple de contours tracés dans le plan cartésien par le logiciel AAA. Les contours correspondent à 6 réalisations de la consonne /t/ (en rouge) et de son équivalente palatalisée /tj/ (en bleu) devant la voyelle /a/ dans la paire minimale /tap/~tjap/ en début de segment. La dimension des axes est exprimée en millimètres.

Pour chaque participant 540 contours auraient dû être récupérés (6 consonnes x 5 contextes vocaliques x 3 instants temporels x 6 répétitions) soit au total 8 100 contours (pour les 15 participants). Sur les 8 100 contours attendus, 2 781 (34 %) ont été exploités. Les autres contours ont été écartés principalement en raison de la qualité médiocre de l'image échographique qui n'a pas permis d'appliquer avec succès la fonction de traçage automatique de AAA. Pour être exploités, ces contours nécessitent un traçage manuel, tâche particulièrement chronophage. En conséquence, sur l'ensemble des 15 locuteurs retenus pour cette expérience, 5 (MM, AK, OK, IR et DDV) ont été écartés des analyses en raison du faible nombre de données exploitables. La Table 27 suivante liste les 10 participants retenus dans cette étude et l'ensemble des contours exploités pour chacun d'eux sur lequel ont été effectuées les analyses (nombre minimal de contours = 51, maximal = 460, moyenne = 278, $\sigma = 134$). Elle est complétée d'une autre table, plus complète, fournie Annexe 20, qui précise le nombre de contours exploités pour chacun de ces participants par consonne, par voyelle et par instant.

N° des participants	Loc.	Nb de contours
1	ABI	445
2	AD	250
3	EB	101
4	EK	316
5	IT	51
6	KB	460
7	KBM	263
8	NG	372
9	RDN	211
10	URV	312
Total		2781

Table 27 : Nombre de contours linguaux analysés par participant dans l'étude USI.

5.2.4.1. Analyse quantitative

Calcul du contour moyen

Rappelons que l'objectif est ici de comparer la forme de la langue lors de la production de consonnes palatalisées *vs* non palatalisées réalisées dans le même contexte vocalique. Pour chaque participant, à chaque instant temporel (onset, midpoint, offset) de chaque consonne cible /p p^j t t^j ʃ ʃ^j:/ et pour chaque contexte vocalique /a i u e o/, 6 tracés linguaux au

maximum, représentés au plus par 42 points de coordonnées (X, Y) font l'objet des analyses. Les courbes moyennes associées chacune à un intervalle de confiance à 95 % ont été calculées pour être interprétées comme formes linguales caractéristiques de la production de chaque type de consonne pour un locuteur donné à 3 instants temporels sélectionnés. Les analyses statistiques ont été menées avec l'appui de Silvain Gerber, ingénieur statisticien CNRS au GIPSA-lab.

Pour obtenir ces courbes d'ajustement, l'algorithme SSANOVA (Smoothing Spline ANOVA) (Davidson, 2006) a été utilisé. L'output est une courbe moyenne des tracés constituée d'une suite de points séparés de 0,01 mm sur l'axe des abscisses, à laquelle est associé l'intervalle de confiance à 95 %. Cependant, certains contours linguaux se présentent dans le plan (X, Y) sous la forme des tracés associant plusieurs images (Y) à un même antécédent (X) empêchant la génération d'une courbe de contour lingual par fonction mathématique. On observe ce phénomène chez certains participants au niveau de la racine de la langue. Pour remédier à ce problème qui ne permet pas d'utiliser la méthode SSANOVA, les contours ont été caractérisés dans un plan bidimensionnel avec en ordonnée la distance euclidienne de chacun de 42 points à la sonde, et en abscisse l'ordre (rang) du point, de 1 à 42.

Les coordonnées de la sonde ont été estimées en calculant le point d'intersection des droites de régression (fonction `lm` de R) au niveau des 42 points telles que :

$$y_r^k = a_r x_r^k + b_r$$

avec (x_r^k, y_r^k) les coordonnées du point de rang r pour la répétition k .

Les coordonnées de la sonde ont été obtenues avec la résolution du système d'équations suivant :

$$\begin{cases} y_s = a_{ri} x_s + b_{ri} \\ y_s = a_{rj} x_s + b_{rj} \end{cases}$$

avec (x_s, y_s) les coordonnées de la sonde dans le plan cartésien (X, Y).

Les ordonnées des 42 points ont été obtenues en calculant la distance euclidienne :

$$d_{rs} = \sqrt{(x_s - x_r)^2 + (y_s - y_r)^2}$$

Les courbes SSANOVA ont été calculées séparément pour chaque locuteur avec les nuages de points obtenus dans ce nouveau repère et à l'aide du package `gss` de R. La résolution du système d'équations suivant a été utilisée pour obtenir les contours moyens dans le plan cartésien avec leurs intervalles de confiance :

$$\begin{cases} d'_{rs} = \sqrt{(x_s - x'_r)^2 + (y_s - y'_r)^2} \\ y'_r = a_r x'_r + b_r \end{cases}$$

avec d'_{rs} la distance euclidienne entre la sonde et le point r de coordonnées (x'_r, y'_r) du contour moyen.

La même procédure a été appliquée aux coordonnées des bornes des intervalles de confiance à 95 %.

Pour guider la comparaison du geste consonantique entre une consonne non palatalisée et son équivalente palatalisée, les contours linguaux des consonnes réalisées dans un contexte vocalique similaire ont été superposés en fonction des 3 instants onset, midpoint et offset (cf. Figure 37). Pour une même consonne, la superposition des contours linguaux aux 3 instants (onset, midpoint et offset) a permis de rendre compte d'une évolution temporelle du contour lingual pour chaque consonne cible (cf. Figure 38).

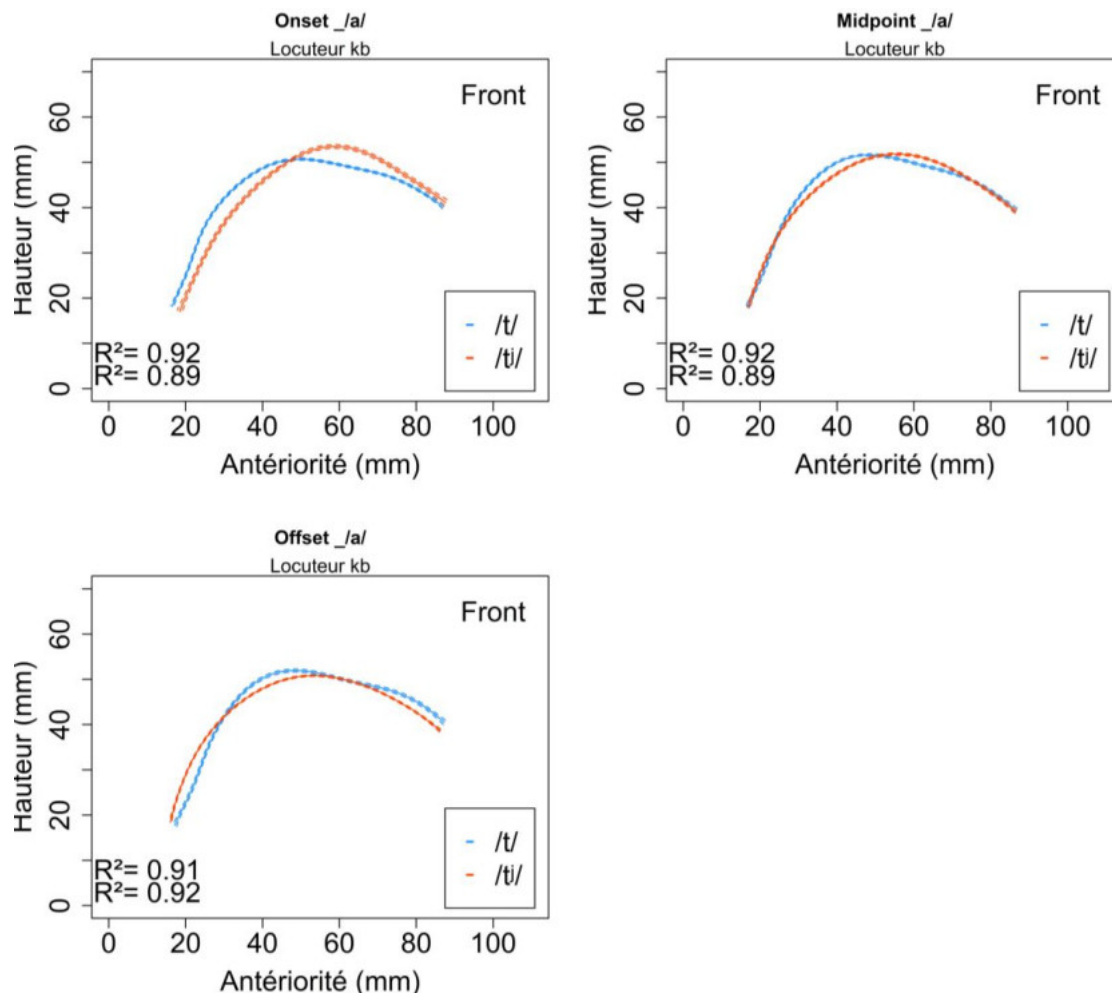


Figure 37 : Contours de langue pour le locuteur KB, pour les consonnes /t/ et /tj/, devant la voyelle /a/, dans la paire minimale /tap/~/tjap/ au début, au milieu et à la fin du segment consonantique. Les lignes en pointillés représentent les intervalles de confiance à 95 % autour des positions moyennes de la langue (lignes pleines). Lorsque les intervalles de confiance des deux courbes ne se chevauchent pas, on peut considérer que les courbes en question sont significativement différentes.

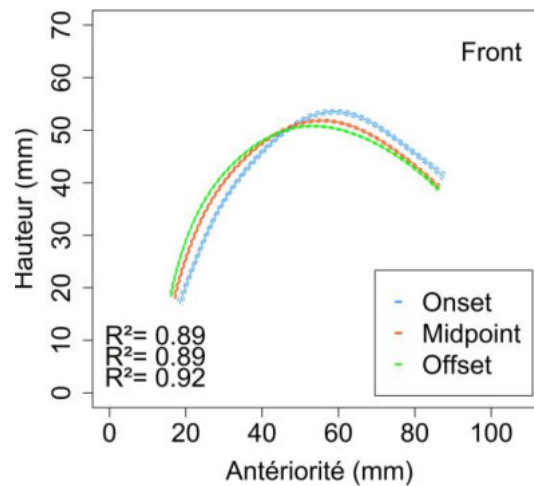


Figure 38 : Contours linguaux pour le locuteur KB, pour la consonne /t/, devant la voyelle /a/, dans le mot /tiap/ au début, au milieu et à la fin du segment consonantique. Les lignes en pointillés représentent les intervalles de confiance à 95 % autour des positions moyennes de la langue qui, elles, sont en lignes pleines. Lorsque les intervalles de confiance des deux courbes ne se chevauchent pas, on peut considérer que les courbes en question sont significativement différentes.

Méthode de classification des contours

Les données de la procédure de classification sont les coordonnées du contour moyen pour chaque participant et pour les 3 facteurs *Consonne*, *Contexte vocalique*, *Instant temporel*, auxquels est ajouté un facteur *Région*. Ce facteur correspond au découpage des contours en trois zones telles que : les 14 premiers points correspondent à la partie antérieure de la langue, physiologiquement la plus mobile, incluant principalement la pointe et la lame ; les 14 points suivants représentent la région médiane qui correspond au dorsum ; enfin, les 14 derniers renvoient à la partie linguale la plus postérieure (post-dorsum) et, éventuellement, à la racine (cf. Figure 39).

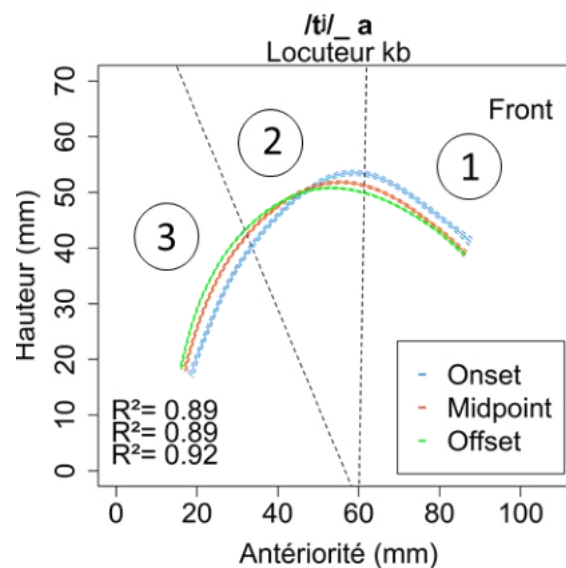


Figure 39 : Division d'un contour lingual en 3 régions pour les 3 instants (onset, midpoint et offset) pour la consonne /t/ en contexte _a produite par le locuteur KB : ① antérieure, ② médiane et ③ postérieure.

L'analyse des contours linguaux par locuteur et par région linguale a été menée en utilisant une classification ascendante hiérarchique (CAH) dans laquelle le regroupement a été obtenu en calculant la distance de Fréchet et l'indice d'agrégation de Ward (ou indice de dissimilarité entre classes). Les distances de Fréchet entre chaque paire de contours ont été calculées avec la fonction Fréchet du package SimilarityMeasures de R.

Un exemple de regroupements successifs est visible sur le dendrogramme ou arbre de classification de la Figure 40 ci-dessous (cf. Annexe 21 pour le script R pour classification de contours linguaux a l'aide de la distance de Fréchet (Auteur S. Gerber, 2020)).

Le nombre de groupes (cf. Table 28) a été déterminé en calculant le gain d'inertie interclasse (méthode de Ward) et en stoppant la CAH lorsque le gain d'inertie effectue un saut entre une situation à k groupes et une situation à k-1 groupes (perte d'homogénéité) (cf. Figure 41). La situation avec k groupes est alors retenue. La classification ascendante hiérarchique a été réalisée avec la fonction agnes du package cluster du logiciel R.

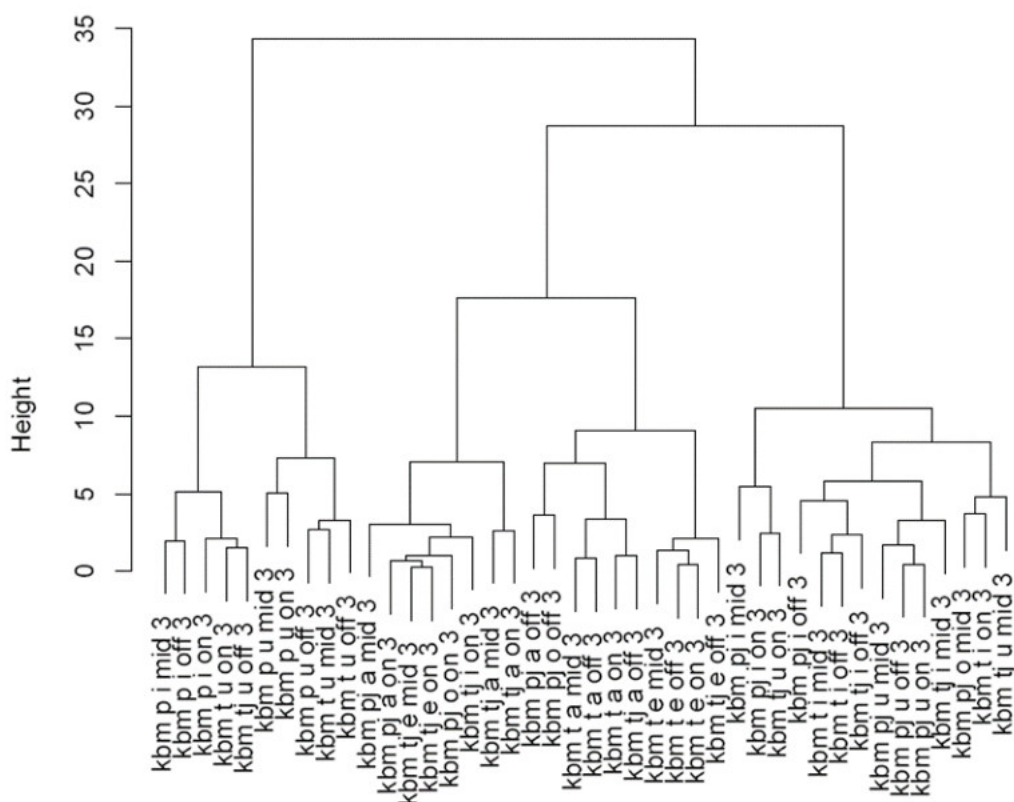


Figure 40 : Regroupements successifs (Cluster Dendrogram) des contours linguaux pour le locuteur KBM pour la région 3. Le regroupement (clustering) est calculé à partir de la matrice de distances de Fréchet et de l'indice de Ward. Les contours sont identifiés avec [locuteur consonne voyelle instant région linguale].

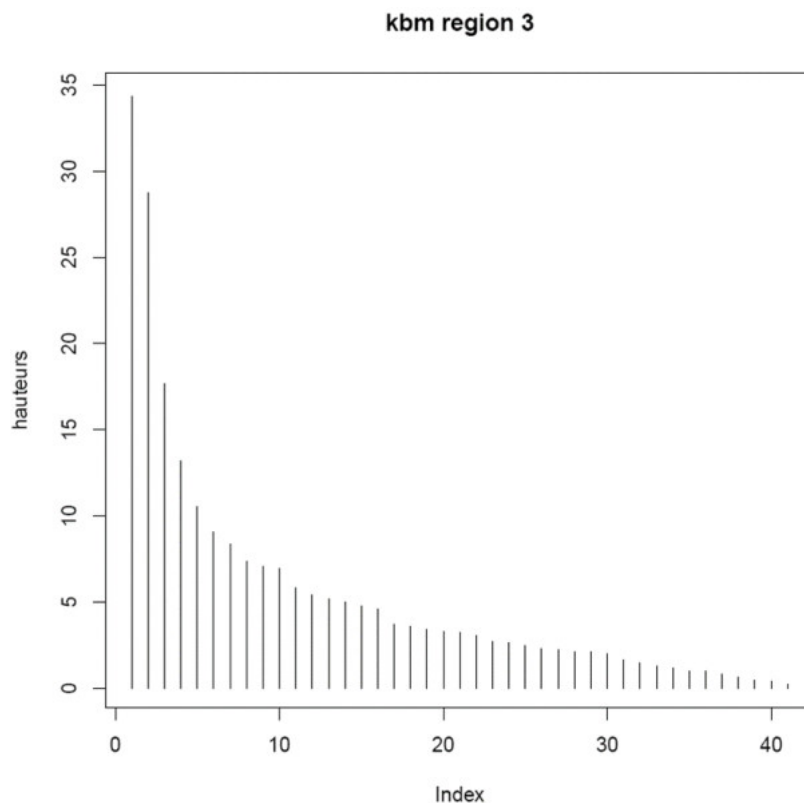


Figure 41 : Gains d'inertie calculés pour le locuteur KBM et la région 3. Le saut dans les valeurs associé à la perte d'homogénéité entre deux regroupements k et $k-1$ est visible au niveau des index 3 et 4, ce qui signifie que le dendrogramme des productions de KBM et la région 3 (Figure 40) est stoppé à la hauteur 15 (4 groupes).

Locuteur	Région 1	Région 2	Région 3
ABI	3	4	4
AD	3	3	4
EB	2	4	4
EK	3	4	4
IT	3	3	3
KB	4	4	5
KBM	3	5	4
NG	3	4	4
RDN	4	4	4
URV	4	4	4

Table 28 : Nombre de groupes sélectionnés pour chaque participant et chaque région linguale après l'étape du regroupement successif. Ce choix s'appuie sur la perte d'homogénéité obtenue entre deux regroupements successifs comme illustré Figure 41.

Calcul des proportions de contours groupés

La proportion de contours conjointement groupés a été calculée à partir des tables de classification pour chaque locuteur (cf. pour exemple Table 29 et cf. Annexe 22 pour la totalité des tables).

C*I	a*1	a*2	a*3	e*1	e*2	e*3	i*1	i*2	i*3	o*1	o*2	o*3	u*1	u*2	u*3
p mid	1	1	1	2	2	1	2	3	2	2	1	1	1	3	2
p off	1	1	1	2	2	1	2	3	2	2	1	1	1	3	2
p on	1	1	3	2	2	1	2	3	2	1	3	3	1	3	2
p ^j mid	1	1	1	3	4	1	3	3	2	2	1	1	3	2	4
p ^j off	1	1	1	2	1	1	2	3	2	2	1	1	3	2	4
p ^j on	3	2	1	3	4	4	3	4	4	2	1	1	3	2	4
f mid	NA	NA	NA	3	4	4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
f off	NA	NA	NA	3	4	4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
f on	NA	NA	NA	3	2	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
f ^j : mid	NA	NA	NA	3	4	4	3	4	4	1	3	1	NA	NA	NA
f ^j : off	NA	NA	NA	3	4	4	3	2	2	1	3	3	NA	NA	NA
f ^j : on	NA	NA	NA	3	4	4	3	4	4	3	2	1	NA	NA	NA
t mid	1	1	1	2	1	1	3	2	4	2	3	3	2	3	2
t off	1	1	1	2	1	1	3	2	4	2	3	3	2	3	2
t on	1	1	1	2	2	1	3	2	4	2	3	3	2	3	2
t ^j mid	1	1	1	3	4	1	3	4	4	2	3	3	2	3	2
t ^j off	1	1	1	2	2	1	3	4	4	2	3	3	2	3	2
t ^j on	3	1	1	3	4	4	3	4	4	2	2	1	3	2	2

Table 29 : Table de classification des contours pour le locuteur ABI avec les entrées suivantes. La colonne 1 C*I correspond à la combinaison Consonne*Instant ; la ligne 1 indique la combinaison Voyelle*Région linguale. Les valeurs des cellules indiquent le numéro du groupe dans lequel le contour a été affecté par l'algorithme de CAH. « NA » indique une valeur manquante (cf. section 5.2.4).

Par exemple, pour le locuteur ABI à l'instant onset, les contours linguaux des consonnes /p^j/ et /t^j/ sont affectés dans un même groupe dans 12 combinaisons Voyelle* Région linguale sur les 15 possibles (5 voyelles * 3 régions linguales). Ainsi, 80 % des contours pour ces consonnes à l'instant onset peuvent être jugés semblables. L'ensemble des résultats pour tous les participants permet d'observer une éventuelle tendance pour l'ensemble des participants et de dégager des différences dans les productions des locuteurs.

Pour tester les hypothèses, 3 calculs de proportions suite aux résultats des CAH ont été réalisés à partir de 3 tables de données, structurées différemment, de manière à évaluer la similarité des contours linguaux regroupés dans une même classe.

Ainsi, la première table de données des numéros de groupe dans lequel a été affecté chaque contour lors de la CAH est structurée en 18 lignes (6 consonnes x 3 instants) et 15 colonnes (3 régions linguales x 5 contextes vocaliques). Il s'agit ici de vérifier si les gestes impliqués dans la production de 2 consonnes, non palatalisée *vs* palatalisée, ou dans la production de deux palatalisées de lieux articulatoires différents à un même instant temporel sont ou non différents quel que soit le contexte vocalique et quelle que soit la région linguale.

La deuxième table structurée en 54 lignes (6 consonnes x 3 instants temporels x 3 régions linguales) et 5 colonnes (5 contextes vocaliques) permettra de vérifier si les gestes impliqués dans la production de 2 consonnes, non palatalisée et son équivalente palatalisée, ou dans la production de deux palatalisées de lieux articulatoires différents à un même instant temporel et dans une même région linguale sont ou non différents indépendamment du contexte vocalique.

Enfin, la troisième table de 90 lignes (6 consonnes x 5 contextes vocaliques x 3 instants) et 3 colonnes (3 régions linguales) contribuera à vérifier si les gestes impliqués dans la production de 2 consonnes, non palatalisée et son équivalente palatalisée, ou dans la production de deux palatalisées de lieux articulatoires différents à un même instant et dans un même contexte vocalique, sont différents ou non quelle que soit la région linguale.

5.3. RESULTATS

Les analyses des contours linguaux portent sur la position et la forme de la langue lors de la réalisation du contraste palatalisé *vs* non palatalisé en russe pour les consonnes labiales et coronales /p p^j t t^j ʃ ʃ^j/ devant les voyelles /a i u o e/ à trois instants temporels, début du segment consonantique (Onset), son milieu (Midpoint) et fin (Offset).

Dans un premier temps sont présentées des observations généralisées de l'examen des courbes de SSANOVA qui, pour rappel, représentent (1) les contours moyens des 6 répétitions d'une consonne donnée dans un contexte vocalique donné et à un instant donné et (2) les intervalles de confiance à 95 %. Dans un deuxième temps, sont présentées les classifications de différents contours pour la totalité des locuteurs, selon les ressemblances

au niveau de leurs formes et des distances entre contours afin d'identifier la partie linguale la plus engagée pour réaliser le contraste palatalisé vs non palatalisé.

5.3.1. Comparaison des contours globaux de la langue modélisés par SSANOVA

Les comparaisons des courbes de SSANOVA montrent que la position du corps de la langue distingue les consonnes palatalisées des consonnes non palatalisées et cela dès le début du segment consonantique. De manière générale, le corps de la langue est plus antérieur et/ou plus élevé dès l'onset de chaque consonne palatalisée par rapport à sa contrepartie non palatalisée au même instant (cf. Figure 42). Cette observation vaut en général pour chaque locuteur testé et pour chaque paire de consonnes [\pm palatal] examinée, indépendamment de leur lieu d'articulation (labial ou coronal) ou du contexte vocalique dans lequel elles se trouvent.

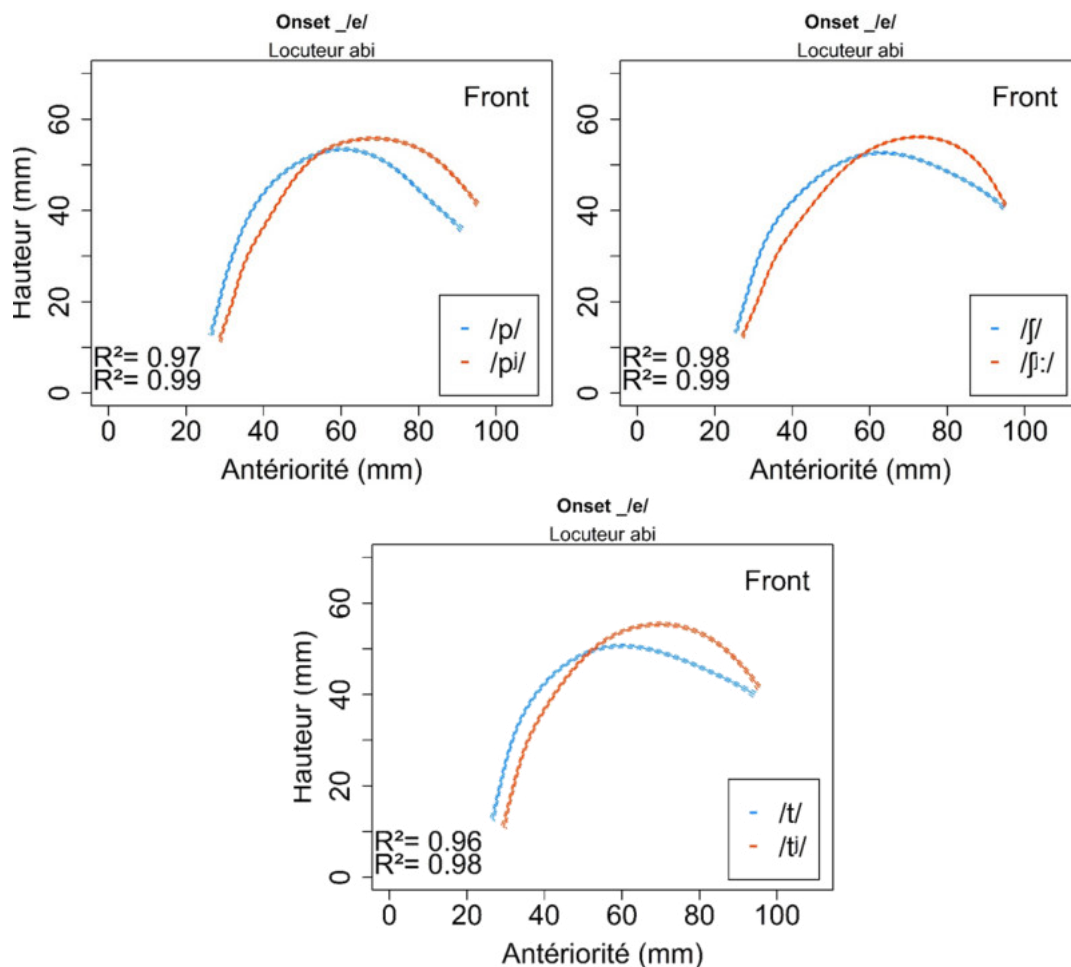


Figure 42 : De gauche à droite et de haut en bas, consonnes /p/ et /pi/ devant /e/ dans la paire /per/ vs /pien/, /j/ et /j:/ devant /e/ dans /jest/ vs /j:el/ et /t/ et /ti/ devant /e/ dans /test/ vs /tes.to/ au début du segment consonantique produites par le locuteur ABI.

La Figure 42 montre que pour le locuteur ABI, et dans un même contexte vocalique, le corps de la langue est plus avancé et plus élevé pour une consonne palatalisée par rapport

à son équivalente non palatalisée indépendamment du lieu d'articulation, labial ou coronal. Cette observation reste globalement valable pour toute paire de consonnes palatalisée *vs* non palatalisée, de même lieu d'articulation, quel que soit le contexte vocalique (cf. Figure 43). Notons toutefois que pour produire /p^j/ devant /u/, le corps de la langue est seulement avancé comparé à /p/ devant /u/ qui est réalisé avec le dorsum bombé (bunched) et tiré vers l'arrière. La palatalisée /p^j/ devant /o/ est produite avec une configuration linguale plus aplatie tandis que la forme de la langue pour /p/ devant /o/ est semblable à celle de /p/ devant /u/ (typique d'une vélarisation). Pour /p/ devant /i/, les contours modélisés montrent que la posture linguale est celle de la voyelle haute centrale [i], allophone de /i/ après les consonnes non palatalisées (cf. section 1.2.2 pour rappel).

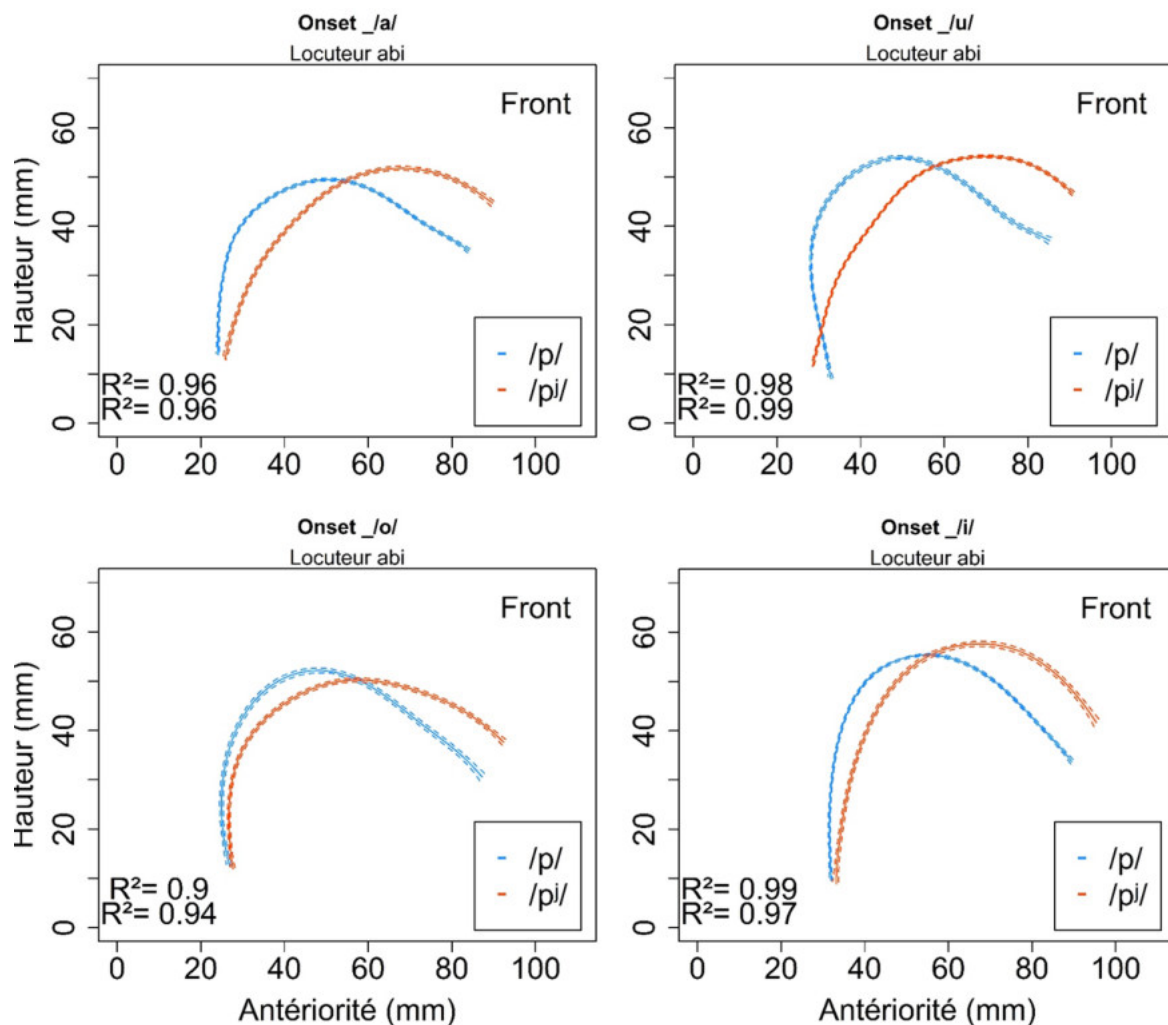


Figure 43 : De gauche à droite et de haut en bas, consonnes /p/ et /p^j/ devant /a u o i/ dans les paires /pat/~/p^jat/, /put/ vs /p^ju. p^jitr/, /pot/ vs /p^jotr/ et /pil/~/p^jil/ produites par le locuteur ABI, contour linguale au début du segment consonantique.

La Figure 44 présente les productions des plosives labiales palatalisée /p^j/ et de sa contrepartie non palatalisée /p/ devant /a/ par les locuteurs AD, URV, NG et IT. De même qu'ABI, pour NG et IT, le corps de la langue avance et s'élève (d'un degré moindre pour IT) pour /p^j/ comparé à /p/ et le dos de la langue est particulièrement bombé pour

/p/. Pour les locuteurs AD et URV, la langue est seulement avancée sans changement de hauteur entre /p^j/ et /p/, cette dernière étant réalisée avec le dorsum arrondi et relevé vers l'arrière, donc clairement vélarisée.

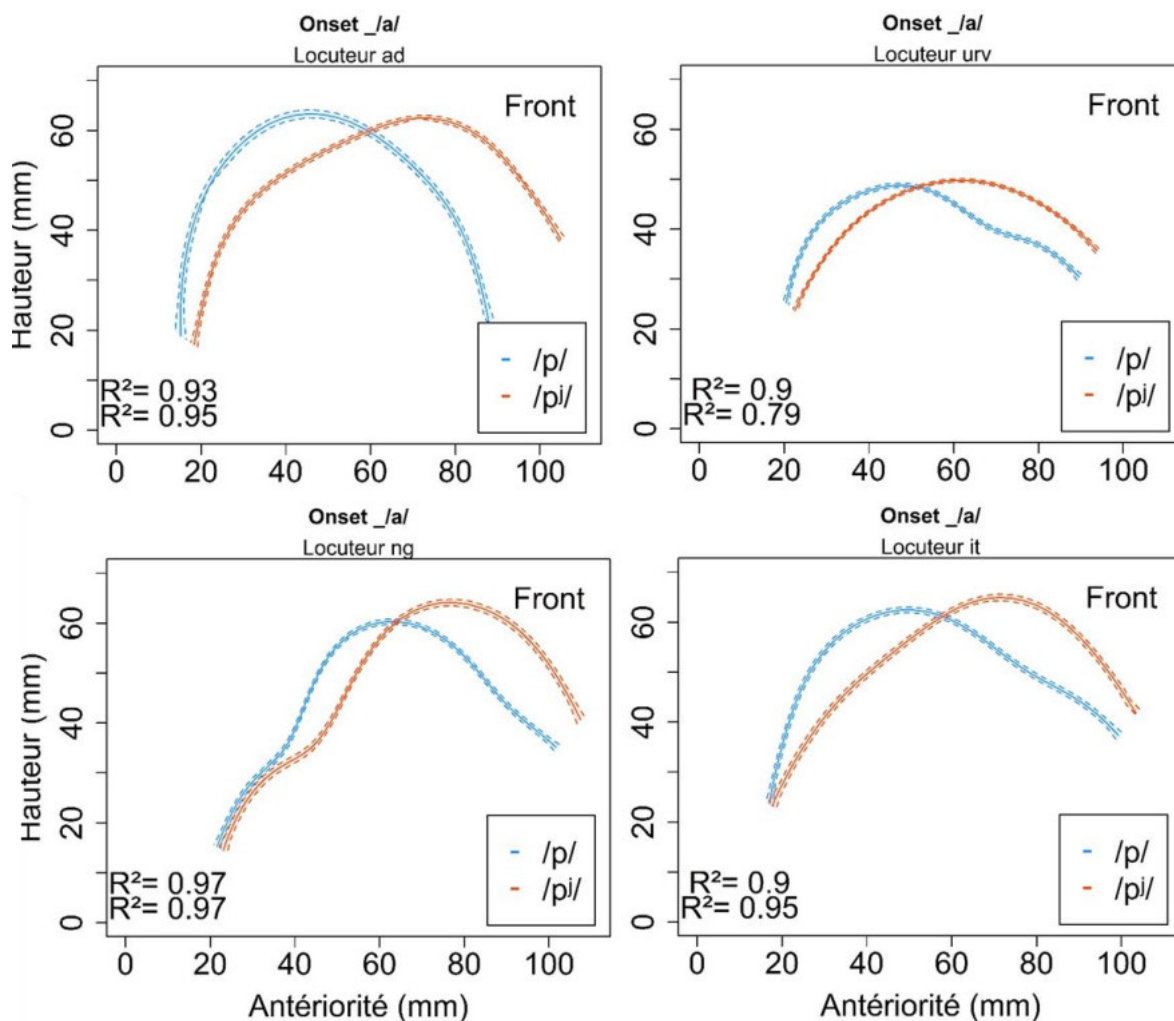


Figure 44 : De gauche à droite et de haut en bas, contours modélisés des consonnes /p/ et /p^j/ devant /a/ dans la paire minimale /pat/~/p^jat/ à l'onset du segment, réalisées par les locuteurs AD, URV, NG et IT.

La Figure 45 présente les réalisations des consonnes /t/ vs /t^j/, /ʃ/ vs /ʃ^j/ et /p/ vs /p^j/ par KB et /t/ vs /t^j/ et /ʃ/ vs /ʃ^j/ par les locuteurs NG et URV dans le même contexte vocalique /e/. La Figure 46 montre les productions des locuteurs KB, ABI, NG et KBM pour la paire de plosives /t/ vs /t^j/ dans des contextes vocaliques différents /u a i e o/. Dans l'ensemble, le corps de la langue est plus antérieur et/ou plus élevé dès l'onset de chaque segment palatalisé par rapport à son équivalent non palatalisé. Cette observation reste vraie pour tous les locuteurs et toutes les paires de consonnes étudiées indépendamment du lieu d'articulation ou du contexte vocalique.

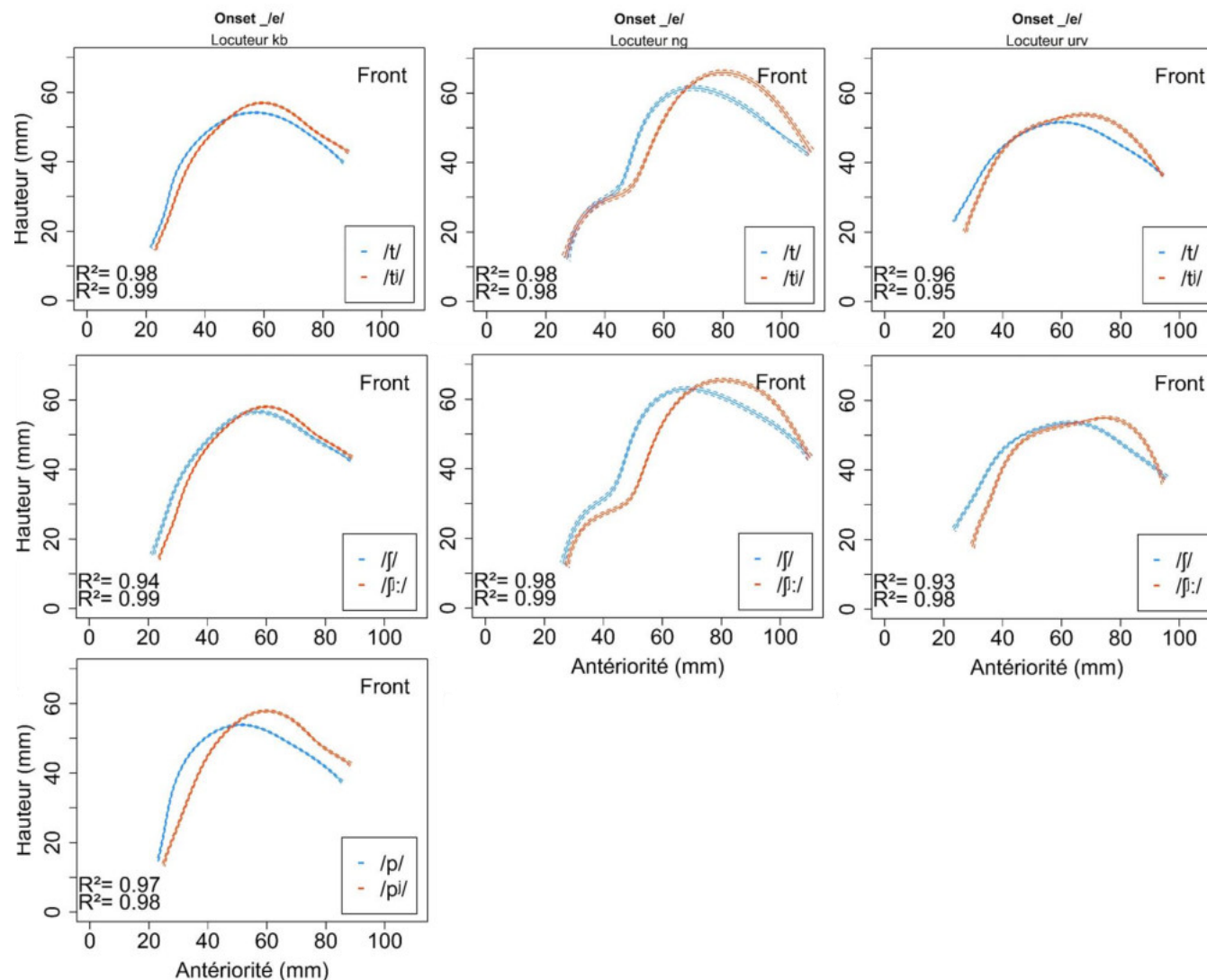


Figure 45 : Contours linguaux à l'onset du segment. A gauche, les 3 paires /t/ vs /ti/, /ʃ/ vs /ʃi:/ et /p/ vs /pi/ réalisées par le locuteur KB. Au milieu et à droite les paires /t/ vs /ti/, /ʃ/ vs /ʃi:/ produites par NG et URV dans un même contexte vocalique /e/ dans les paires de mots /per/ vs /pien/, /test/ vs /'ties.to/ et /festi/ vs /f'i:eli/.

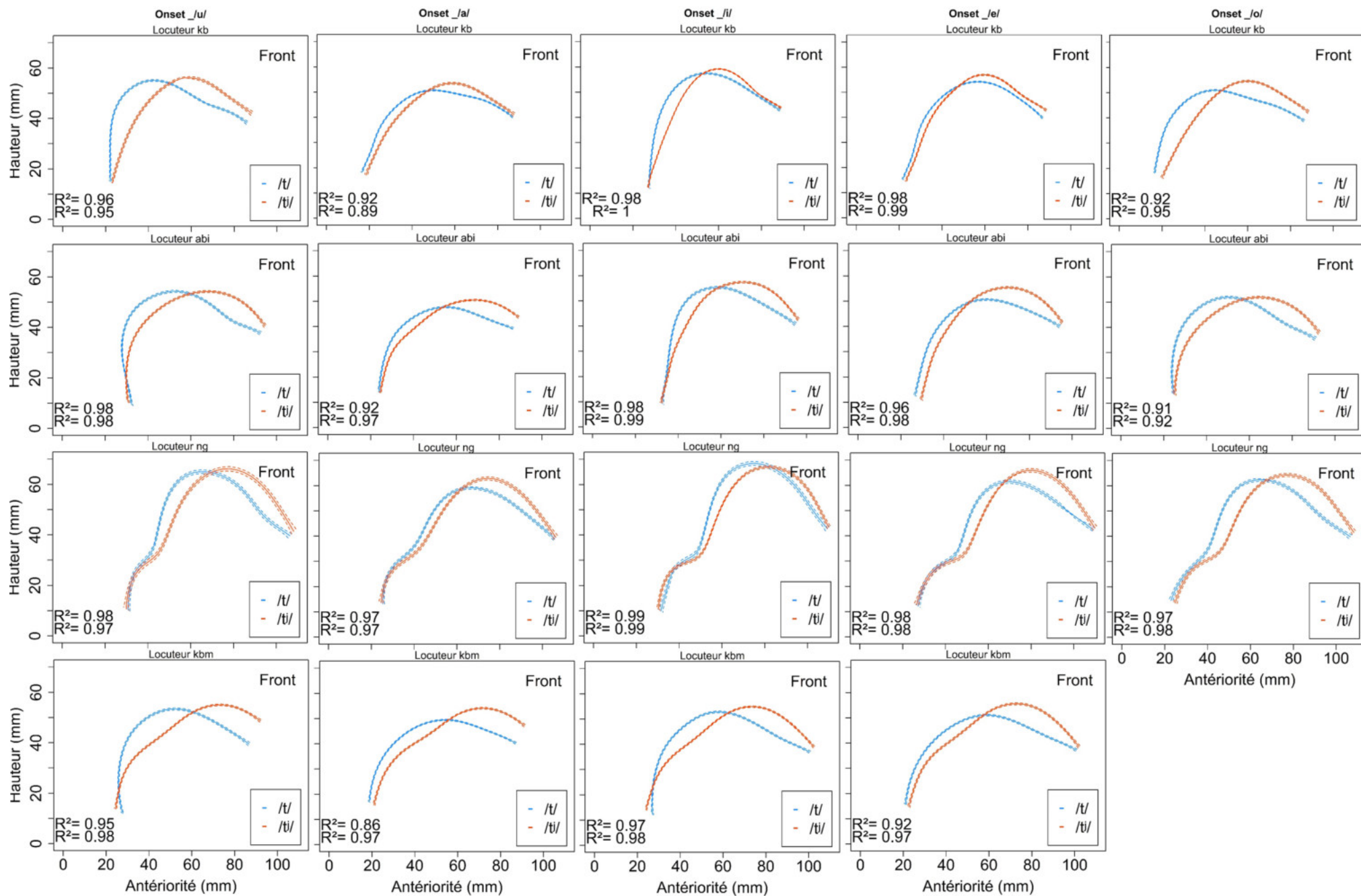


Figure 46 : De haut en bas, les contours linguaux modélisés des locuteurs KB, ABI, NG et KBM pour la paire /t/ vs /tʲ/ à l'onset du segment dans des contextes vocaliques différents, de gauche à droite /u a i e o/, dans les paires de mots /tuk/~/tʲuk/, /tap/~/tʲap/, /tin/~/tʲin/, /tok/~/tʲok/ et /test/ vs /'tʲes.to/. Pour KBM, les contours dans le contexte devant la voyelle /o/ n'ont pas pu être récupérés.

La superposition des contours des 2 consonnes [±palatal] de même lieu articuloire extraits aux 3 instants de la consonne (onset, midpoint et offset) montre que la similitude de la forme et de la position de langue entre les 2 consonnes augmente de l'onset à l'offset (cf. Figure 47). Les courbes de contours moyens illustrent que, quels que soient le lieu articuloire de la consonne et le contexte vocalique, les contours linguaux appartenant aux 2 consonnes, l'une palatalisée et l'autre son équivalente non palatalisée, sont significativement différents (les courbes SSANOVA ne se chevauchant pas) à l'instant onset et se rejoignent à mesure qu'on se rapproche de la voyelle suivante (vers l'instant offset sur les figures). Cela suggère que la palatalisation est présente dès le début acoustique de la consonne ou, en d'autres termes, que le geste linguo-palatal est complètement superposé à l'articulation primaire à cet instant. Cependant, de manière générale, les deux consonnes présentent des différences chez tous les participants à l'instant offset (sauf pour les consonnes labiales réalisées par ABI), différences qui concernent principalement la région prédorsale de la langue (cf. les instants offset de EK, URV, KB, Figure 47) et ont plus de similitudes au niveau du post-dorsum.

Nous présentons Figure 48 un cas particulier. Il s'agit des contours de la consonne palatalisée initiale #pʲ dans /pʲu.'pʲitr/ (cf. section 5.2.2). Contrairement aux cas de figure commentés précédemment, nous n'avons pas observé de mouvement lingual entre les instants onset et offset, les contours relevés pour cette consonne aux trois instants temporels ne se différencient pas l'un de l'autre (les courbes SSANOVA se chevauchant complètement, cf. l'image en bas à droite). Nous expliquons cela par le fait que les syllabes qui composent le mot /pʲu.'pʲitr/ commencent, toutes les deux, par une labiale palatalisée suivie de la voyelle fermée /u/ (qui se retrouve donc entre deux segments palatalisés) ou de la voyelle fermée antérieure /i/. Ainsi la (première) syllabe, dans laquelle se trouve le segment palatalisé étudié, est atone. La consonne initiale de la deuxième syllabe est également palatalisée, contrairement aux autres mots du corpus, pour la plupart monosyllabique CVC accentués et dans lesquels la consonne finale est non palatalisée. Probablement, qu'entre deux consonnes palatalisées et dans une syllabe non accentuée lorsque la durée de /u/ diminue (cf section 1.2.2), la mandibule ne redescend pas pour produire la voyelle, et que la langue reste mobilisée (élevée et avancée) pour exécuter le geste palatal de la consonne palatalisée initiale de la deuxième syllabe. Cette observation est valable pour tous les locuteurs.

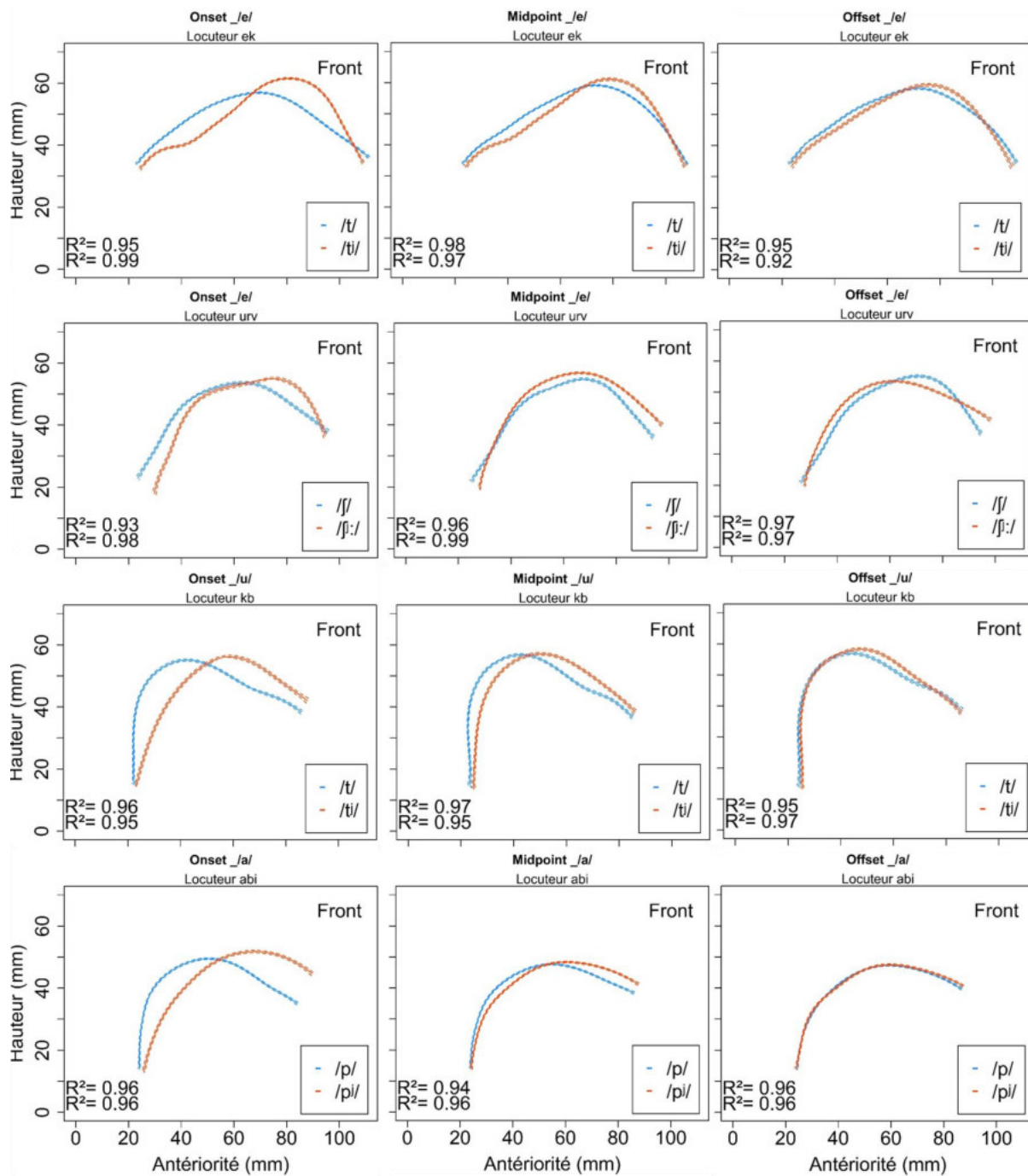


Figure 47 : De haut en bas, les contours modélisés de la langue aux instants onset, midpoint et offset (de gauche à droite) pour les locuteurs EK, URV, KB et ABI pour les consonnes /t/ et /tʰ/ devant /e/ dans les mots /test/ vs /'ties.to/ pour EK, /j/ et /j:/ devant /e/ dans /jesti/ vs /j:i:eli/ pour URV, /t/ et /tʰ/ devant /u/ dans la paire minimale /tuk/ ~ /tʰuk/ pour KB et /p/ et /pʰ/ devant /a/ dans la paire minimale /tap/ ~ /tʰap/ pour ABI.

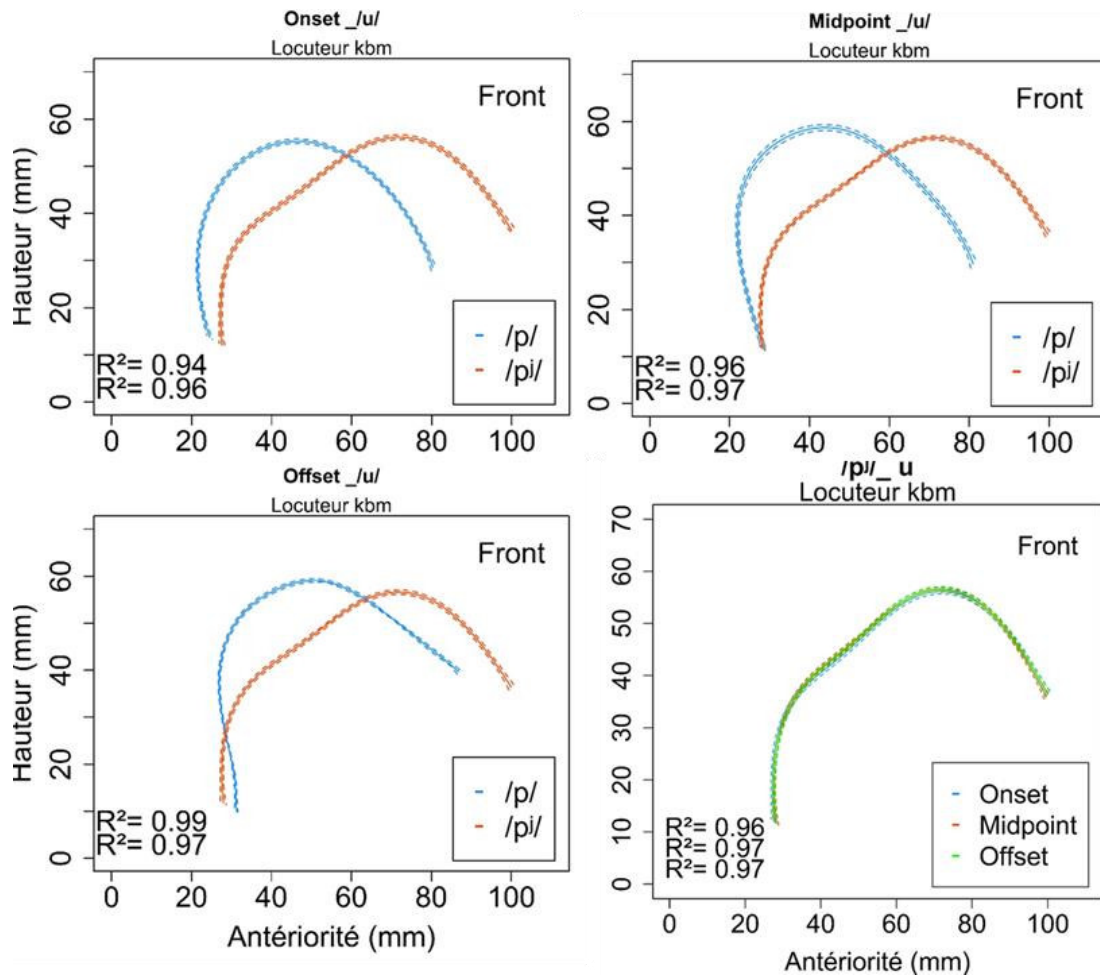


Figure 48 : Contours modélisés pour les consonnes /p/ et /pi/ dans la paire de mots /put/ vs /piu. 'pitru/ devant /u/ produites par locuteur KBM. Le dernier graphique en bas à droite représente une superposition de contours pour la palatalisée /pi/ devant /u/ aux trois instants temporels.

À l'onset au moins, et bien que de lieux articulatoires différents, les consonnes palatalisées montrent plus de similitudes entre elles que les consonnes non palatalisées (cf. Figure 49). Les contours modélisés par SSANOVA indiquent que les palatalisées engagent toujours une antériorisation et/ou une élévation du corps de la langue alors que les postures ou les configurations linguales lors de la production de consonnes non palatalisées sont plus variées et dépendent davantage du contexte vocalique.

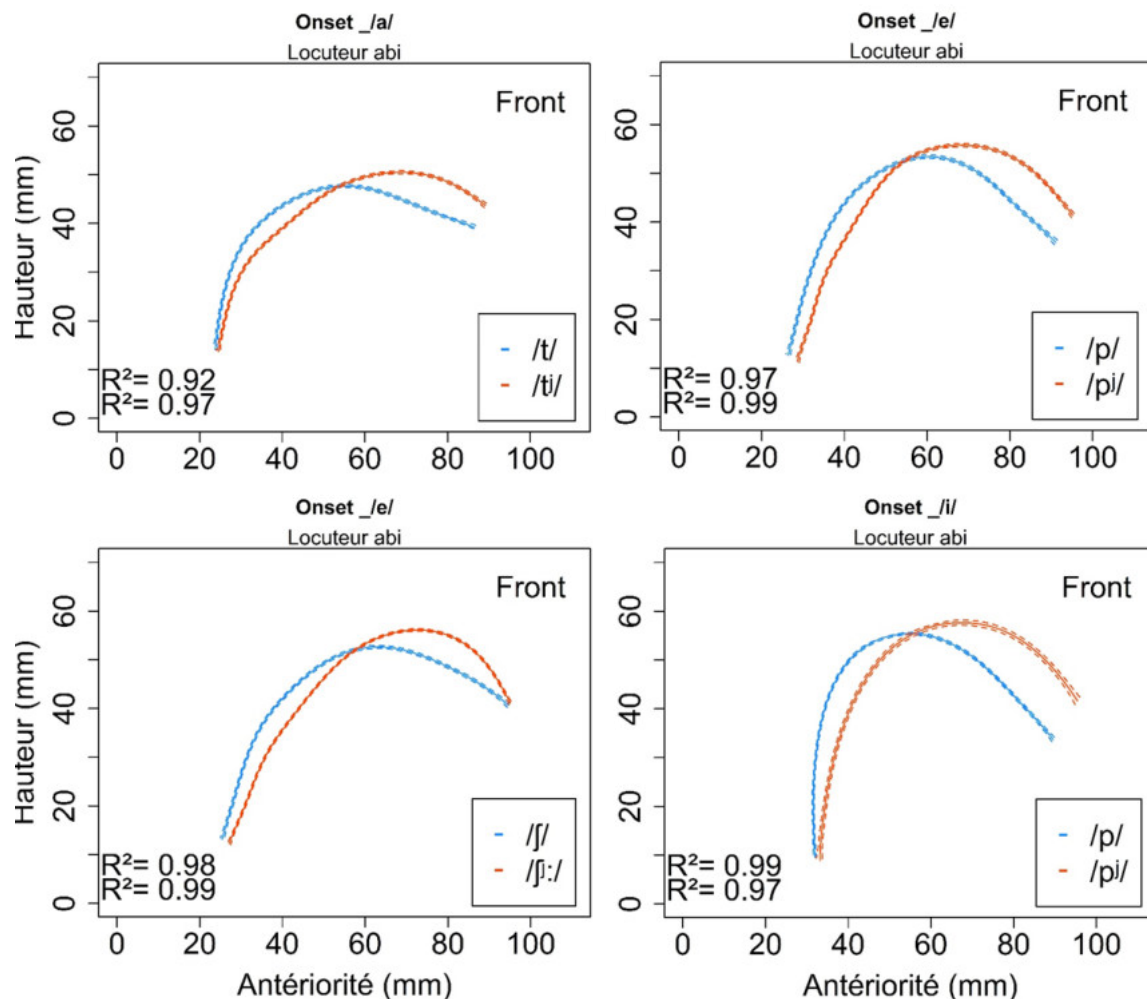


Figure 49 : De gauche à droite et de haut en bas, les contours linguaux pour les consonnes /t/ vs /tʰ/ devant /a/ dans la paire minimale /tap/ ~ /tʰap/, p/ vs /pʰ/ devant /e/ dans la paire /per/ vs /pʰen/, /ʃ/ vs /ʃʰ:/ devant /e/ dans /ʃest/ vs /ʃʰ:el/ et /p/ vs /pʰ/ devant /i/ dans la paire minimale /pil/ ~ /pʰil/ dans les productions du locuteur ABI à l'onset.

Les résultats des SSANOVA suggèrent que la vélarisation des non palatalisées, toujours discutée dans la littérature, se retrouve dans la production de consonnes labiales et semble de degré plus faible voire absente dans la production des coronales. La vélarisation paraît dépendre du contexte vocalique : cf. par exemple, les positions onset pour le locuteur ABI pour les consonnes /p/ et /t/ devant /a/ (Figure 43 et Figure 46). Les deux consonnes ont une configuration avec le dos de la langue plus ou moins arrondi et élevé vers l'arrière mais celle-ci est plus ramassée vers le haut et l'arrière pour la plosive labiale que pour la plosive coronale.

Les contours linguaux modélisés sont tous réunis Annexe 23 et 24.

5.3.2. Clustering des contours linguaux

La Table 30 présente les valeurs des proportions de contours linguaux conjointement groupés (cf. sous-section Calcul des *proportions* de contours groupés, p. 176). Rappelons que chaque contour lingual a été divisé en 3 régions (antérieure, médiane et postérieure) pour

p^j_mid ^{us}	0,44	1	NA	NA	NA	0,67	NA	0,67	NA	NA
f^j:_mid										
p^j_off ^{us}	0,11	0,83	NA	NA	NA	0,11	NA	0,67	NA	NA
f^j:_off										
f^j:_on ^{us}	0,89	0,83	NA	NA	NA	0,89	NA	0,83	NA	0,83
t^j_on										
f^j:_mid ^{us}	0,67	1	NA	NA	NA	0,67	NA	0,5	NA	0,5
t^j_mid										
f^j:_off ^{us}	0,33	0,5	NA	NA	NA	0,56	NA	0,67	NA	0,33
t^j_off										

Table 30 : Proportions de contours linguaux, affectés dans un même groupe par la CAH, pour les plosives labiales et coronales /p/ et /t/ et la fricative coronale /f/ et leurs équivalentes palatalisées /p^j/, /t^j/ et /f^j:/, à un instant donné pour l'ensemble des participants et quelles que soient la région linguale et la voyelle qui suit. « on » signifie l'instant Onset, « mid » Midpoint et « off » Offset. Les valeurs 0 signifient que les contours n'ont jamais été regroupés dans un même ensemble. À l'inverse, 1 indique que les contours ont toujours été classés dans un même groupe. Deux contours linguaux rangés dans un même ensemble sont considérés comme étant semblables du point de vue de leurs formes et de leurs distances. « NA » indique une valeur manquante (cf. section 5.2.4, p. 169).

Les valeurs des proportions calculées confirment les observations globales faites à partir des contours moyens SSANOVA. Ils montrent que les consonnes non palatalisées (C) se différencient de leurs équivalentes palatalisées (C^j) dès le début de la consonne pour les deux lieux articulatoires (bilabial et coronal) quels que soient la région linguale, antérieure, médiane ou postérieure, et le contexte vocalique /a i u o e/. En effet, les valeurs portées dans la Table 30 indiquent que les contours pour C et C^j ne sont jamais ou que très rarement affectés dans le même groupe à l'onset du segment. Pour les labiales /p/ et /p^j/, la proportion de contours affectés dans le même groupe au début de chaque consonne est égale à 0 pour tous les locuteurs, sauf NG avec 33 % des contours regroupés ensemble. Pour les plosives coronales /t/ et /t^j/ pour les locuteurs IT et RDN (et comme pour les labiales), les contours n'ont jamais été affectés dans le même groupe lors de la classification à l'onset et pour les autres locuteurs, la proportion de contours regroupés ensemble au début de chaque consonne est inférieure à celle pour les instants de milieu et de fin de segment (ex. respectivement 27 %, 53 % et 87 % pour KB, 17 %, 42 %, 92 % pour KBM, 40 %, 80 % et 87 % pour ABI etc.). Ces éléments confirment que la palatalisation est présente au début du segment consonantique pour /p^j/ et /t^j/ et que le geste palatal se trouve ici complètement superposé à l'articulation primaire.

Les similitudes entre C et C^j augmentent au fur et à mesure qu'on se rapproche de la voyelle (cf. Figure 47). La proportion de contours affectés dans le même groupe tend vers 1 à la fin de la consonne pour /t/ et /t^j/ pour les locuteurs ABI (87 %), AD (78 %), EK (100 %), KB et NG (87 %), KBM (92 %). Pour RDN, davantage de similitudes entre les contours des deux plosives coronales sont observées au milieu du segment (67 % contre

56 % à l'offset). Pour IT et URV, les ressemblances sont observables dès l'instant midpoint. Pour tous les locuteurs, les similitudes entre les contours des consonnes labiales non palatalisée et palatalisée augmentent progressivement à mesure qu'on se rapproche de la voyelle sauf pour IT, KBM et RDN pour qui les contours appartenant aux C et C^j sont différents jusqu'au milieu de la consonne et témoignent de plus similitudes à la fin du segment consonantique avec respectivement 67 %, 17 % et 50 % des contours classés ensemble. Bien que les proportions concernant les palato-alvéolaires /ʃ/ et /ʃ^j/ n'aient pu être récupérées que pour 4 locuteurs sur 10 en raison d'images inexploitable²³, les valeurs indiquent un patron articuloire semblable à celui observé pour les plosives, c'est-à-dire moins de différences entre les contours linguaux des deux fricatives /ʃ/ et /ʃ^j/ vers la voyelle comparé au début de la consonne.

Entre le début et la fin de la consonne, les proportions de similitude diminuent progressivement pour les C^j de deux lieux différents ce qui confirme à nouveau que la palatalisation est présente dès le début du geste consonantique. C'est le cas des locuteurs ABI, EK, KB, NG et RDN pour lesquels on observe une proportion importante de contours (respectivement 80 %, 100 %, 73 %, 67 et 89 %) affectés dans le même groupe au début des deux plosives palatalisées, labiale et coronale, et une diminution progressive ensuite, en présentant ainsi un profil de valeurs descendantes par rapport à un profil plutôt ascendant commenté ci-dessus du début vers la fin de la consonne (c'est-à-dire lorsque la proportion de contours regroupés ensemble à l'onset de chaque consonne est inférieure à celle pour les instants midpoint et offset). Ainsi, plus on se rapproche de la voyelle, moins il y a de ressemblances entre les contours de deux C^j (donc de lieux différents). Pour AD, KBM et URV, on n'observe pas ce profil descendant caractéristique des autres locuteurs même si plus de similitudes entre les contours des C^j de deux lieux sont observées au début de la consonne pour URV (50 % des contours contre 17 % et 33 % au milieu et à la fin). Pour KBM et AD plus de ressemblances entre les contours sont observées au milieu du segment tandis que pour EB les contours des deux C^j sont dans un même groupe quel que soit l'instant temporel.

Entre /t^j/ et /ʃ^j/, comme précédemment, plus de ressemblances entre les contours sont relevées en début de segments (89 % pour ABI et KB et 83 % pour NG et URV), les pourcentages de contours conjointement groupés diminuant à mesure que l'on s'approche de la fin de la réalisation de chaque consonne sauf pour NG pour qui moins de ressemblances entre les contours sont relevées au midpoint (50 %, et 67 % à l'offset). Pour AD, 100 % de contours ont été regroupés ensemble au midpoint et 83 % à l'onset, bien que les valeurs des pourcentages chutent vers la fin de la consonne comme pour les autres locuteurs et les autres lieux examinés. Enfin, entre /p^j/ et /ʃ^j/, chez ABI et KB, davantage de différences entre les configurations sont trouvées à la fin des segments (avec seulement 11 % de contours affectés dans le même groupe). En revanche pour NG, les ressemblances

²³ La qualité médiocre de l'image, due au fait que la langue se déplace vers les extrémités hautes du champ de la sonde, n'a pas permis de tracer de manière sûre les contours.

sont plus importantes vers le milieu des consonnes et pour AD les proportions de contours groupés sont égales à 100 % au milieu et tendent vers 100 % au début et à la fin (83 % pour ces instants). Notons toutefois que pour AD et NG les contours pour /ʃ^j:/ n'ont pas été récupérés systématiquement dans tous les contextes vocaliques (c'est le cas devant /o/ pour AD et URV et devant /i/ pour NG).

À quelques exceptions près, deux tendances se dessinent à travers l'ensemble des participants qui confirment les observations réalisées à partir des comparaisons des modélisations SSANOVA des configurations linguales de chaque locuteur : (1) quelles que soient la voyelle adjacente et la région linguale, le geste palatal est présent dès l'instant onset d'une consonne palatalisée au moins pour les 3 palatalisées étudiées et se trouve complètement superposé à l'articulation primaire ; (2) les palatalisées de lieux différents partagent à l'onset le même type de geste lingual (palatal) comme montré par les valeurs de proportion importantes à cet instant.

La Table 31 ci-dessous présente les valeurs des proportions pour les contours affectés dans un même groupe, calculées à un instant temporel donné et pour une région linguale donnée pour l'ensemble des participants, pour les contours appartenant à une consonne non palatalisée et à son équivalente palatalisée et à deux consonnes palatalisées de lieux articulatoires différents. Les données présentées dans cette table permettent d'examiner si les gestes impliqués dans la production de 2 consonnes, non palatalisée et sa contrepartie palatalisée, ou dans la production de palatalisées de 2 lieux articulatoires distincts à un même instant temporel et dans une région linguale donnée sont différents ou non, indépendamment du contexte vocalique.

	Locuteurs									
	ABI	AD	EB	EK	IT	KB	KBM	NG	RDN	URV
p_{on} vs p^j_{on} 1	0	0	NA	0	0	0	0	0,25	0	0
p_{mid} vs p^j_{mid} 1	0,4	0	NA	0	0	0	0	0,5	0	0
p_{off} vs p^j_{off} 1	0,8	0,5	NA	0,33	1	0,75	0	0,75	0,5	0,67
t_{on} vs t^j_{on} 1	0,4	0,33	0,5	0	0	0,2	0,5	0,4	0	0,25
t_{mid} vs t^j_{mid} 1	0,8	0,33	0,5	0,25	0	0,4	0,5	0,6	1	0,75
t_{off} vs t^j_{off} 1	1	0,67	1	1	0	0,8	1	0,8	0,67	0,25
ʃ_{on} vs ʃ^j_{on} 1	1	NA	NA	NA	NA	0,67	NA	0	NA	1

f_{mid}^{vs} $f_{\text{J:mid}}^1$	1	NA	NA	NA	NA	1	NA	1	NA	0,5
f_{off}^{vs} $f_{\text{J:off}}^1$	1	NA	NA	NA	NA	1	NA	0,5	NA	1
p_{on}^{vs} t_{on}^1	1	0,67	1	1	1	1	0	0,5	1	0,5
p_{mid}^{vs} t_{mid}^1	0,8	1	1	1	1	0,8	0	1	0,33	0
p_{off}^{vs} t_{off}^1	0,6	0,67	1	0	0	0,2	0	0,5	0	0
p_{on}^{vs} $f_{\text{J:on}}^1$	0,67	1	NA	NA	NA	0,67	NA	0	NA	NA
p_{mid}^{vs} $f_{\text{J:mid}}^1$	0,67	1	NA	NA	NA	0,67	NA	1	NA	NA
p_{off}^{vs} $f_{\text{J:off}}^1$	0	0,5	NA	NA	NA	0,33	NA	1	NA	NA
$f_{\text{J:on}}^{vs}$ t_{on}^1	0,67	1	NA	NA	NA	0,67	NA	1	NA	1
$f_{\text{J:mid}}^{vs}$ t_{mid}^1	0,67	1	NA	NA	NA	0,67	NA	1	NA	0,5
$f_{\text{J:off}}^{vs}$ t_{off}^1	0,33	0	NA	NA	NA	0,33	NA	0,5	NA	0
p_{on}^{vs} p_{on}^2	0	0	NA	0	0	0	0	0	0	0
p_{mid}^{vs} p_{mid}^2	0,6	0,5	NA	0	0	0,25	0	0,25	0	0,33
p_{off}^{vs} p_{off}^2	0,6	0,5	NA	0,33	1	0,5	0,5	0,75	0,5	0,33
t_{on}^{vs} t_{on}^2	0,2	0,33	0	0,25	0	0	0	0	0	0,25
t_{mid}^{vs} t_{mid}^2	0,6	0,33	0	0,25	0	0,4	0,5	0,6	0,33	0,25
t_{off}^{vs} t_{off}^2	0,6	0,67	0	1	0	0,8	0,75	0,8	0,33	0,75
f_{on}^{vs} $f_{\text{J:on}}^2$	0	NA	NA	NA	NA	0,33	NA	0	NA	0
f_{mid}^{vs} $f_{\text{J:mid}}^2$	1	NA	NA	NA	NA	0,67	NA	0,5	NA	1
f_{off}^{vs} $f_{\text{J:off}}^2$	1	NA	NA	NA	NA	1	NA	0,5	NA	0,5

p^j_on <i>vs</i> t^j_on 2	0,6	0,67	1	1	1	0,8	0	0,75	0,67	0,5
p^j_mid <i>vs</i> t^j_mid 2	0,4	1	1	0,75	1	0,4	0	0,25	0,67	0
p^j_off <i>vs</i> t^j_off 2	0,2	0,67	1	0,25	0	0,2	0	0,25	0	0,5
p^j_on <i>vs</i> f^j:_on 2	0,67	1	NA	NA	NA	0,67	NA	1	NA	NA
p^j_mid <i>vs</i> f^j:_mid 2	0,33	1	NA	NA	NA	0,67	NA	0	NA	NA
p^j_off <i>vs</i> f^j:_off 2	0	1	NA	NA	NA	0	NA	0	NA	NA
f^j:_on <i>vs</i> t^j_on 2	1	1	NA	NA	NA	1	NA	1	NA	0,5
f^j:_mid <i>vs</i> t^j_mid 2	1	1	NA	NA	NA	0,67	NA	0,5	NA	0,5
f^j:_off <i>vs</i> t^j_off 2	0,33	0,5	NA	NA	NA	0,33	NA	1	NA	1
p_on <i>vs</i> p^j_on 3	0	0	NA	0	0	0	0	0,75	0	0
p_mid <i>vs</i> p^j_mid 3	0,8	0,5	NA	0,33	0	0	0	0,75	0	0,67
p_off <i>vs</i> p^j_off 3	0,8	0,5	NA	0,67	0	0,5	0	0,75	0,5	0,67
t_on <i>vs</i> t^j_on 3	0,6	0,67	0	0,25	0	0,6	0	0,8	0	0
t_mid <i>vs</i> t^j_mid 3	1	0,67	0	0,5	1	0,8	0,25	0,8	0,67	0,5
t_off <i>vs</i> t^j_off 3	1	1	0	1	1	1	1	1	0,67	0,5
f_on <i>vs</i> f^j:_on 3	0	NA	NA	NA	NA	0,33	NA	0	NA	0
f_mid <i>vs</i> f^j:_mid 3	1	NA	NA	NA	NA	0,67	NA	1	NA	0,5
f_off <i>vs</i> f^j:_off 3	1	NA	NA	NA	NA	0,33	NA	0,5	NA	1
p^j_on <i>vs</i> t^j_on 3	0,8	0,67	1	1	1	0,4	0,67	0,75	1	0,5
p^j_mid <i>vs</i> t^j_mid 3	0,4	1	1	1	1	0,8	1	0,5	0,33	0,5

p^j_{off} vs $t^j_{\text{off 3}}$	0,4	1	1	0,75	1	0,2	0,67	0,5	0,33	0,5
p^j_{on} vs $f^j_{\text{:on 3}}$	1	0,5	NA	NA	NA	0,33	NA	0	NA	NA
p^j_{mid} vs $f^j_{\text{:mid 3}}$	0,33	1	NA	NA	NA	0,67	NA	1	NA	NA
p^j_{off} vs $f^j_{\text{:off 3}}$	0,33	1	NA	NA	NA	0	NA	1	NA	NA
$f^j_{\text{:on}}$ vs $t^j_{\text{on 3}}$	1	0,5	NA	NA	NA	1	NA	0,5	NA	1
$f^j_{\text{:mid}}$ vs $t^j_{\text{mid 3}}$	0,33	1	NA	NA	NA	0,67	NA	0	NA	0,5
$f^j_{\text{:off}}$ vs $t^j_{\text{off 3}}$	0,33	1	NA	NA	NA	1	NA	0,5	NA	0

Table 31 : Proportions de contours pour les plosives labiales et coronales /p/ et /t/ et la fricative coronale /f/ et leurs équivalentes palatalisées /p^j/, /t^j/ et /f^j:/ à un instant donné et pour une région linguale donnée, affectés dans un même groupe lors de la CAH pour l'ensemble des participants et quel que soit le contexte vocalique. Dans la colonne 1 (entrée de la table), la région linguale antérieure est associée à « 1 », médiane à « 2 » et postérieure à « 3 ».

Pour ce qui concerne la région 1 (qui correspond à la partie antérieure de la langue, cf. section *Méthode de classification des contours* pour rappel), on observe plus de ressemblances entre C et C^j pour les deux lieux articulatoires (labial et coronal) à mesure qu'on se rapproche de la voyelle, sauf pour les locuteurs RDN et URV et pour la plosive coronale, pour laquelle plus de similitudes entre les contours appartenant aux C et C^j ont été trouvées au milieu de la consonne pour cette région linguale (respectivement 100 % et 75 % par rapport à 67 % et 27 % à la fin). Pour IT, les contours de /t/ et /t^j/ pour cette région linguale ont été tous considérés comme différents par la CAH : la proportion des contours classés ensemble est égale à 0 quel que soit le moment étudié. Concernant les labiales /p/ et /p^j/, pour 6 locuteurs sur 10 (AD, EK, IT, KB, RDN et URV) aucune ressemblance n'a été trouvée entre les contours au début et au milieu des segments, tandis que les valeurs des proportions à l'offset pour cette région constituent respectivement 50 %, 33 %, 100 %, 75 %, 50 % et 67 % et rejoignent celles des locuteurs ABI et NG qui présentent un profil de ressemblance ascendant, caractéristique de ce type de comparaison, à mesure qu'on va vers la fin de la consonne. Pour KBM, tous les contours ont été considérés comme différents. Enfin, entre /f/ et /f^j/, les contours ont tous été regroupés ensemble au niveau de cette région linguale et aux 3 instants pour AD, et au milieu et à la fin de ces consonnes pour KB, tandis que pour NG, 100 % de ressemblances ont été relevées au midpoint contre aucune similitude à l'onset et 50 % des contours classés dans le même ensemble à l'offset. Pour URV, les contours se ressemblent entre /f/ et /f^j/ au début et à la fin des fricatives (100 % des contours regroupés) contre la moitié au midpoint.

De manière générale, entre les palatalisées de différents lieux, des ressemblances entre les contours ont été détectées en début et milieu de consonnes, ce qui confirme que le geste linguo-palatal est en place dès le début de la consonne palatalisée, geste commun aux deux lieux articulatoires (les valeurs des proportions des contours regroupés ensemble diminuent vers ou à la fin de chaque segment). On note toutefois quelques exceptions pour les locuteurs EB et KBM. Pour la première et pour les palatalisées /p^j/ et /t^j/, les contours ont tous été affectés dans le même groupe à chaque instant et c'est l'inverse pour la deuxième. Pour AD et NG, plus de ressemblances entre les contours de /p^j/ et /t^j/ sont détectées au milieu qu'au début de chaque consonne (100 % des contours contre 67 % à l'offset et à l'onset pour AD, et 50 % pour ces deux instants pour NG). En outre, pour ce dernier locuteur, les valeurs des proportions entre /p^j/ et /ʃ^j/ ne suivent pas le profil de ressemblance descendant caractéristique de ce type de comparaison car les proportions sont égales à 0 à l'onset et à 100 % au midpoint et à l'offset. Pour ce locuteur, la proportion des ressemblances entre /p^j/ et /t^j/ est aussi inférieure à l'instant onset par rapport au milieu où 100 % des contours se ressemblent, tandis qu'entre /ʃ^j/ et /t^j/, les différences sont plus nombreuses à l'offset. Cela suggère que le geste linguo-palatal est plus semblable pour cette région linguale dans la production des deux coronales /ʃ^j/ et /t^j/ et qu'il peut être différencié dans une labiale palatalisée. Toutefois, il faut tenir compte du fait que cette table synthétise les informations au niveau des contextes vocaliques.

Quant à la région linguale médiane 2, plus de similitudes ont été relevées entre les plosives C et C^j à mesure qu'on se rapproche de la voyelle indépendamment de sa qualité, pour l'ensemble des locuteurs et les 2 lieux articulatoires (labial et coronal). Cependant, une exception est relevée pour URV, pour la paire /ʃ/ et /ʃ^j/, pour laquelle 100 % des contours ont été affectés dans le même ensemble au midpoint, tandis que les différences entre les contours des deux consonnes augmentent à l'offset. On note également, de manière générale, plus de stabilité au niveau de cette région linguale entre les valeurs pour les instants de début et de milieu ou de milieu et de fin pour les 3 paires de consonnes.

Concernant les palatalisées /p^j/, /t^j/ et /ʃ^j/, celles-ci sont globalement articulatoirement plus proches en début de segment dans la région médiane de la langue : /p^j/ ressemble plus à /t^j/ et à /ʃ^j/ qu'à /p/ et, inversement, /t^j/ ressemble plus à /p^j/ et à /ʃ^j/ qu'à /t/ et enfin /ʃ^j/ ressemble plus à /t^j/ et à /p^j/ qu'à /ʃ/ avec les mêmes exceptions pour cette région que pour la région 1 relevées pour EB et KBM. Concernant AD et URV, plus de ressemblances entre les contours de /p^j/ et /t^j/ sont détectées au milieu qu'au début de chaque consonne pour AD (100 % et 67 %) et pour URV plus de similitudes entre les contours ont été trouvées en début et en fin de réalisation (50 %) et aucune similitude n'est relevée entre les contours au milieu du segment. Entre /p^j/ et /ʃ^j/, chez AD, les contours sont tous affectés dans le même ensemble à chaque instant et entre /t^j/ et /ʃ^j/ chez URV, les contours ont été tous regroupés à offset alors qu'une moitié est regroupée à l'onset et au midpoint.

Enfin dans la région linguale 3, la plus postérieure, les contours entre C et C^j se ressemblent également davantage vers la voyelle avec des valeurs de proportions qui semblent moins se différencier entre les instants midpoint et offset pour les locuteurs ABI (80 % pour ces deux instants), AD (50 %) et URV (67 %) pour /p/ et /p^j/, et pour ABI, IT, RDN et URV avec 100 % des contours regroupés pour ABI et IT, et 67 % et 50 % pour RDN et URV pour la paire /t/ et /t^j/. De plus, pour les labiales, les locuteurs IT et KBM présentent des patterns articulatoires différents aux trois instants tandis que pour NG, les contours se ressemblent dans la même proportion à tous les instants. Pour /t/ et /t^j/, aucune similitude entre les contours n'a été relevée pour EB dans cette région. Concernant /ʃ/ et /ʃ^j/, les contours sont davantage similaires vers la fin des deux consonnes pour ABI et URV et vers le milieu pour KB et NG.

Entre /p^j/ et /t^j/, les contours ont été trouvés plus proches pour ABI, EK, NG et RDN au début de chaque consonne. Pour KB et KBM, des similitudes plus importantes ont été relevées aux instants midpoint et offset pour KB et pour KBM seulement au midpoint. Les contours sont semblables pour EB et IT indépendamment de la voyelle et de l'instant, et pour URV ils ont été regroupés ensemble dans la même proportion (50 %) aux trois instants. Entre /p^j/ et /ʃ^j/, et entre /t^j/ et /ʃ^j/, ABI présente les mêmes proportions de contours regroupés (100 % au début et 33 % au milieu et à la fin de l'articulation consonantique). Pour les mêmes paires de consonnes, le locuteur AD montre le profil inverse avec 100 % de contours regroupés ensemble au midpoint et à l'offset, et 50 % au début de chaque consonne. Le locuteur NG suit le même profil pour /p^j/ et /ʃ^j/, avec toutefois aucune similitude à l'onset (comme dans la région 1) et 50 % de contours qui se ressemblent à l'onset et à l'offset, contre aucune ressemblance au niveau du midpoint entre /t^j/ et /ʃ^j/.

De manière générale, les observations faites au niveau de chaque région linguale séparément renforcent celles inférées à partir des contours moyens SSANOVA sur le rôle de la position du corps de la langue dans la réalisation du contraste palatalisé *vs* non palatalisé : les ressemblances entre les contours pour les palatalisées diminuent à mesure que se déroule l'articulation consonantique alors qu'elles augmentent pour une palatalisée et sa contrepartie non palatalisée. Il semble toutefois que dans la troisième région linguale, la plus postérieure, C et C^j montrent moins de dissemblance entre instants successifs onset et midpoint, ou midpoint et offset, ce qui indique une région linguale moins différenciée entre consonnes et entre instants.

La Table 32 présente les valeurs des proportions de contours conjointement groupés dans la production de 2 consonnes, non palatalisée et son équivalente palatalisée, ou dans la production de 2 consonnes palatalisées de deux lieux différents, à un même instant et dans un même contexte vocalique. L'analyse de ces données permet de vérifier si les contours linguaux sont ou non différents indépendamment de la région linguale (antérieure, médiane ou postérieure).

	Locuteurs									
	ABI	AD	EB	EK	IT	KB	KBM	NG	RDN	URV
p_{on} ^{us} p_j_on a	0	0	NA	NA	0	NA	NA	0,33	0	0
p_{mid} ^{us} p_j_mid a	1	0,67	NA	NA	0	NA	NA	1	0	0,67
p_{off} ^{us} p_j_off a	1	1	NA	NA	0,67	NA	NA	1	1	1
t_{on} ^{us} t_j_on a	0,67	1	0	0,67	0	0,33	0	0,67	0	0
t_{mid} ^{us} t_j_mid a	1	1	0	0,67	0,33	1	0,33	1	0,67	0,67
t_{off} ^{us} t_j_off a	1	1	0,33	1	0,33	0,67	1	1	0,67	1
p_j_on ^{us} t_j_on a	0,67	0	NA	1	1	1	0,33	0,67	0,67	1
p_j_mid ^{us} t_j_mid a	1	1	NA	1	1	1	0,33	1	0,33	0,33
p_j_off ^{us} t_j_off a	1	1	NA	0,67	0,33	0,67	0,33	1	0,33	0,67
p_{on} ^{us} p_j_on e	0	NA	NA	NA	NA	0	NA	NA	NA	NA
p_{mid} ^{us} p_j_mid e	0,33	NA	NA	NA	NA	0	NA	NA	NA	NA
p_{off} ^{us} p_j_off e	0,67	NA	NA	NA	NA	0,67	NA	NA	NA	NA
t_{on} ^{us} t_j_on e	0	0	NA	0	NA	0,33	0,33	0,33	NA	0,33
t_{mid} ^{us} t_j_mid e	0,33	0	NA	0,33	NA	0,33	0,33	0,33	NA	1
t_{off} ^{us} t_j_off e	0,67	1	NA	1	NA	1	1	0,67	NA	0,67
f_{on} ^{us} f_j:_on e	0,33	NA	NA	NA	NA	1	NA	0	NA	0,33
f_{mid} ^{us} f_j:_mid e	1	NA	NA	NA	NA	1	NA	0,67	NA	1
f_{off} ^{us} f_j:_off e	1	NA	NA	NA	NA	0,67	NA	0	NA	0,67
p_j_on ^{us} t_j_on e	1	1	NA	1	NA	0,67	NA	NA	NA	NA

p_j^i vs t_j^i mid e	1	1	NA	1	NA	1	NA	NA	NA	NA
p_j^i vs t_j^i off e	0,67	1	NA	0,33	NA	0,33	NA	NA	NA	NA
p_j^i vs f_j^i : on e	1	1	NA	NA	NA	0,67	NA	NA	NA	NA
p_j^i vs f_j^i : mid e	0,67	1	NA	NA	NA	1	NA	NA	NA	NA
p_j^i vs f_j^i : off e	0	0,67	NA	NA	NA	0	NA	NA	NA	NA
f_j^i vs t_j^i on e	1	1	NA	NA	NA	1	NA	1	NA	0,67
f_j^i vs t_j^i mid e	0,67	1	NA	NA	NA	1	NA	0,33	NA	0,33
f_j^i vs t_j^i off e	0	0,67	NA	NA	NA	0,33	NA	0,67	NA	0,33
p vs p_j^i on i	0	0	NA	0	NA	0	0	0,33	0	NA
p vs p_j^i mid i	0,67	0	NA	0	NA	0	0	0,33	0	NA
p vs p_j^i off i	1	0	NA	0,33	NA	1	0,33	1	0	NA
t vs t_j^i on i	0,67	0,33	0,33	NA	NA	0,67	0,33	0,67	0	0,33
t vs t_j^i mid i	0,67	0,33	0,33	NA	NA	0,67	1	0,67	0,33	0,33
t vs t_j^i off i	0,67	0,33	0,33	NA	NA	0,67	1	0,67	0	0,33
f vs f_j^i : on i	NA	NA	NA	NA	NA	0,33	NA	NA	NA	0,33
f vs f_j^i : mid i	NA	NA	NA	NA	NA	0,67	NA	NA	NA	0,33
f vs f_j^i : off i	NA	NA	NA	NA	NA	0,67	NA	NA	NA	1
p_j^i vs t_j^i on i	1	1	1	NA	NA	1	0	1	1	NA
p_j^i vs t_j^i mid i	0,33	1	1	NA	NA	0,67	0,33	0,67	1	NA
p_j^i vs t_j^i off i	0	0,33	1	NA	NA	0	0,33	0,33	0	NA

p^j_on ^{us} f^j:_on i	1	0,67	NA	NA	NA	1	NA	NA	NA	NA
p^j_mid ^{us} f^j:_mid i	0,33	1	NA	NA	NA	0,67	NA	NA	NA	NA
p^j_off ^{us} s f^j:_off i	0,33	1	NA	NA	NA	0	NA	NA	NA	NA
f^j:_on ^{us} t^j_on i	1	0,67	NA	NA	NA	1	NA	NA	NA	1
f^j:_mid ^{us} t^j_mid i	1	1	NA	NA	NA	1	NA	NA	NA	0,67
f^j:_off ^{us} t^j_off i	0,33	0,33	NA	NA	NA	0,67	NA	NA	NA	0,33
p_on ^{us} p^j_on o	0	NA	NA	0	NA	0	NA	0,67	NA	0
p_mid ^{us} p^j_mid o	1	NA	NA	0,33	NA	0,33	NA	0,67	NA	0,33
p_off ^{us} p^j_off o	1	NA	NA	1	NA	0,67	NA	1	NA	0,67
t_on ^{us} t^j_on o	0,33	NA	NA	0	NA	0	NA	0	NA	NA
t_mid ^{us} t^j_mid o	1	NA	NA	0,33	NA	0	NA	1	NA	NA
t_off ^{us} t^j_off o	1	NA	NA	1	NA	1	NA	1	NA	NA
f_on ^{us} f^j:_on o	NA	NA	NA	NA	NA	0	NA	0	NA	NA
f_mid ^{us} f^j:_mid o	NA	NA	NA	NA	NA	0,67	NA	1	NA	NA
f_off ^{us} f^j:_off o	NA	NA	NA	NA	NA	1	NA	1	NA	NA
p^j_on ^{us} t^j_on o	0,67	NA	NA	1	NA	0,33	NA	0,67	NA	NA
p^j_mid ^{us} t^j_mid o	0,33	NA	NA	1	NA	0,67	NA	0,33	NA	NA
p^j_off ^{us} t^j_off o	0,33	NA	NA	0,33	NA	0	NA	0,33	NA	NA
p^j_on ^{us} f^j:_on o	0,33	NA	NA	NA	NA	0	NA	0,33	NA	NA
p^j_mid ^{us} f^j:_mid o	0,33	NA	NA	NA	NA	0,33	NA	0,67	NA	NA

p^j_{off} $_{\text{S}}$ f^j_{off} $_{\text{O}}$	0	NA	NA	NA	NA	0,33	NA	0,67	NA	NA
f^j_{on} $_{\text{S}}$ t_{on} $_{\text{O}}$	0,67	NA	NA	NA	NA	0,67	NA	0,67	NA	NA
f^j_{mid} $_{\text{S}}$ t_{mid} $_{\text{O}}$	0,33	NA	NA	NA	NA	0	NA	0,67	NA	NA
f^j_{off} $_{\text{S}}$ t_{off} $_{\text{O}}$	0,67	NA	NA	NA	NA	0,67	NA	0,67	NA	NA
p_{on} $_{\text{S}}$ p^j_{on} $_{\text{U}}$	0	NA	NA	0	NA	0	0	0	NA	0
p_{mid} $_{\text{S}}$ p^j_{mid} $_{\text{U}}$	0	NA	NA	0	NA	0	0	0	NA	0
p_{off} $_{\text{S}}$ p^j_{off} $_{\text{U}}$	0	NA	NA	0	NA	0	0	0	NA	0
t_{on} $_{\text{S}}$ t_{on} $_{\text{U}}$	0,33	NA	NA	0	NA	0	0	0,33	0	0
t_{mid} $_{\text{S}}$ t_{mid} $_{\text{U}}$	1	NA	NA	0	NA	0,67	0	0,33	1	0
t_{off} $_{\text{S}}$ t_{off} $_{\text{U}}$	1	NA	NA	1	NA	1	0,67	1	1	0
p^j_{on} $_{\text{S}}$ t_{on} $_{\text{U}}$	0,67	NA	NA	1	NA	0,67	0,33	0,33	1	0
p^j_{mid} $_{\text{S}}$ t_{mid} $_{\text{U}}$	0	NA	NA	0,67	NA	0	0,33	0,33	0	0
p^j_{off} $_{\text{S}}$ t_{off} $_{\text{U}}$	0	NA	NA	0	NA	0	0	0	0	0

Table 32 : Proportions de contours groupés par la CAH pour les plosives labiales et coronales /p/ et /t/ et la fricative coronale /ʃ/ et leurs équivalentes palatalisées /pʲ/, /tʲ/ et /ʃʲ:/ à un instant donné et pour une voyelle donnée, pour l'ensemble des participants, et quelle que soit la région linguale.

Devant la voyelle ouverte /a/ et comme déjà noté précédemment C et C^j se ressemblent à mesure que l'on se rapproche de la voyelle, sauf pour KB et pour les deux coronales pour lesquelles 100 % des contours se ressemblent au milieu de la consonne et pour AD pour lequel les contours ont tous été regroupés ensemble lors de la CAH aux trois instants et indépendamment de la région linguale. Entre les deux C^j de lieux différents, les profils des ressemblances entre les instants diffèrent en fonction des locuteurs : pour 4 locuteurs (EK, IT, KB et URV), les ressemblances sont plus fortes (100 %) à l'instant onset qu'à l'offset des palatalisées ce qui confirme la présence d'une configuration linguale similaire entre ces consonnes qui est à lier avec le geste de palatalisation qu'elles ont en commun. Le geste linguo-palatal est donc présent dès le début acoustique de la consonne. Pour 3 autres locuteurs (ABI, AD, NG) c'est l'inverse : les ressemblances sont plus fortes vers la voyelle.

Pour URV on note plus de ressemblances entre les contours aux instants onset et offset et aucune différence n'a été trouvée entre les instants étudiés pour KBM pour laquelle les contours entre les deux palatalisées ont été affectés dans le même groupe dans 33 % des cas en début, milieu et fin de consonne.

Devant /e/, beaucoup de valeurs sont manquantes, notamment pour les labiales et palato-alvéolaires. Toutefois, les valeurs disponibles permettent de voir comme précédemment, que C et C^j sont d'autant plus semblables que l'on se rapproche de la voyelle, ou vers le milieu de la plosive coronale pour URV. Pour /t/ et /t^j/, on observe plus de stabilité entre le début et le milieu des consonnes pour les locuteurs AD, KB, KBM et NG avec aucun contour classé ensemble pour AD et 33 % de contours affectés dans le même groupe pour chacun des autres locuteurs. Entre les palatalisées, les profils des ressemblances sont globalement plus fortes au début des consonnes (le geste palatal se superpose complètement à l'articulation primaire), sauf pour AD et KB pour la paire /p^j/ et /t^j/ avec les contours semblables entre deux consonnes à tous les instants pour AD et avec 100 % de contours regroupés ensemble au midpoint et 67 % à l'offset pour KB. Entre /p^j/ et /f^j:/, et entre /t^j/ et /f^j:/, pour AD, 100 % de contours semblables sont observés à l'onset et midpoint de /p^j/ et /f^j:/ et de /t^j/ et /f^j:/, et seulement aux instants onset et midpoint de /t^j/ et /f^j:/ pour le locuteur KB. Pour ce dernier et pour /p^j/ et /f^j:/, 67 % et 100 % de contours sont classés ensemble à onset et midpoint. Pour ABI et pour /t^j/ et /f^j:/ d'une part, et pour /p^j/ et /f^j:/ d'autre part, 100 % de contours sont semblables à l'onset et 67 % à midpoint et aucune ressemblance n'a été trouvée à l'offset. Pour NG, les proportions pour /t^j/ et /f^j:/ sont 100 %, 33 % et 67 % de l'onset à l'offset.

Devant /i/, et sauf quelques exceptions, les consonnes /p/ et /p^j/ se ressemblent à mesure que le geste consonantique se déroule vers la voyelle. En revanche, les différences entre /t/ et /t^j/ sont stables pour la plupart des locuteurs, quel que soit l'instant. Toutefois sur les courbes SSANOVA pour les plosives coronales /t/ et /t^j/, des différences existent au moins à l'instant onset (cf. par exemple, Figure 47). Rappelons que la Table 32 est synthétisée au niveau des 3 régions linguales ce qui pourrait expliquer cette apparente contradiction. Entre ces 2 C^j, les différences sont plus fortes à proximité de la voyelle, sauf pour EB dont les contours ne révèlent aucune différence et pour KBM qui présente un profil plutôt inverse avec plus de ressemblances vers la voyelle. Entre /p^j/ et /f^j:/, les différences entre les contours augmentent pour ABI et KB vers la voyelle alors que c'est l'inverse pour AD. Entre /t^j/ et /f^j:/, pour ABI, KB et URV, les contours se ressemblent plus à l'instant onset qu'à l'offset tandis que pour AD, 100 % de ressemblances sont trouvés à midpoint contre 67 % et 33 % à l'onset et l'offset.

Devant /o/, /p/ et /p^j/ se ressemblent également à mesure que le geste lingual va vers la voyelle et ce pour tous les locuteurs. Les différences entre /t/ et /t^j/ sont également moins fortes vers la voyelle mais de façon moins progressive entre les instants. Globalement, entre ces deux palatalisées, les différences sont plus fortes à proximité de la voyelle.

Enfin, devant la voyelle /u/, les contours appartenant aux consonnes /p/ et /pʲ/ sont toujours très différents. Cette différence vient probablement du choix du stimulus discuté en détail en début de cette section (cf. Figure 48 et son commentaire pour rappel). Concernant /t/ et /tʲ/, les mêmes observations qu'avec /o/ peuvent être adressées. Entre /pʲ/ et /tʲ/, moins de ressemblances sont observées à proximité de la voyelle qu'à l'instant onset (sauf pour URV pour lequel ces C^j sont toujours différentes quel que soit l'instant).

Les observations concernant la physionomie des configurations linguales faites à travers les contextes vocaliques amènent aux mêmes types de conclusion générale que précédemment. Les données suggèrent que le geste palatal résiste à la coarticulation avec la voyelle.

5.4. DISCUSSION

L'objectif de cette étude était de dégager des caractéristiques du geste lingual impliqué dans la réalisation du contraste palatalisé *vs* non palatalisé en russe (C^j *vs* C) et de mieux cerner la variabilité du geste linguo-palatal en essayant de mettre en évidence les effets dus aux caractéristiques individuelles et diatopiques et ceux liés à l'expérience linguistique des participants. Les productions de 10 locuteurs russophones natifs ont été analysées.

Les résultats obtenus à partir des contours moyens suggèrent que la position du corps de la langue distingue les consonnes palatalisées des consonnes non palatalisées, au moins pour les consonnes et les contextes abordés dans cette étude. De manière générale, le corps de la langue est plus avancé et/ou plus élevé pour les consonnes palatalisées que pour les consonnes non palatalisées. Plus précisément, pour chaque paire de consonnes réalisée par un même locuteur et dans un contexte vocalique donné, les courbes de SSANOVA calculées ne se chevauchent pas ou que rarement dans certaines régions linguales. Si tel est le cas, le chevauchement est le plus souvent situé dans la région la plus postérieure, au niveau du post-dorsum et de la racine, et est observé plutôt vers la fin de la consonne (phase du relâchement consonantique). Ces observations concernant la position du corps lingual lors de la réalisation des palatalisées en russe sont conformes à celles faites par Skalozub (1963), Matusevich (1976), Ladefoged & Maddieson (1996), Kochetov (2002), Kedrova et al. (2008) etc. et confirment aussi celles faites sur d'autres langues comme l'irlandais (Bennett et al., 2018) ou le gaélique écossais (Bennett et al., 2018 : Sung et al., 2013) pour lesquelles les auteurs ont également constaté que, lors de la production des obstruantes palatalisées et non palatalisées, le corps de la langue pour les premières était dans une position plus antérieure et parfois plus élevée que pour les secondes. Dans notre étude, le calcul des proportions de contours conjointement groupés conforte les analyses obtenues à partir des courbes moyennes sur le déplacement du corps de la langue dans la cavité buccale pour la réalisation d'une palatalisée. La comparaison entre le début et la fin de la consonne montre que les proportions de consonnes regroupées diminuent

progressivement pour des C_i de deux lieux différents, alors que des patrons de ressemblance ascendants (lorsque les similitudes entre C et C_i augmentent) sont observés à mesure qu'on se rapproche de la voyelle pour les régions 1 (antérieure) et 2 (médiane), tendance qui n'est pas retrouvée pour la région 3 (postérieure) car beaucoup moins différenciée entre les consonnes et entre les instants temporels observés du geste consonantique. Nos analyses concernant la forme globale de la langue s'accordent avec celles de Skalozub (1963) qui propose que la production d'une palatalisée requiert une contraction musculaire dans la région antéro-médiane de la langue à l'origine de sa forme convexe (ou bombée) dans la zone lamino-prédorsale. D'après Skalozub, le mouvement lingual qui conduit à une telle position du prédorsum est inhérent à la palatalisation et « [...] *détermine la qualité phonologique d'un son palatalisé* »²⁴ (Skalozub, 1963 : 62) (t. p. n.). Ajoutons que ce geste serait en lien avec les propriétés intrinsèques des fibres musculaires antérieures et postérieures du génioglosse (cf. section 4.4) qui permettent de générer le mouvement de propulsion du corps et d'incurver la partie antérieure de la langue en tirant l'apex vers le bas en synergie avec le lingual inférieur.

Dans notre étude USI, le geste linguo-palatal est présent dès le début acoustique d'une palatalisée, au moins pour les 3 consonnes étudiées ici /pⁱ, tⁱ, ʃⁱ/. A cet instant, il se trouve complètement superposé à l'articulation primaire comme le montrent les tracés de contours SSANOVA et les proportions de contours regroupés par CAH. Pour 2 consonnes C et C_i de même lieu, la proportion de contours affectés dans un même groupe est en effet inférieure au moment du début acoustique des consonnes par rapport au moment de leur relâchement ce qui indique que les deux types se différencient très tôt au niveau du geste lingual impliqué dans leur production. Les courbes des contours linguaux suggèrent une articulation de base apicale ou laminaire (apico-laminaire) plus ou moins vélarisée en fonction des locuteurs et selon le contexte vocalique pour une coronale non palatalisée *vs* articulation plutôt lamino-prédorsale pour sa contrepartie palatalisée. Pour une labiale palatalisée, les configurations linguales suggèrent également un rétrécissement buccal entre la région linguale lamino-prédorsale et la région alvéo-palatale dès le début de la consonne (malgré l'absence de l'information sur les structures rigides dans cette étude). Ainsi, compte tenu de notre première hypothèse, le geste linguo-palatal semble être superposé au geste primaire dès le début acoustique de la consonne tel que nous l'avons défini ici. D'après Ladefoged & Maddieson (1996), alors que la constriction primaire peut varier selon le mode d'articulation, la constriction secondaire est généralement décrite comme semblable à la voyelle [i] ou du glide palatal [j]. Les deux strictions sont pratiquement simultanées, le geste palatal étant quelque peu retardé (Ladefoged & Maddieson, 1996 : 364). Recasens & Romero (1997) constatent également que, pour une consonne nasale coronale, les intervalles entre les maximas atteints par la pointe et la lame, et par la lame et le dos de la langue, sont plus importants pour la nasale palatalisée du russe que pour la nasale

²⁴ « [...] формирующим фонологическое качество звука. » (Skalozub, 1963 : 62).

alvéopalatale du catalan, ce qui suggère que la partie antérieure de la langue et le dorsum fonctionnent en tant que deux gestes successifs dans une nasale palatalisée. De plus, l'élévation du dorsum se poursuit pendant la phase de fermeture pour la palatalisée (ibid.). L'étude de Kochetov (2002) indique que le geste linguo-palatal dans une labiale palatalisée atteint sa position maximale au moment de la fin de la constriction labiale, c'est-à-dire au début du relâchement, le geste labial et celui du corps de la langue étant articulatoirement indépendants, c'est-à-dire découplés l'un de l'autre. Néanmoins, la palatalisation chez la coronale /tʲ/ se caractérise par une élévation du corps de la langue synchronisée avec la constriction du geste primaire plutôt qu'avec son relâchement. L'explication retenue par Kochetov est que les deux gestes ne sont pas indépendants l'un de l'autre contrairement à une labiale palatalisée. Notre étude EMA a cependant montré deux gestes consécutifs pour cette consonne au moins dans les modalités Accent*Onset et Atone*Onset du facteur *Renforcement Articulatoire*, résultat que nous ne trouvons pas dans l'étude USI au point onset qui correspond au début acoustique de la consonne et qui est visiblement postérieur au lancement des deux gestes.

Rappelons que, d'une part, dans notre étude les frontières des consonnes ont été placées de manière à s'écarter d'effets attribuables au contexte gauche (/a/ atone) de la consonne cible, ce qui a pour effet de réduire l'intervalle consonantique et on peut s'interroger sur les conséquences de ce choix. La constriction primaire apicale ou labiale aurait pu être atteinte avant cette frontière. Néanmoins, les palatalisées de notre étude présentent une élévation de la masse linguale dès l'instant onset. D'autre part, les proportions de ressemblance que nous avons calculées montrent que la différence maximale entre une palatalisée et son équivalente non palatalisée, indépendamment du lieu articulatoire, est relevée dès le début acoustique de la consonne. Même si les différences entre les deux consonnes sont présentes tout au long de leurs durées, elles diminuent vers l'instant offset et principalement au niveau de la région 3 (postérieure) de la langue. Cette constatation concerne d'une part les courbes de SSANOVA, lesquelles se chevauchent davantage à la fin de la durée des segments, et d'autre part au niveau des proportions importantes de contours conjointement groupés à ce même instant. Concernant ce dernier point, nos données articulatoires montrent des différences par rapport aux recherches antérieures qui suggèrent que le geste de palatalisation secondaire atteint sa position maximale plutôt à l'offset de la consonne pour les consonnes en position initiale du mot ou de syllabe (Kochetov 2002). En effet, dans nos données, le geste palatal se trouve dans la position la plus haute plutôt en début et/ou en milieu de consonne. En irlandais, les consonnes palatalisées sont réalisées avec le dos de la langue plus élevé au milieu du segment consonantique qu'au début (Bennett et al., 2018). Ces conclusions nécessitent toutefois d'être prises avec précaution étant donné les limites de la fréquence d'échantillonnage dans notre étude USI (une capture d'image toutes les 19 ms environ) et celles de la procédure d'alignement articulatoire et acoustique lors de l'acquisition des données (cf. section 5.2.3).

Comme déjà constaté par Skalozub (1963), Ladefoged & Maddieson (1996), Kedrova et al. (2008), Bennett et al. (2018 pour l'irlandais), les palatalisées de différents

lieux ont en commun le geste linguo-palatal. Nos analyses des courbes SSANOVA montrent qu'il est sans doute présent dès le début de la production consonantique. Ce résultat est confirmé aussi par une proportion importante de contours regroupés ensemble à l'instant onset alors que cette proportion diminue vers la fin de la consonne. Les configurations linguales sont plus similaires (ou moins différenciées) entre deux consonnes palatalisées de lieux différents qu'entre leurs contreparties non palatalisées, au moins au début de la consonne, ce qui valide notre deuxième hypothèse.

Nos observations en ce qui concerne la vélarisation des consonnes non palatalisées sont proches des résultats d'études antérieures sur le russe (Skalozub, 1963 ; Kochetov, 2002 ; Kedrova et al., 2008, 2009). Plus précisément, nos données suggèrent, d'une part, une postériorisation du corps de la langue plus importante dans l'articulation des consonnes labiales non palatalisées, et plus faible ou absente chez les coronales (compte tenu de l'absence de l'information concernant les articulateurs passifs, en l'occurrence le palais mou, la paroi pharyngale). Les contraintes de production des coronales, comme le couplage entre le corps de la langue et sa partie antérieure (pointe et lame), empêchent probablement le corps de reculer de la même manière que pour les labiales pour lesquelles la langue ne participe pas à la formation d'une constriction primaire. D'autre part, alors que les palatalisées impliquent toujours une élévation et/ou antériorisation du corps de la langue, les positions du corps lingual pour les non palatalisées peuvent être plus variables (Kedrova et al., 2008). La vélarisation semble dépendre du contexte vocalique, alors que la position du corps de la langue ne varie pas beaucoup en fonction de celui-ci chez les palatalisées (de fait plus résistantes à la coarticulation vocalique).

Les consonnes non palatalisées sont plus sujettes à la coarticulation avec les voyelles que leurs contreparties palatalisées, ce qui vérifie notre troisième hypothèse. Nos données suggèrent que le geste linguo-palatal bloque la coarticulation avec la voyelle (cf. Recasens & Espinosa, 2009 ; Recasens & Rodriguez, 2016 concernant les consonnes en catalan, dont la constriction est formée avec la lame et le prédorsum, plus résistantes à la coarticulation avec la voyelle qui suit) au moins au début de la consonne palatalisée située à l'initiale de mot, alors que l'articulation primaire des non palatalisées semble « adopter » la configuration linguale de la voyelle qui suit. Pour confirmer ce dernier point, il serait utile de prolonger l'analyse et d'examiner les proportions de contours regroupés ensemble entre les non palatalisées de même lieu et/ou de lieux différents devant différentes voyelles. Cette analyse pourrait révéler plus de différences entre les contours linguaux d'une consonne non palatalisée devant 2 voyelles différentes (ex. /p/ devant /a/ et /i/) ou entre 2 consonnes non palatalisées devant une même voyelle (ex. /p/ et /t/ devant /a/ ou /i/). La palatalisation peut ainsi être considérée comme inhérente à la consonne et ne constitue pas un effet de la voyelle adjacente. Cette suggestion est similaire à celle faite par Farnetani et al. (1991) cités par Bennett et al. (2018) qui observent qu'en irlandais certaines consonnes palatalisées et vélarisées résistent à la coarticulation avec les voyelles voisines et ils attribuent ce fait à l'existence, comme en russe, d'une palatalisation contrastive (phonologique).

Concernant l'aspect multilocuteur de cette étude et, donc, notre quatrième hypothèse, selon laquelle le profil des participants pourrait avoir un effet sur la réalisation du contraste palatalisé *ʋ* non palatalisé, globalement, les mêmes tendances articulatoires se dégagent à travers l'ensemble des 10 participants testés. Il est toutefois difficile d'appréhender si les exceptions notées sont dues aux valeurs manquantes en raison de l'absence de contours et donc d'information sur la production chez certains locuteurs (conséquence d'une qualité insuffisante de l'image échographique récupérée) ou relèvent des stratégies particulières que ces locuteurs adoptent et qui seraient propres à leur origine, âge ou à leurs expériences linguistiques. Rappelons aussi que les locuteurs enregistrés sont originaires et/ou résident dans les régions de Moscou et de Vladimir qui appartiennent à la même zone dialectale et dont la proximité (environ 190 km entre ces villes) peut niveler les différences dans la production du contraste étudié comme constaté par exemple dans Kuznetsova (1969) et Avanesov (1984). Ainsi, Kuznetsova rapporte une remarque de Gvozdev (1948) concernant le fait que les réalisations de locuteurs, porteurs de dialectes, qui se sont installés dans de grands centres culturels tels que Moscou tendent vers celles de la variété du Centre. Ajoutons que le brassage actuel de populations survenu dans les années 1990 en Russie pourrait amener à la perte de caractéristiques dialectales et avoir un effet sur les réalisations consonantiques palatale *ʋ* palatalisée. Enfin, une étude supplémentaire sur les aspects dynamiques du geste linguo-palatal peut être envisagée afin de vérifier si les différences observées au niveau de la mise en place de ce geste sont dues aux techniques d'enregistrement utilisées ou bien au profil linguistique des locuteurs testés, bilingues et résidant à l'étranger pour l'EMA *ʋ* quasi monolingues résidant en Russie pour l'USI.

Par rapport aux études antérieures menées sur la réalisation du contraste palatalisé *ʋ* non palatalisé en russe, dans l'étude réalisée ici, 5 contextes vocaliques ont été pris en compte, et les consonnes cibles ont été produites par 10 locuteurs dans des mots réels, à la différence des autres auteurs qui ont principalement travaillé avec des logatomes ou des pseudo-mots insérés dans le contexte intervocalique central /a/_/a/ et un nombre très restreint de participants. De manière générale, le comportement lingual observé pour la réalisation des palatalisées dans notre étude ne semble pas spécifique au russe car proche pour certains aspects de celui observé en irlandais, dont le système, comme celui du russe, se distingue par la présence d'une palatalisation contrastive dans lequel chaque consonne possède sa contrepartie palatalisée : engagement du corps lingual dans la formation du contraste, « résistance » à la coarticulation, vélarisation au moins des labiales non palatalisées.

Le chapitre suivant décrit la troisième étude expérimentale, monolocuteur, complémentaire des deux premières, et qui, comme elles, vise à étudier les mécanismes de production du contraste palatalisé *ʋ* non palatalisé en russe.

6. APPORT DE DONNEES IRM A LA CARACTERISATION DU GESTE LINGUO-PALATAL

L'étude présentée dans ce chapitre s'inscrit dans la continuité des travaux de Kedrova (2008, 2009, cf. section 1.5) et a pour objectif de dégager les traits articulatoires qui composent les segments palatalisés *vs* non palatalisés. Ce travail est le fruit d'une collaboration avec Pierre Badin, directeur de recherche CNRS à GIPSA-lab, Alexei Kochetov, professeur à l'université de Toronto et Laurent Lamalle, Ingénieur de recherche INSERM à l'UMS IRMaGe.

L'imagerie par résonance magnétique a été retenue pour visualiser l'ensemble du conduit vocal et parce qu'elle offre d'autres avantages par rapport à la technique d'articulographie électromagnétique (employée dans notre première étude en laboratoire) ou d'imagerie par ultrasons (utilisé sur le terrain, en Russie). En effet, la première méthode a permis le suivi de points de référence de la langue qui peuvent suggérer une forme ou une configuration linguale lors de la production des consonnes cibles ou des contrastes étudiés, mais sans renseigner sur l'aspect de la surface de la langue située entre deux points de référence (ex. zones de convexité *vs* de concavité) ou sur la direction de la pointe de la langue. Cette technique ne fournit pas non plus l'information complète sur la forme linguale globale (par exemple, l'élévation et/ou le recul du dos de la langue suggérant la vélarisation de non palatalisées) si les bobines de référence ne sont pas placées suffisamment en arrière au niveau du sillon médian de la langue. L'imagerie par ultrasons, quant à elle, et tout comme la technique d'articulographie, ne fournit pas d'informations précises sur les constriction linguales faites avec la pointe, ni sur la position de la partie la plus postérieure du dos de la langue, ni de la racine. De plus, cette méthode, qui a l'avantage d'être moins invasive, ne fournit que très peu d'information concernant les structures osseuses comme les alvéoles ou le palais, sur les articulateurs tels que la mâchoire et les lèvres.

L'objectif principal de cette étude est de compléter des informations manquantes dans les données acquises avec EMA et USI et d'ajouter et/ou de (re)préciser les résultats concernant les configurations linguales suggérées par les points de référence de l'EMA ou les contours linguaux récupérés grâce à la technique d'imagerie par ultrasons. Un autre objectif est d'examiner et comparer la résistance à la coarticulation des consonnes palatalisées et non palatalisées avec la voyelle qui suit. Ajoutons qu'il s'agit ici d'une analyse d'un corpus monolocuteur constitué des productions d'une locutrice qui a participé aux deux premières expériences. Le geste linguo-palatal d'un individu a pu ainsi être observé et comparé en utilisant les trois techniques d'acquisition de données articulatoires différentes.

Pour pouvoir représenter un ensemble d'articulateurs mis en mouvement lors de la production des consonnes étudiées, ainsi que la forme entière du conduit vocal, une modélisation articulatoire, capable de formaliser la complexité des

mouvements et dans laquelle les paramètres de contrôle en nombre limité correspondent aux mouvements articulatoires effectifs, a été utilisée.

6.1. METHODOLOGIE

6.1.1. Corpus et stimuli

Pour construire un modèle articulatoire de chaque consonne (Badin et al., 2002), le corpus enregistré, élaboré avec A. Kochetov et le locuteur KB, comporte les 16 phonèmes consonantiques non voisés du russe ainsi que les 9 sonantes, palatalisées et non palatalisées /p pʲ t tʲ k kʲ f fʲ s sʲ ʃ ʃʲ x xʲ tɕ tɕʲ m mʲ n nʲ l lʲ r rʲ j/ dans 5 contextes vocaliques symétriques /i/_/i/, /e/_/e/, /o/_/o/, /a/_/a/, /u/_/u/. Les consonnes ont été extraites de la production de mots isolés (cf. corpus Annexe 25). Les productions correspondant aux consonnes /p pʲ t tʲ tɕ tɕʲ:/ font l'objet de cette présente étude (cf. Table 33). Nous avons ajouté à cette liste /j/ afin de pouvoir comparer les contours obtenus pour les obstruantes palatalisées avec ceux de /j/ décrit comme ayant une articulation primaire palatale en russe (ex. Skalozub, 1963).

Le choix de mots et non de logatomes a été fait parce que les 2 participants à l'étude pratiquent au moins une langue étrangère au quotidien depuis plusieurs années. Il nous a semblé nécessaire de mieux contraindre la production vers le russe avec la production de mots de la langue native.

Un seul enregistrement de chaque consonne a été effectué, à l'exception des consonnes affriquées. Pour ces dernières, deux enregistrements ont été réalisés, un pendant la phase d'occlusion et un pendant la phase de friction. Ainsi, 135 items, 5 pour chaque consonne (10 pour les affriquées), ont été acquis. Les consonnes non palatalisées et leurs équivalentes palatalisées ont été placées dans les mêmes environnements vocaliques. En outre, pour la modélisation articulatoire des voyelles, chacune des 5 voyelles /i u a o e/ a été enregistrée dans des mots de type CVC, c'est-à-dire entre 2 consonnes non palatalisées, puis de type CʲVCʲ, entre 2 consonnes palatalisées, afin d'acquérir les postures du conduit vocal pour les voyelles en fonction de leur environnement consonantique. Au total, 145 items articulatoires ont été recueillis (cf. corpus Annexe 25).

	/p/ vs /pʲ/		/t/ vs /tʲ/		/ʃ/ vs /ʃʲ:/		/tʃ/
/a/_/a/	/na.'pal/ Attaquer (verbe, 1 ^{ère} , 2 ^{ème} , 3 ^{ème} pers., masc., sg., passé, perfect.)	/xra.'pja/ Ronfler (gérondif, présent, imperfect.)	/vra.'ta/ Portail (subst., nom., acc., pl.)	/ot.vra.'tia/ Repousser (gérondif, passé, perfect.)	/a.na.'ja/ Cannabis (subst., nom., sg.)	/bez#pla.'ʃ:a/ Sans le par-dessus (prép. + subst., gén., sg.)	/na.'tʃa.lo/ Début, commencement (subst., nom., acc., sg.)
/i/_/i/	/i#.'pil/ Et l'ardeur (conj. de coord. + subst., nom., acc., sg.)	/skri.'pit/ Grincer (verbe, 3 ^{ème} pers., masc., neutre, présent, imperfect.)	/vpri.'tik/ Bout à bout (adverbe)	/pri.'tix/ Se taire (verbe, 1 ^{ère} , 2 ^{ème} , 3 ^{ème} pers., masc., passé, perfect.)	/pi.'fi/ Ecrire (verbe, 2 ^{ème} pers., sg., imperfect., injonc.)	/pi.'ʃ:i:/ Piailler (verbe, 2 ^{ème} pers., sg., imperfect., injonc.)	/kri.'tʃi/ Crier (verbe, 2 ^{ème} pers., sg., imperfect., injonc.)
/u/_/u/	/kru.'pu/ Gruau (subst., acc., sg.)	/ku.'pu.ra/ Billet de banque (subst., nom., sg.)	/fu.'tu/ Bouffon (subst., dat., sg.)	/u.'tug/ Fer à repasser (subst., nom., acc., sg.)	/su.'fu/ Sécher (verbe, 1 ^{ère} pers., sg., présent, imperfect.)	/pu.'ʃ:u/ Laisser faire, laisser aller (verbe, 1 ^{ère} pers., sg., futur, imperfect.)	/u.'tʃu/ Apprendre (verbe, 1 ^{ère} pers., sg., présent, imperfect.)
/e/_/e/	/vsie#.'pe.ri/ Tous les pairs (pronom, nom., pl. + subst., nom., pl.)	/vsie#.'pie.ni/ Toutes les mousses (pronom, nom., pl. + subst., nom., acc., pl.)	/vsie#.'te.pi/ Toutes les performances techniques et économiques (PTE) (pronom, nom., pl. + abrég.)	/vsie#.'tē.mi/ Tous les thèmes (pronom, nom., pl. + subst., nom., acc., pl.)	/vse#.'ʃe.fi/ Tous les chefs (pronom, nom., pl. + subst., nom., pl.)	/vsie#.'ʃ:e.pi/ Tous les copeaux de bois (pronom, nom., pl. + subst., nom., acc., pl.)	/vsie#.'tʃer.ti/ Tous les diables (pronom, nom., pl. + subst., nom., pl.)
/o/_/o/	/tʃto#.'poʃ.ta/ Que la poste (conj. de subord. + subst., nom., sg.)	/tʃto#.'pjos.trij/ Que (qqch ou qqn de) coloré (conj. de subord. + adj., nom., sg.)	/tʃto#.'tol.kom/ Que clairement (conj. de subord. + adverbe)	/tʃto#.'tʃop.lim/ Que (avec qqch de) chaude (conj. de subord. + adj., instrum., sg.)	/tʃto#.'ʃol.kom/ Que (avec de la) soie (conj. de subord. + subst., instrum., sg.)	/tʃto#.'ʃ:ol.knul/ Que (il a) cliqué (conj. de subord. + verbe, 1 ^{ère} , 2 ^{ème} , 3 ^{ème} pers., masc., sg., passé, perfect.)	/tʃto#.'tʃot.ko/ Que distinctement (conj. de subord. + adverbe)

Table 33 : Corpus des contrastes étudiés dans 5 environnements vocaliques, issu du corpus plus large intégrant les formes orthographiques (présenté annexe 25) enregistré via la technique d'IRM. Parmi ces stimuli, les mots /pil/, /per/, /pien/, /ʃolk/ ont été utilisés dans l'étude USI et le mot /'tʃer.ti/ figure dans le corpus EMA. Le symbole dièse marque la frontière entre deux mots.

6.1.2. Locuteurs

Deux locuteurs russophones natifs ont produit la totalité du corpus. Seules les productions du locuteur KB (codé EBL dans ce chapitre) qui, a participé aux deux études précédentes sont analysées ici. Elle est âgée de 33 ans au moment de l'enregistrement. Elle est née et a grandi dans la ville de Mourom, en Russie et est en thèse à l'Université de Grenoble Alpes. Elle réside en France depuis environ 10 ans. Elle a déclaré parler l'anglais et le français en plus du russe, sa langue maternelle.

6.1.3. Protocole d'enregistrement

Des images statiques 2D (correspondant à une « tranche » observée en différentes phases d'articulation) ont été acquises dans le plan médio-sagittal à l'aide d'un système IRM Philips Achieva 3.0T dStream équipé d'une antenne de réception Tête/Cou à 20 canaux, situé à l'Unité Mixte de Service IRMaGe, à Grenoble (France). Les paramètres d'acquisition suivants ont été utilisés : mode d'écho de spins rapide (« Turbo Spin Echo », TSE), avec balayage partiel (« Half-Scan ») de 85 %, aucune accélération SENSE, angle de bascule de 80°, paramètres TR (Temps de répétition) et TE (Temps d'écho) courts (« shortest », conduisant à des valeurs de 731-864 ms pour TR et de 12-10 ms pour le TE effectif), décalage eau-graisse minimum et paramètre d'accélération TSE égal à 38. Le temps d'acquisition était d'environ 8 secondes par image. Les images d'une seule coupe d'épaisseur de 4 mm ont été acquises dans le plan médio-sagittal avec un champ de vue de 192X256 mm² et une résolution isotrope de 1 mm. Les images ont été cadrées de façon à inclure la glotte et les sinus sphénoïdal et frontal dans le champ vertical de l'image, le nez et le cou dans le champ horizontal afin de prendre en compte l'ensemble du conduit vocal ainsi que les structures crâniennes pour permettre le suivi automatique des mouvements des articulateurs. Le locuteur était allongé dans le tunnel de l'appareil IRM. Afin de minimiser les mouvements de la tête, des coussins de mousse ont été coincés entre la tête du locuteur et l'antenne réceptrice. L'absence de contre-indications du locuteur à la participation à l'expérience a été vérifiée par un médecin en amont.

Les mots de la liste (écrits en cyrillique) ont été présentés 1 à 1 sur un écran d'ordinateur réfléchi sur un miroir fixé dans le tunnel de l'appareil IRM. Avant la séance d'enregistrement, les locuteurs ont lu la liste de stimuli à voix haute afin de s'assurer qu'ils étaient familiers avec l'ensemble des stimuli proposés. La consigne donnée à chaque locuteur était de produire 3 répétitions des mots lus à l'écran, à

un débit normal pour les 2 premières répétitions, et pour la troisième qui correspondait à la phase d'acquisition de la production, de tenir les articulateurs dans la position de la cible, et ce pendant 8 secondes, durée qui correspondait au temps du balayage d'IRM. Ce protocole permettait de s'assurer que la consonne était produite en coarticulation avec la voyelle. L'exécution des tâches était contrôlée grâce au canal de communication audio disponible sur l'appareil d'IRM anatomique. La qualité de l'acquisition était vérifiée par L. Lamalle après chaque enregistrement. Pour récupérer les contours des incisives qui ne peuvent être distinguées à l'IRM, quelques clichés de référence sur lesquelles les tissus mous se trouvaient en contact avec les incisives ont été enregistrés : lèvre supérieure enroulée autour des incisives supérieures, lèvre inférieure enroulée autour des incisives inférieures, langue pressée contre les incisives. Ces images ont permis de récupérer les contours des incisives qui apparaissaient en contraste avec les tissus mous.

Ce projet de recherche a reçu préalablement l'avis favorable du CPP « Protocole 1208-MAP-VS N°ID RCB 2012-A00340-43 Version1 du 22.10.2013 ».

6.1.4. Segmentation semi-automatique

Une segmentation semi-automatique des articulateurs mâchoire, lèvres, langue, velum, etc. a été réalisée à partir des images d'IRM selon la méthode décrite dans Labrunie et al. (2018). Dans un premier temps, les contours des structures osseuses (rigides), celles des incisives supérieures et du palais dur et celles des incisives inférieures et de la mandibule ont été tracés manuellement sur les images de référence à l'aide de courbes B-splines et des points de contrôle dans Matlab. Les mouvements de translation de la tête parallèles au plan médio-sagittal et de rotation autour de l'axe gauche/droite ont été automatiquement déterminés afin de réaligner les structures osseuses et en particulier celle du palais dur, de chaque image sur la même image de référence choisie. Cette tâche a été effectuée en utilisant une procédure automatique qui minimise la distance entre les intensités des pixels de l'image de référence et celles des pixels de l'image à aligner (cf. Labrunie et al., 2018).

Un ensemble de 60 images a ensuite été sélectionné automatiquement par classification ascendante hiérarchique afin de représenter le mieux possible l'ensemble du corpus (cf. Labrunie et al., 2018). Pour ces 60 images, les contours ont été créés et ajustés manuellement (cf. Figure 50). Les contours des structures rigides (mandibule et os hyoïde) ont été positionnés par rotation et translation et les contours dits déformables (langues, lèvres) ont été créés sous formes de B-splines et convenablement ajustés. Quelques repères spécifiques ont été placés par

un expert en phonétique afin de déterminer les points extrêmes ou de jonction pour certains articulateurs (ex. au niveau de la pointe de la langue, à la jonction de la racine de la langue et de l'épiglotte, au niveau du philtrum (c'est-à-dire entre la lèvre supérieure et le nez) et au niveau du sulcus ou sillon mentolabial (cf. Bishara et al., 1995). L'ajustement manuel des contours durait environ 15 minutes par image.

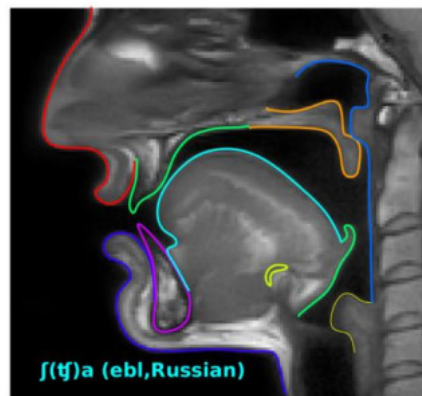


Figure 50 : Différents contours articulatoires segmentés manuellement et superposés à une image IRM ([j] de /aʃa/). Dans le sens des aiguilles d'une montre : lèvre supérieure, palais, velum, paroi naso- et oropharyngée, larynx, épiglotte, os hyoïde, langue, mâchoire et lèvre inférieure.

Les modèles de forme actifs modifiés *Modified active Shape Models* ont été entraînés avec l'ensemble de 60 images. Ils permettent de prédire les autres contours tracés et correspondent au reste du corpus (Labrunie et al., 2018). Tous les contours prédits ont été vérifiés et corrigés manuellement lorsque nécessaire. En outre, trois repères anatomiques ont été positionnés par expertise phonétique : 1) la limite supérieure de la lèvre supérieure, 2) la limite inférieure de la lèvre inférieure et 3) la pointe de la langue.

Les contours convertis en centimètres ont été alignés sur le palais dur de l'image de référence et ont été rééchantillonnés en utilisant un certain nombre de points fixés pour chaque articulateur et les points de repère en cas de besoin. Ce rééchantillonnage permet de comparer, par superposition et de manière fiable, les contours entre eux pour un locuteur et de construire des modèles basés sur des méthodes nécessitant un nombre fixe de variables, telles que l'analyse en composantes principales (ACP).

6.1.5. Correction du mouvement de la tête

Le changement d'inclinaison de la tête a une influence importante sur la forme du conduit vocal et peut contribuer à une augmentation de la variabilité. La procédure automatique mentionnée ci-dessus aligne les images du corpus sur l'image de référence de façon à s'assurer que leurs structures crâniennes coïncident.

Cependant, elle ne contrôle pas les changements d'inclinaison propres à la tête et dus aux mouvements de tête inconscients du locuteur. L'inclinaison est déterminée par l'angle entre le crâne et une parallèle à la colonne vertébrale ou à la paroi postérieure du pharynx, région où le conduit vocal se trouve déformé. La procédure de correction du mouvement d'inclinaison de la tête a été basée sur un modèle articulatoire linéaire en considérant ce mouvement comme une composante articulatoire non liée à la production de la parole. Ainsi, l'inclinaison de la tête *PbTilt* a été estimée en calculant la valeur z-score de la coordonnée horizontale mesurée juste au-dessus du larynx sur une ligne horizontale fixe à l'intersection avec la paroi pharyngale. La contribution de la composante du mouvement d'inclinaison de la tête a été estimée par une régression linéaire sur les coordonnées (X, Y) de chaque articulateur. La Figure 51 montre le nomogramme de la composante du mouvement d'inclinaison de la tête à travers les variations de contours lorsque *PbTilt* varie de -3 à +3 : l'influence de *PbTilt* diminue de l'arrière vers l'avant du conduit vocal. La correction du mouvement d'inclinaison a consisté à soustraire la contribution de cette composante des données de chaque articulateur.

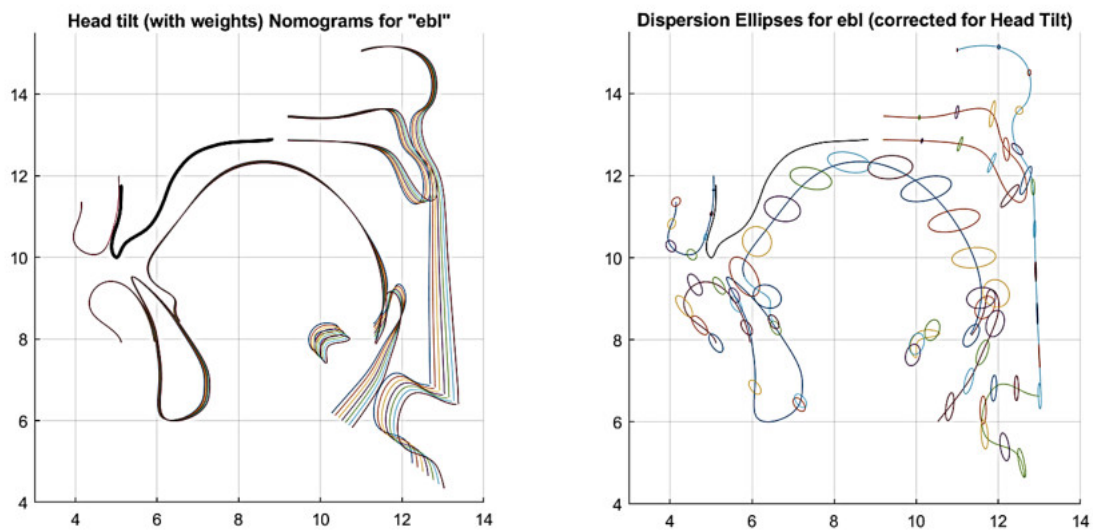


Figure 51 : A gauche, nomogramme montrant l'effet du changement d'inclinaison de la tête sur le tracé de la configuration du conduit vocal, à droite, ellipses de dispersion des contours corrigés au niveau des points d'échantillonnage.

6.1.6. Analyses

6.1.6.1. Superposition des contours

Pour comparer 2 consonnes relevant du contraste étudié palatalisé *vs* non palatalisé et/ou pour décrire les effets de coarticulation, les contours pour chaque contexte vocalique ou les contours moyens à travers l'ensemble des contextes vocaliques étudiés ont été superposés. La superposition est faite par locuteur et en fonction de la comparaison souhaitée, la normalisation des données articulatoires entre différents locuteurs n'étant pas réalisable ici. La Figure 52 montre un exemple de superposition pour la comparaison des moyennes de /p/ *vs* /p^j/ en contexte /i e a o u/. La comparaison de /p/ avec /p^j/ dans les cinq mêmes contextes vocaliques montre que les principales différences entre ces deux consonnes se situent au niveau de la position du corps de la langue positionné davantage vers l'avant de la cavité buccale dans le cas de /p^j/.

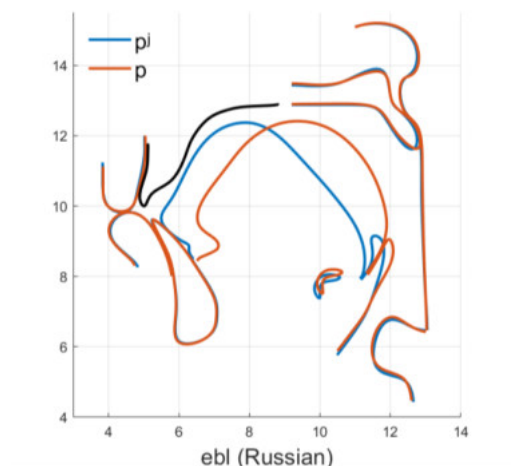


Figure 52 : Superposition des contours moyens du conduit vocal lors de la production des consonnes /p/ (en rouge) et /p^j/ (en bleu) en contexte /i a o e u / par le locuteur EBL.

6.1.6.2. Effets de la coarticulation

L'un des objectifs est d'examiner et comparer la résistance des consonnes [\pm palatal] à la coarticulation avec le noyau vocalique. La variance des contours linguaux a donc été estimée pour chaque consonne. Une approche courante pour déterminer celle-ci est le calcul de SSANOVA (Davidson, 2006) abordée dans la section 5.2.4.1. Cette méthode est applicable lorsque les données sont des contours non convexes. Les contours obtenus grâce à l'IRM ont des formes complexes qui ne peuvent pas être facilement soumis à l'algorithme de SSANOVA. De plus, une grande variance peut être due aux cinq contextes vocaliques étudiés et le fait que

nous ne récupérons que cinq items pour chaque consonne empêche de mener une analyse statistique de manière acceptable.

Compte tenu de ces éléments, pour examiner les effets de coarticulation, le contour moyen pour une même consonne à travers les cinq contextes vocaliques étudiés a été généré avec les ellipses de dispersion tracées à ± 2 écarts-types du contour moyen (cf. Figure 53) (Badin et al., 2019).

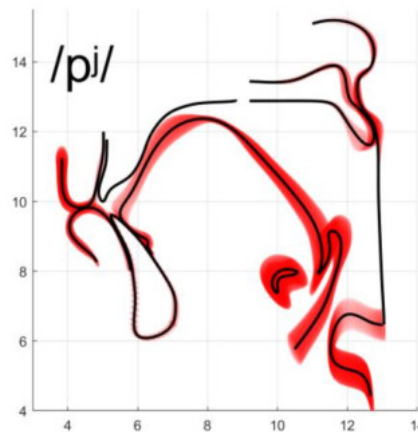


Figure 53 : Exemple de dispersion tracée à ± 2 écarts-types autour du contour moyen (en noir) pour la consonne /pi/.

6.1.7. Modélisation articulatoire

6.1.7.1. Principes de la modélisation articulatoire

La modélisation articulatoire offre la possibilité de réduire la complexité des contours articulatoires à quelques composantes principales. Dans cette étude, une Analyse en Composantes Principales (ACP) « guidée » qui prend en compte les corrélations entre les différentes variables a été appliquée. Ces corrélations constituent la description précise des formes et des positions des articulateurs qui sont liées aux contraintes biomécaniques, en excluant les corrélations liées aux stratégies de contrôle (Beautemps et al., 2001). Depuis plusieurs décennies, les modèles articulatoires linéaires basés sur ACP sont utilisés pour extraire et caractériser les paramètres articulatoires élémentaires pour un locuteur donné (cf. Lindblom & Sundberg, 1971 ; Serrurier & Badin, 2008 ; Serrurier et al., 2019).

Des modèles de tous les articulateurs segmentés ont été construits en suivant la méthode de Badin et al. (2002) ou Serrurier et al. (2019). Le paramètre *JH* (Jaw Height) correspond à l'influence de la hauteur de la mandibule et est utilisé comme premier paramètre de contrôle de la langue. Les deux paramètres suivants, le corps *TB* (Tongue Body) et le dos *TD* (Tongue Dorsum) de la langue sont extraits par l'ACP à partir des coordonnées du contour moyen, à l'exception des

points correspondant à la pointe et en soustrayant la contribution du paramètre *JH*. Les paramètres *TB* et *TD* correspondent respectivement au déplacement vers le haut et l'avant et vers le bas et l'arrière de la masse linguale et à la forme bombée *w* plate du dos de la langue. Les deux derniers paramètres *TTF* et *TTH* pour les mouvements horizontaux et verticaux de la pointe de la langue sont extraits des coordonnées du contour lingual par l'ACP en retirant les contributions de *JH*, *TB* et *TD*. Pour les deux lèvres, les mesures de protrusion (*ULP*, *LLP*) et de hauteur (*ULH*, *LLH*) ont été utilisées comme paramètres complémentaires au paramètre *JH* (hauteur de la mandibule). Pour illustrer le comportement de ces modèles, des nomogrammes représentant les variations de la forme et de la position d'un ou de plusieurs articulateurs donnés ont été générés (Figure 54). Ne sont décrits ici que les paramètres qui nous paraissent pertinents dans le cadre de cette étude. Ainsi, le paramètre *JH* (fig. 53a) correspond au mouvement de bas en haut de la mandibule. Il est le paramètre de contrôle de la langue et des lèvres supérieure et inférieure. Le paramètre *TB* (fig. 53c) correspond au mouvement en oblique du corps de la langue vers le haut et l'avant de la cavité buccale. Il est susceptible d'être impliqué dans la réalisation du contraste palatalisé *w* non palatalisé. Le paramètre *TD* (fig. 53d) correspond au mouvement d'élévation de la partie postérieure du dos de la langue vers le velum, accompagné d'un abaissement laminal.

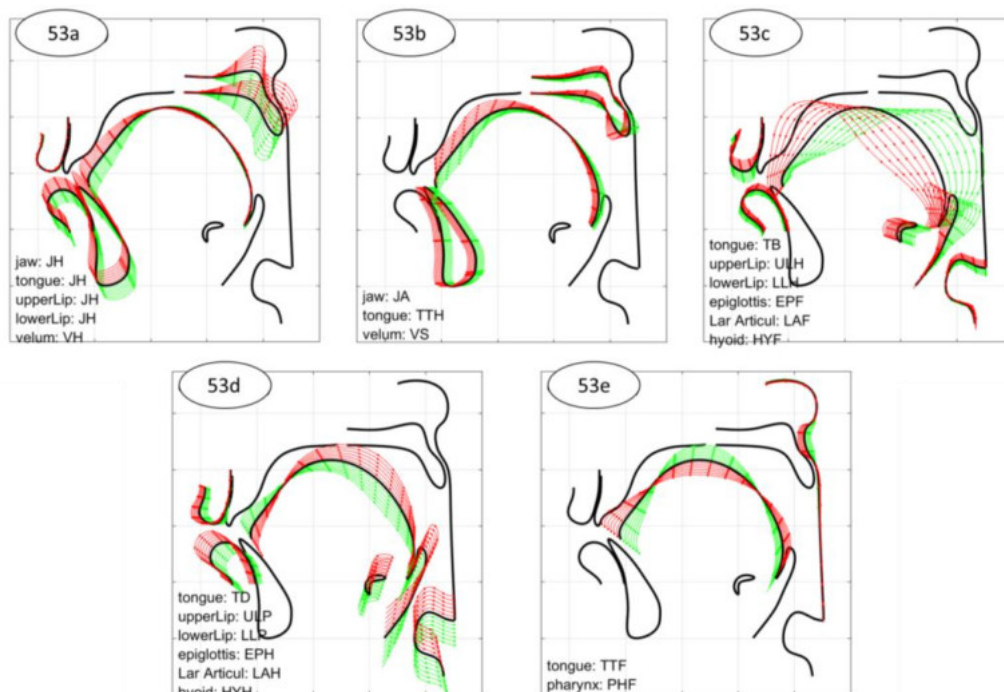


Figure 54 : Nomogrammes des articulateurs pour le locuteur EBL. Les nomogrammes articulatoires de la mâchoire *JH* et *JA* (53a, 53b), de la langue *TB* et *TD* (53c, 53d), du mouvement vertical et horizontal de la pointe *TTH* et *TTF* (53b, 53e), de la hauteur et de la protrusion des deux lèvres *ULH*, *LLH*, *ULP*, *LLP* (53c, 53d) et d'autres articulateurs que nous ne présentons pas ici (velum, épiglotte, pharynx etc.) variant de -3 à +3 avec pas de 0,5. Les lignes noires correspondent aux contours moyens, les contours pour les valeurs négatives des paramètres sont en vert, ceux pour les valeurs positives en rouge.

La Figure 55 présente seulement les nomogrammes des mouvements linguaux contrôlés par les composantes *JH*, *TB*, *TD*, *TTF* et *TTH* examinées dans cette étude et pour le locuteur EBL. L'ensemble de ces 5 paramètres reproduisent 95 % de la variabilité des mouvements linguaux induits par le corpus.

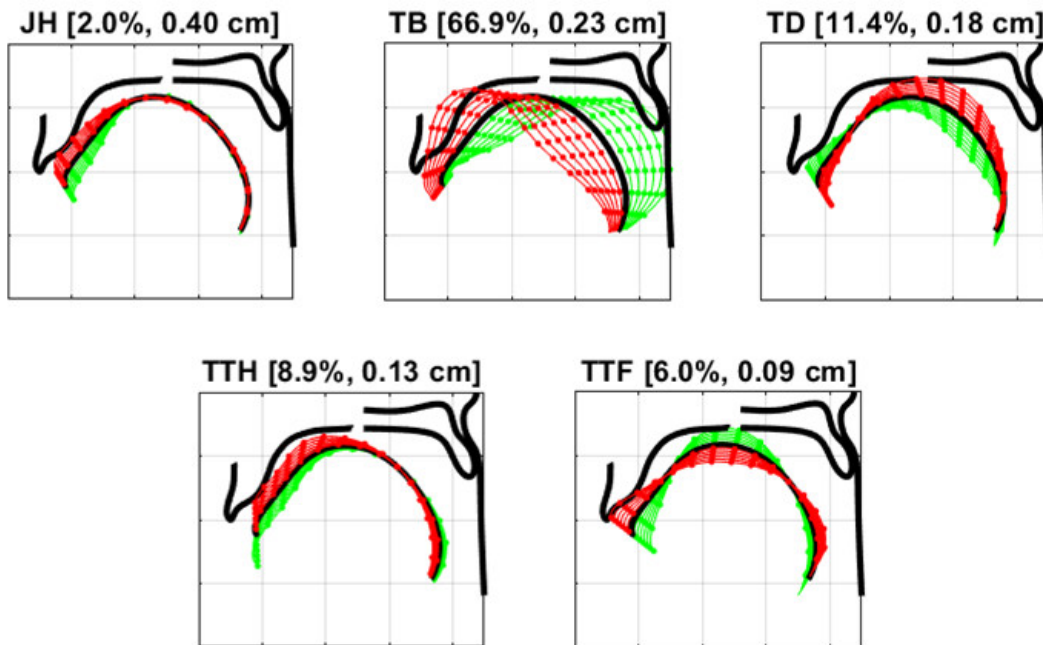


Figure 55 : Nomogrammes des articulateurs pour le locuteur EBL. Les nomogrammes articulatoires du mouvement de l'ouverture de la mâchoire *JH*, de la langue *TB* et *TD* et de la pointe *TTF* et *TTH* variant de -3 à +3 avec pas de 0,5. Les valeurs en cm correspondent à l'erreur de reconstruction *Root Mean Square Error* (RMS). Les contours moyens sont tracés en noir, les contours pour les valeurs négatives des paramètres sont en vert, ceux pour les valeurs positives en rouge.

Les modèles ont été évalués en calculant la variance cumulative expliquée (VarCum) et l'erreur de reconstruction *Root Mean Square Error* (RMS) (cf. Table 34). Dans l'ensemble, la reconstruction est relativement bien précise, avec une variance expliquée entre 74 % et 95 %, et les erreurs RMS de reconstruction calculées pour le corpus complet sont comprises entre de 0,045 et 0,09 cm et donc inférieures au millimètre.

Articulateur	Paramètre	VarCum (%)	RMS (cm)
jaw	JH	71,6	0,083
	JA	91,6	0,045
tongue	JH	2,0	0,402
	TB	68,9	0,226
	TD	80,3	0,180
	TTF	89,1	0,134
	TTH	95,2	0,089
upperLip	JH	1,1	0,091
	ULP	29,5	0,077
	ULH	74,2	0,047
lowerLip	JH	37,2	0,156
	LLP	74,1	0,100
	LLH	78,5	0,091

Table 34 : Évaluation de la modélisation par articulateur (pour les articulateurs mandibule, langue et lèvres) et par paramètre pour le locuteur EBL. Dans la colonne VarCum est indiquée en gras la variance cumulative expliquée par les composantes. La colonne RMS en cm correspond à l'erreur de reconstruction (Root Mean Square Error).

6.1.7.2. Représentations graphiques des données modélisées pour l'analyse des résultats

La modélisation articuloire permet donc de caractériser chaque articulation avec un nombre restreints de paramètres articuloires. En nous inspirant de l'étude de Silva et al. (2014), des graphiques de type Radar pour afficher les valeurs des principaux paramètres articuloires ont été utilisés. La superposition de deux ou trois ensembles de paramètres pour une comparaison souhaitée permet de comparer les articulations entre elles en fonction des principales composantes articuloires (cf. Figure 56). Sur ces graphiques, les valeurs de chaque composante correspondent aux valeurs moyennes sur les cinq contextes vocaliques. Le long de chaque rayon, les valeurs augmentent du minimum de -3 sur le polygone intérieur (correspondant aux contours verts des nomogrammes, cf. Figure 54 et Figure 55) en passant par zéro sur le polygone intermédiaire, jusqu'au maximum de +3 sur le polygone extérieur (correspondant aux contours rouges sur les nomogrammes).

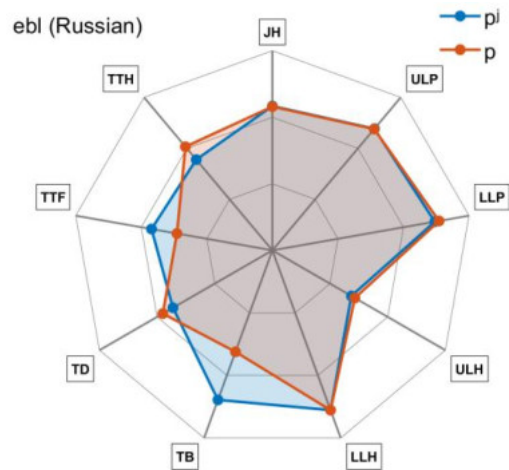


Figure 56 : Exemple de graphique radar affichant 9 paramètres articulatoires (4 pour les lèvres, 4 pour la langue et 1 pour la mandibule) pour les consonnes /p/ (en rouge) et /pʲ/ (en bleu) et les polygones repères, correspondants à -3, 0, +3.

La figure montre que les différences entre /pʲ/ et /p/ sont principalement liées à l'avancement du corps de la langue (TB, /pʲ/ >> /p/), à la forme bombée du dorsum (TD, /p/ >> /pʲ/) et à l'avancement et l'élévation de la pointe (TTF, /pʲ/ >> /p/ et TTH, /pʲ/ << /p/). Le symbole « >> » indique une différence supérieure à 0,5, et « > » entre 0,2 et 0,5. Cette convention sera utilisée dans l'analyse des résultats présentés dans la section suivante.

Les résultats du locuteur EBL, qui a participé aux 2 expériences précédentes, sont présentés ici et portent uniquement sur les productions qui cherchent à répondre à la question de recherche.

6.2. RESULTATS

6.2.1. /t/ vs /tʲ/

Le contour moyen obtenu pour la consonne /t/ montre que la pointe de la langue est abaissée et s'appuie contre les incisives inférieures tandis que le dos de la langue, au profil convexe, s'élève vers le haut de la cavité buccale en direction de la frontière entre le palais dur et le palais mou, sans forcément montrer un recul vers la paroi pharyngale (cf. Figure 57). La consonne /t/ est lamino-alvéolaire, l'occlusion étant réalisée avec la lame de la langue positionnée contre la crête alvéolaire.

Le contour moyen pour /tʲ/ (cf. Figure 57) montre que le corps de la langue est porté vers l'avant par rapport à sa position dans /t/. La partie antérieure de la langue a une forme convexe et la constriction est faite avec la lame et le prédorsum

élevé plutôt dans la région alvéolaire. Cette consonne peut être qualifiée de lamino-prédorso-alvéolaire. La figure radar montre que les différences entre /t/ et /tʲ/ sont principalement liées à l'avancement du corps de la langue pour /tʲ/ (TB, /tʲ/ >> /t/) et à la position de la mandibule, support du geste lingual, plus haute pour /t/ (JH, /tʲ/ << /t/). Le lieu d'articulation pour les deux consonnes est le même bien que la position de TB soit plus antérieure pour la palatalisée.

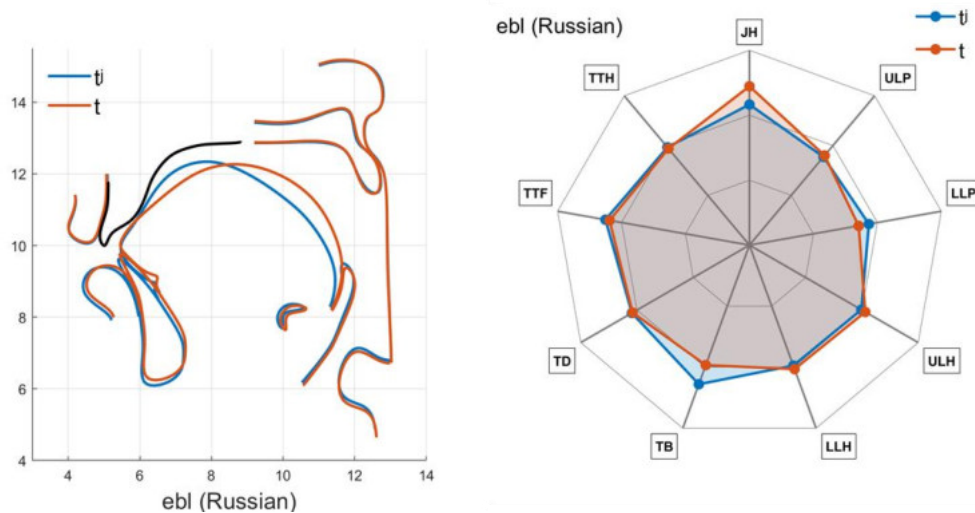


Figure 57 : Contours moyens superposés (à gauche) et graphique radar avec les paramètres articulatoires (à droite) pour les occlusives palatalisée /tʲ/ (en bleu) vs non palatalisée /t/ (en rouge). JH correspond à la hauteur de la mandibule, ULP et LLP à la protrusion des lèvres supérieure et inférieure, ULH et LLH renvoient à la hauteur des lèvres, TB et TD correspondent respectivement au mouvement en oblique du corps de la langue vers le haut et l'avant de la cavité buccale et au mouvement d'élévation de la partie postérieure du dos de la langue vers le velum, accompagné d'un abaissement laminal (TTF et TTH renvoient aux mouvements horizontaux et verticaux de la pointe).

6.2.2. /ʃ/ vs /ʃʲ:/

Les graphiques radars (cf. Figure 58) montrent que les différences entre ces deux consonnes se situent au niveau des paramètres articulatoires TB avec le corps de la langue plus avancé pour /ʃʲ:/ (TB, /ʃ/ << /ʃʲ:/) et TD avec le dorsum présentant une forme convexe et dirigé vers la région palato-vélaire pour /ʃ/ (TD, /ʃ/ >> /ʃʲ:/). Des différences sont également observées au niveau de la pointe, légèrement abaissée pour la palatalisée (TTH, /ʃ/ > /ʃʲ:/), et au niveau de la lèvre supérieure, plus protruse pour /ʃ/.

La constriction pour /ʃʲ:/ est faite avec la lame et le prédorsum élevé dans la région (post)-alvéolaire (plus précisément lamino-prédorso-(post)-alvéolaire) avec une forme linguale convexe au niveau du pré- et du médiodorsum et sans un double lieu d'articulation comme suggéré à l'EMA. Pour /ʃ/ on observe une forme

bombée au niveau du dorsum et une constriction faite avec la pointe dans la région alvéolaire. Cette consonne peut être qualifiée comme ayant un double lieu articulaire apico-alvéolaire et dorso-palatal. Les lèvres ont une forme protruse pour les deux consonnes.

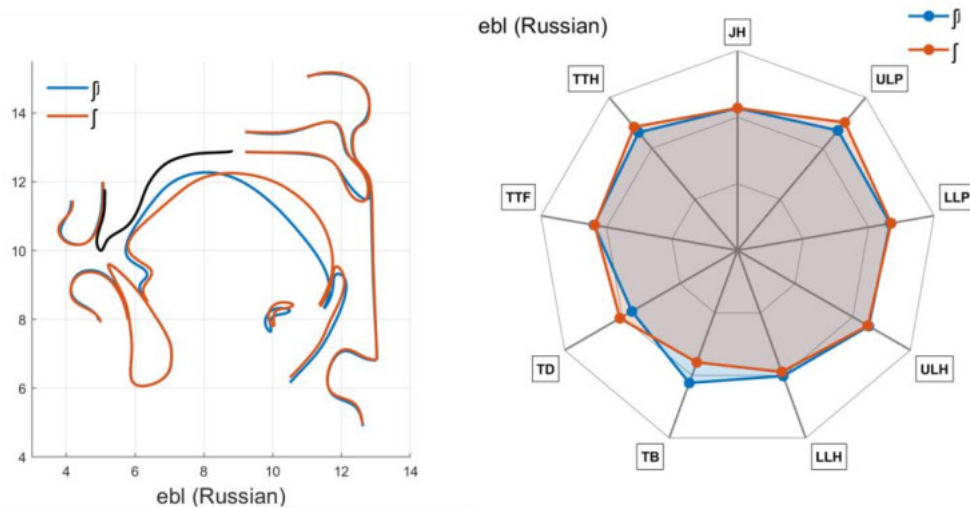


Figure 58 : Contours moyens superposés (à gauche) et graphique de type radar avec les paramètres articulatoires (à droite) pour les fricatives palatalisée /ʃ:/ (en bleu) vs palato-alvéolaire non palatalisée /ʃ/ (en rouge) pour le locuteur EBL.

6.2.3. /tʃ/

Rappelons que deux enregistrements ont été effectués pour cette consonne, un pendant la phase d'occlusion et un autre pendant la phase de friction.

La figure radar (cf. Figure 59) pour les deux segments montre les principales différences entre /tʃ/ et [t] de /tʃ/. Elles se situent au niveau du paramètre articulatoire TB associé au mouvement du corps de la langue porté légèrement plus vers l'avant pour /tʃ/ (TB, [t] de /tʃ/ < /tʃ/), mais aussi au niveau de TTF (avancement) et de TTH (hauteur de la pointe un peu plus rétractée pour [t] dans /tʃ/ (TTF, [t] de /tʃ/ < /tʃ/) et plus basse pour /tʃ/ (TTH, [t] de /tʃ/ > /tʃ/)). La mandibule est plus haute pour [t] de /tʃ/ (JH, [t] de /tʃ/ >> /tʃ/). Globalement, les contours pour la production de /tʃ/ et pour celle de [t] dans /tʃ/ sont de forme semblable (cf. Figure 59) indiquant le même lieu d'articulation dans la région alvéolaire. Toutefois, le corps de la langue ainsi que la pointe sont légèrement plus antérieurs pour /tʃ/ tandis que le dorsum est plus bombé pour [t] dans /tʃ/. La pointe ne s'appuie pas contre les incisives inférieures comme pour /tʃ/ en laissant une petite cavité sublinguale.

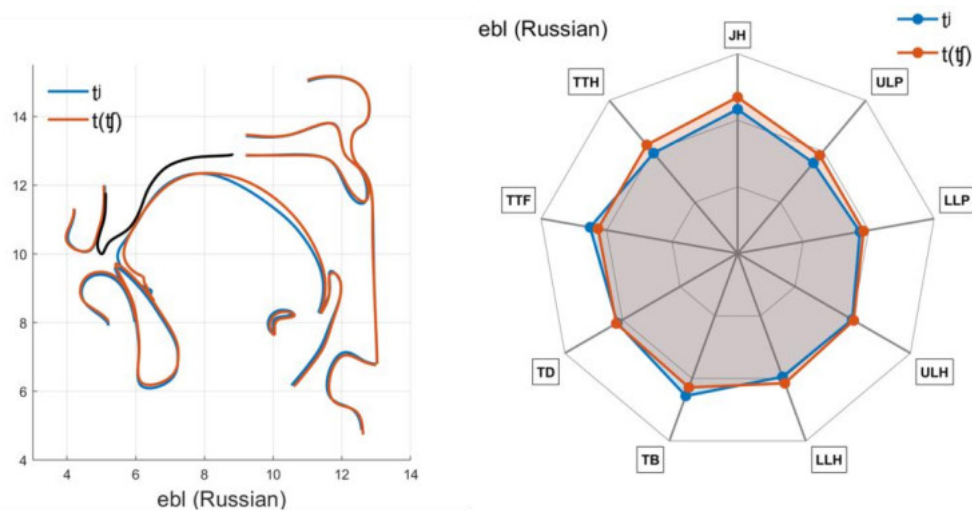


Figure 59 : Contours moyens superposés (à gauche) et graphique de type radar avec les paramètres articulatoires (à droite) pour la plosive palatalisée /tʃ/ (en bleu) vs la phase plosive de l'affriquée /tʃ/ (en rouge) pour le locuteur EBL.

La phase fricative de /tʃ/ présente une configuration linguale qui coïncide avec celle de la consonne palato-alvéolaire palatalisée /ʃʲ:/ (décrite ci-dessus Figure 58) et non avec son équivalente non palatalisée /ʃ/ (cf. Figure 60). Les différences entre les productions de /ʃʲ:/ et [ʃ] de /tʃ/ sont relevées principalement au niveau des paramètres articulatoires ULP, la lèvre supérieure étant plus protruse pour [ʃ] de /tʃ/ (ULP, [ʃ] de /tʃ/ >> /ʃʲ:/), au niveau du paramètre TTF, la pointe de la langue apparaissant légèrement plus avancée pour [ʃ] de /tʃ/ (TTF, /ʃʲ:/ < [ʃ] de /tʃ/). La mandibule est plus haute pour /ʃʲ:/ (JH, [ʃ] de /tʃ/ < /ʃʲ:/) et la hauteur des deux lèvres est également légèrement plus supérieure pour la palatalisée (ULH et LLH, [ʃ] de /tʃ/ < /ʃʲ:/). En revanche, entre /ʃ/ et [ʃ] de /tʃ/, les différences sont trouvées au niveau des paramètres TB et TD, le corps de la langue étant plus avancé pour [ʃ] de /tʃ/ (TB, [ʃ] de /tʃ/ >> /ʃ/) et le dos de la langue plus bombé pour /ʃ/ (TD, [ʃ] de /tʃ/ < /ʃ/). Ces éléments montrent que la phase fricative de l'affriquée /tʃ/ présente en effet une configuration linguale plus semblable à celle de la consonne palato-alvéolaire palatalisée /ʃʲ:/ qu'à celle de /ʃ/.

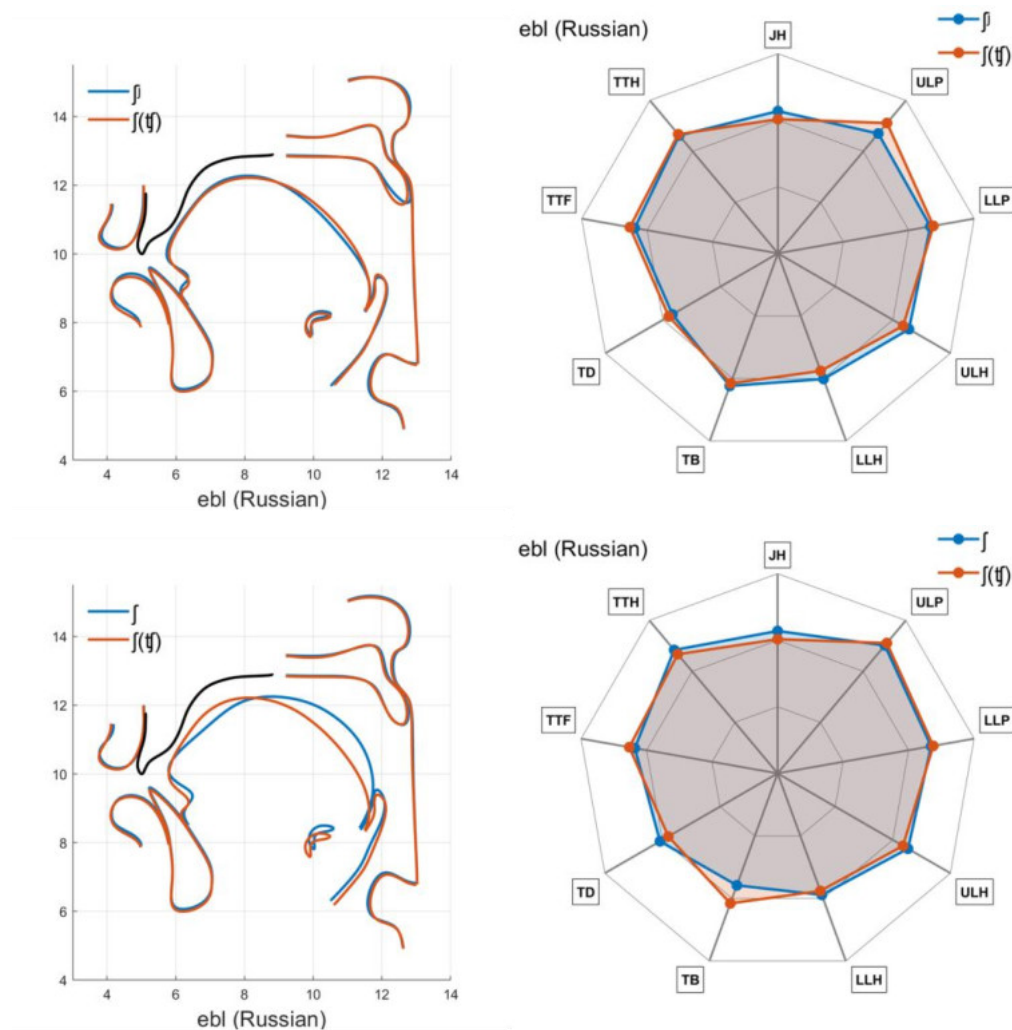


Figure 60 : Contours moyens superposés (à gauche) et graphique de type radar avec les paramètres articulatoires (à droite). En haut, la fricative palatalisée /jʲ:/ (en bleu) vs la phase fricative de l'affriquée /tʃ/ (en rouge), en bas, la fricative /ʃ/ (en bleu) vs la phase fricative de l'affriquée /tʃ/ (en rouge).

6.2.4. /p/ vs /pʲ/

Les contours moyens (Figure 61) de ces consonnes dans les cinq contextes vocaliques montrent que le corps de la langue est porté vers l'avant pour la palatalisée tandis que pour /p/ la langue est massée vers l'arrière de la cavité orale avec le dorsum bombé vers la région palato-vélaire. Les principales différences entre les deux plosives se situent au niveau des paramètres articulatoires TB et TD : (TB, /p/ << /pʲ/) et (TD, /p/ >> /pʲ/). En outre, la pointe est plus avancée pour la palatalisée (TTF, /p/ << /pʲ/), certainement une conséquence de l'avancement du corps lingual et de l'élévation de la partie antérieure de la langue ; cependant plus haute pour son équivalente non palatalisée (TTH, /p/ >> /pʲ/).

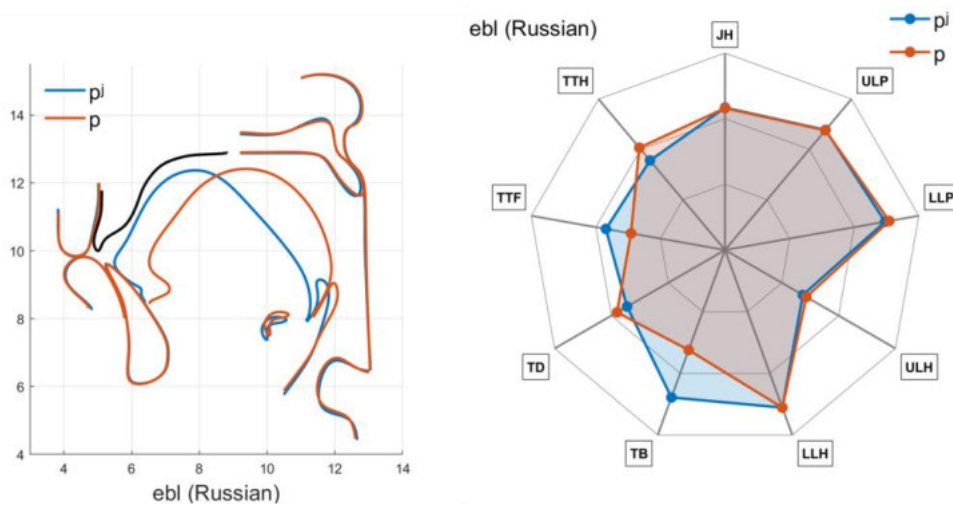


Figure 61 : Contours moyens superposés (à gauche) et graphique de type radar avec les paramètres articulatoires (à droite) pour la plosive labiale /p/ (en rouge) vs sa contrepartie palatalisée /pʲ/ (en bleu).

6.2.5. /pʲ/ vs /tʲ/

Concernant la comparaison des contours entre les plosives palatalisées de lieu articulaire différent labial et coronal, les données montrent une position similaire du corps de la langue pour les deux consonnes, la masse linguale étant avancée dans la cavité buccale (cf. Figure 62). Les graphiques indiquent que les différences entre les deux consonnes se trouvent au niveau des lèvres dont la protrusion est plus importante dans la réalisation moyenne de /pʲ/ ce qui est cohérent avec la tenue de l'occlusion (ULP, LLP, /tʲ/ << /pʲ/); au niveau des paramètres TD et TB, la langue est plus arrondie au niveau du dos pour /tʲ/ (TD, /pʲ/ << /tʲ/) et légèrement plus avancée pour /pʲ/ (TB, /tʲ/ < /pʲ/). La pointe est plus élevée et plus avancée pour la coronale (TTH, /pʲ/ << /tʲ/; TTF, /tʲ/ >> /pʲ/).

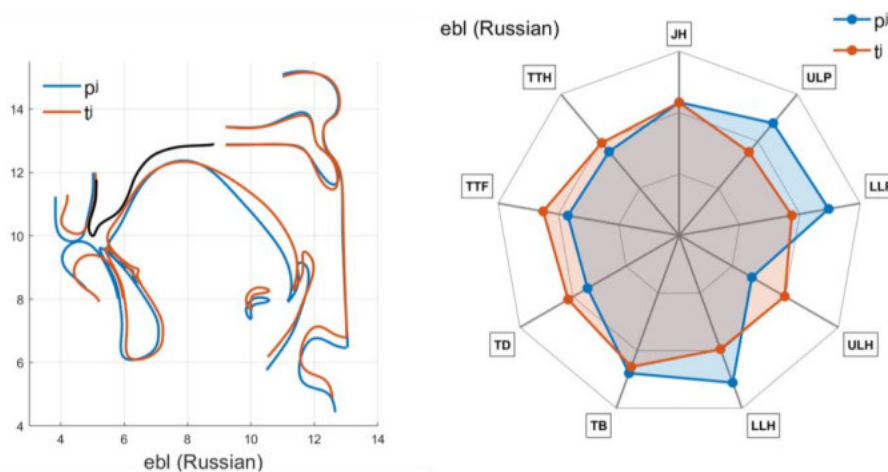


Figure 62 : Contours moyens superposés (à gauche) et graphique de type radar avec les paramètres articulatoires (à droite) pour les plosives palatalisées labiale /pʲ/ (en bleu) vs coronale /tʲ/ (en rouge).

6.2.6. /tʲ/ vs /j/

La comparaison des contours obtenus pour /tʲ/ et /j/, cette dernière décrite palatale, montrent que la constriction pour /j/, plus distribuée que pour /tʲ/, est formée par le médiadorsum dans la région pré-palatale tandis que la constriction est moins longue pour /tʲ/ avec un resserrement maximal au niveau de la lame et de la crête alvéolaire (cf. Figure 63). En outre, /j/ est bien palatale puisqu'elle combine les caractéristiques articulatoires propres aux consonnes palatales avec une constriction au niveau du dos de la langue et du palais dur, la pointe abaissée et rétractée avec une absence de cavité sublinguale. Concernant les différences au niveau des paramètres articulatoires pour les deux consonnes, celles-ci se situent au niveau de TTF, la pointe étant plus avancée pour /tʲ/ (TTF, /j/ << /tʲ/), également au niveau de TD et TB avec le dos de la langue plus convexe pour la coronale palatalisée (TD, /j/ < /tʲ/) et avec le corps de la langue plus avancé pour la palatale (TB, /tʲ/ < /j/). En outre, la mandibule est plus haute pour /tʲ/ (JH, /j/ << /tʲ/).

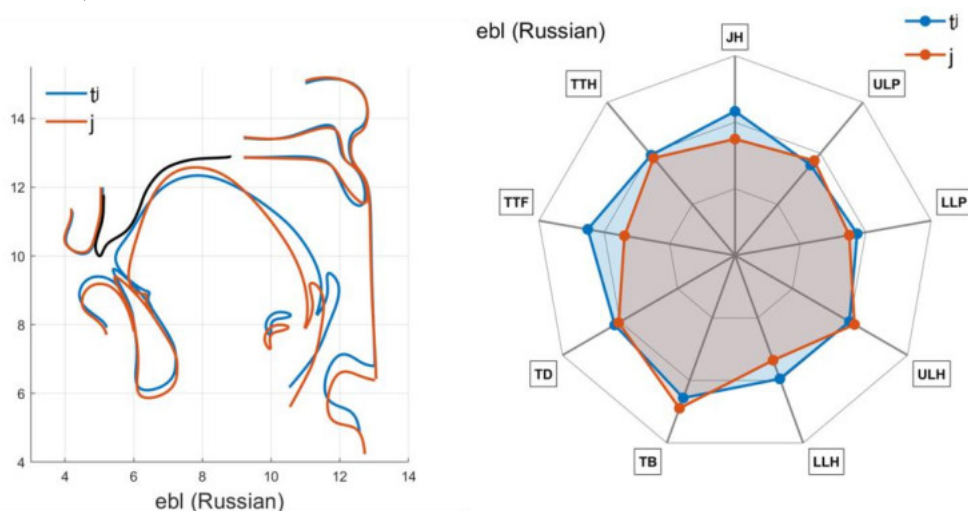


Figure 63 : Contours moyens superposés (à gauche) et graphique radar avec les paramètres articulatoires (à droite) pour la plosive palatalisée coronale /tʲ/ (en bleu) vs l'approximante palatale /j/ (en rouge).

6.2.7. /ʃʲ/ vs /j/

Les deux consonnes sont réalisées avec le corps de la langue avancé dans la cavité buccale (cf. Figure 64). On note l'absence de cavité sublinguale pour la palatale et présence de celle-ci pour la palatalisée. La constriction de /j/ est médiadorso-prépalatale, alors que celle de /ʃʲ/ est lamino-prédorso-alvéolaire avec la masse de la langue moins élevée vers le palais et légèrement moins antérieure que dans la production de /j/. Les principales différences au niveau des paramètres

articulatoires sont relevées au niveau de la pointe de la langue, plus avancée et plus élevée pour la fricative /ʃː/ (TTH et TTF, /j/ << /ʃː/), au niveau des paramètres TB avec le corps de la langue plus avancé pour /j/ (TB, /ʃː/ << /j/). La mandibule est plus relevée pour /ʃː/ (JH, /j/ << /ʃː/).

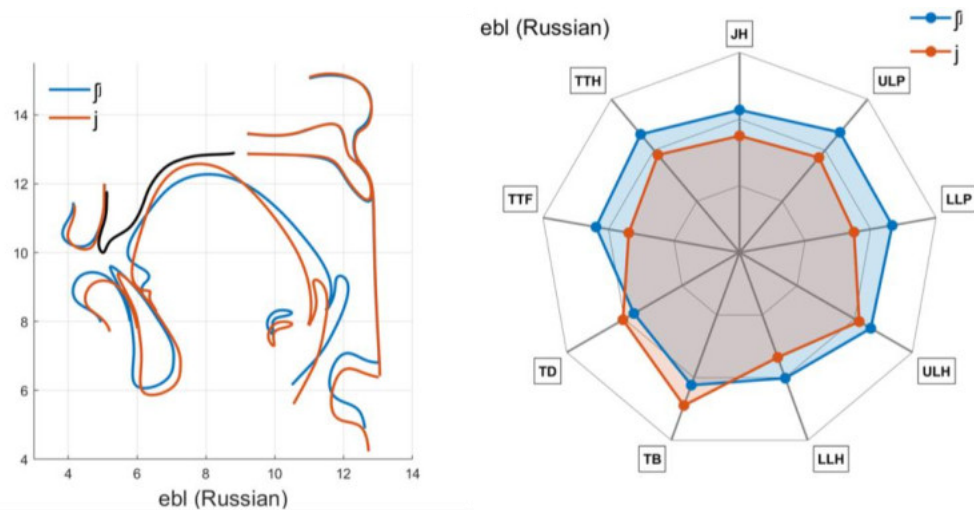


Figure 64 : Contours moyens superposés (à gauche) et graphique de type radar avec les paramètres articulatoires (à droite) pour la fricative palatalisée coronale /ʃː/ (en bleu) vs l'approximante palatale /j/ (en rouge).

6.2.8. /pʲ/ vs /j/

Le corps de la langue est dans une position similaire pour les deux consonnes (cf. Figure 65). Pour la labiale palatalisée, il n'existe pas de contrainte sur la partie antérieure de la langue comme pour les consonnes palatalisées /ʃː/ et /tʲ/ pour lesquelles la lame participe pour former le lieu d'articulation principal. En revanche, comme décrit précédemment, la pointe est abaissée et rétractée pour /j/. Le dos de la langue est légèrement plus convexe pour /j/ que pour /pʲ/. Ces observations sont portées par les paramètres articulatoires TB (/j/ = /pʲ/), TTF (/j/ < /pʲ/), TD (/j/ >> /pʲ/).

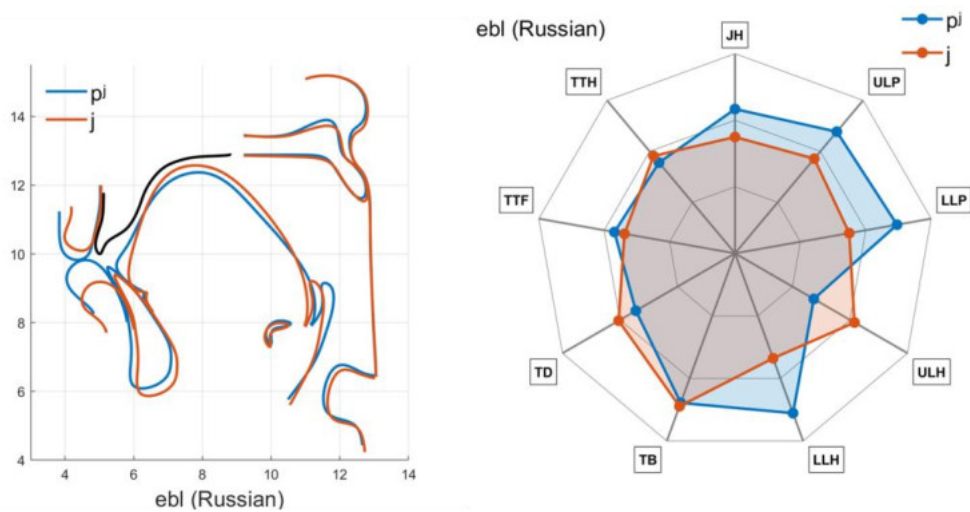


Figure 65 : Contours moyens superposés (à gauche) et graphique de type radar avec les paramètres articulatoires (à droite) pour la plosive palatalisée labiale /pʲ/ (en bleu) vs l'approximante palatale /j/ (en rouge).

6.3. DISCUSSION : QUELS APPORTS DE L'IRM ?

Cette section fait une comparaison, par consonne, des résultats obtenus dans les 3 expériences auxquelles le locuteur EBL a participé.

Les points de référence de l'EMA ont suggéré que la consonne /t/ a été réalisée apicale (ou apico-laminale) dans /tuk/ par ce locuteur à l'instant de l'atteinte de la cible consonantique déterminé par la position maximale de la pointe de la langue. Les positions des bobines TD_m et TD_b collées respectivement au niveau du médiodorsum et un peu plus en arrière de cette région linguale ont été trouvées plus élevées par rapport à celles de la partie antérieure de la langue (bobines TT et TB collées respectivement au niveau de la pointe et de la lame). Par ailleurs, les positions de ces dernières suggéraient que la pointe abaissée se dirigeait vers les incisives inférieures. Ces observations se sont trouvées confirmées par l'examen des données des configurations linguales obtenues pour /t/ réalisée par le même locuteur devant les voyelles /i a u e o/ dans les stimuli /tin/, /tap/, /tuk/, /test/ et /tok/ avec la technique d'imagerie par ultrasons. En effet, les contours linguaux récupérés au début du segment consonantique ont montré que la partie antérieure de la langue est abaissée par rapport à la position du dorsum de forme bombée et plus ou moins élevée et/ou rétracté en fonction du stimulus observé. Certaines configurations suggéraient d'ailleurs une vélarisation du segment coronal (ex. /tok/, /tuk/).

Le contour moyen pour la consonne /t/ en contexte des cinq voyelles de l'étude /i a u e o/ obtenu à partir des images IRM, confirme les informations

suggérées par les points de référence de l'EMA et les analyses conduites à partir des contours obtenus avec le système d'imagerie par l'ultrason.

La palatalisation dans /tʲ/ est produite grâce à une élévation du dos de la langue comme cela a été suggéré par la position verticale de la bobine TD_m de l'EMA pour l'occlusive palatalisée dans /tʲuk/ et /tʲap/ comparé à la position de la même bobine pour /t/ dans /tuk/. Concernant la position linguale au niveau de l'axe des abscisses, rappelons qu'aucune antériorisation du geste lingual n'a été suggérée par les bobines de référence pour ce locuteur. Les contours obtenus via l'imagerie par ultrasons montrent que pour la palatalisée /tʲ/ dans les mots /tʲin/, /tʲap/, /tʲuk/, /'tʲes.to/ et /tʲok/, le corps de la langue avance et s'élève dans la cavité buccale dès le début de la consonne et indépendamment du contexte vocalique. Les données IRM confirment ces observations.

Pour les consonnes fricatives /ʃ/ et /ʃʲ:/, dans les mots /ʃestʲ/, /ʃov/ et /ʃʲit/, /ʃʲelʲ/, nous avons observé à l'EMA un double lieu d'articulation, avec la première constriction formée par la pointe probablement dans la région dento-alvéolaire et la deuxième constriction réalisée par le dorsum au niveau de la région palato-vélaire pour /ʃ/ et dans une zone un peu plus antérieure pour la palatalisée /ʃʲ:/. Les positions des bobines placées sur la pointe et la lame étaient également plus antérieures pour /ʃʲ:/. Par ailleurs, les positions des bobines suggéraient une forme linguale creuse au niveau de la lame pour les deux consonnes. Les données obtenues via la technique des ultrasons et celles obtenues par la technique IRM n'ont pas confirmé l'observation concernant la forme concave au niveau de la partie antérieure de la langue. Les contours pour la consonne /ʃ/ dans les stimuli /ʃit/, /ʃolk/, /ʃestʲ/, récupérés à l'onset du segment, ont montré une variabilité au niveau de la forme linguale en fonction de la voyelle, /ʃ/ pouvant être qualifiée de dorso-palatale devant /i/ et /e/ (le médiodorsum étant élevé vers le palais) alors que le postdorsum est rétracté vers l'arrière et légèrement élevé devant /o/. Pour /ʃʲ:/ dans /ʃʲit/, /ʃʲolk/ et /ʃʲelʲ/, le corps de la langue était légèrement plus avancé devant /i/ et /e/ par rapport à /ʃ/ (le médiodorsum étant déjà élevé pour les deux consonnes), et devant /o/ on observait un avancement de la langue et une élévation du médiodorsum pour /ʃʲ:/ par rapport à /ʃ/ pour laquelle la langue avait une configuration globale assez aplatie.

Les contours moyens pour ces deux fricatives obtenus à partir des images IRM confirment les observations faites avec l'EMA et l'ultrason concernant l'avancement du corps de la langue pour la palatalisée /ʃʲ:/ par rapport à sa contrepartie non palatalisée.

Concernant l'affriquée palato-alvéolaire /tʃ/, dans /'tʃer.tʲi/ et /tʃem/, les données obtenues via l'EMA à l'instant de l'atteinte de la cible, qui correspondait à la phase d'occlusion de l'affriquée lorsque la pointe de la langue se trouvait dans sa

position maximale, suggéraient que la configuration linguale pour /tʃ/, obtenue à partir des quatre points de référence, est similaire à celle de la plosive palatalisée /tʃ/ décrite plus avant. Cette observation s'est trouvée confirmée par la forme du contour moyen sur les images IRM.

Les contours obtenus par la méthode des ultrasons montrent que les configurations linguales sont bien distinctes entre /p/ et /pʲ/. Comme pour toutes les autres palatalisées observées, le corps de langue avance dans la cavité buccale pour /pʲ/, indépendamment du contexte vocalique droit, tandis que pour /p/ la configuration linguale semble varier en fonction de la voyelle, avec le dos de la langue se dirigeant vers le haut, et pas tant vers l'arrière, surtout devant les voyelles postérieures. Les données IRM confirment ces observations.

En ce qui concerne la comparaison des données IRM des palatalisées /pʲ tʃʲ/ avec /j/, produit avec le pré- et le médiodorsum dans la région pré-palatale, des différences sont observées en fonction du lieu d'articulation de la consonne palatalisée. Ainsi, pour /pʲ/ et /j/, le corps de la langue est dans une position similaire du fait de l'indépendance du corps de la langue par rapport à l'articulation primaire labiale dans /pʲ/ et il n'existe donc pas de contrainte sur la partie antérieure de la langue comme pour les coronales palatalisées /tʃʲ/ et /tʃ/ pour lesquelles la lame participe pour former la constriction primaire. Ceci reste cohérent avec les observations faites par Kochetov (2002) concernant une diminution de l'amplitude du geste secondaire palatal dans /pʲ/ en finale comparable à celle du geste palatal primaire dans /j/. En revanche, cette diminution n'affecte pas le corps de la langue de /tʃ/ parce que le geste du corps est couplé au geste principal de la pointe et/ou de la lame (cf. section 4.4).

Rappelons que dans l'analyse basée sur une méthode de clustering des contours obtenus avec le système USI, une proportion importante de contours appartenant aux consonnes palatalisées (pourtant de lieux différents) a été regroupée ensemble à l'atteinte de la cible consonantique, ce qui suggère que les palatalisées partagent le même type de geste linguo-palatal. Toutefois, pour la plosive labiale palatalisée, la langue semble être plus avancée et pour la coronale palatalisée la langue a une forme plus convexe au niveau du dorsum. Cela est probablement lié au fait que pour cette dernière, la lame est impliquée pour produire une occlusion dans la région alvéolaire ce qui exige une certaine stabilité au niveau de la partie antérieure de la langue et empêche l'avancement plus important du dorsum tandis que pour la labiale la langue ne participe pas dans l'articulation primaire.

Ainsi, la technique d'IRM permet une vision d'ensemble du conduit vocal et présente de ce fait des avantages par rapport aux techniques d'articulographie électromagnétique ou d'imagerie par ultrasons. Rappelons qu'il s'agit de l'IRM

statique et que la consigne donnée était de maintenir les articulateurs dans la position de la cible consonantique durant 8 secondes lors la phase d'acquisition de la production ce qui résultait en une tenue d'une durée bien au-delà de celle observable à un débit de parole normal. La différence de force articuloire pendant la tenue de la consonne aurait pu induire des gestes linguaux différents. Notons, toutefois, que les deux techniques EMA et USI (avec leurs limites) nous ont suggéré des informations fiables (confirmées par l'IRM) sauf dans le cas de la forme linguale entre 2 bobines EMA pour les consonnes /ʃ/ et /ʃ^h/. Pour ces deux consonnes, cela provient peut-être de la tenue articuloire prolongée. Les différents systèmes de capture de données articuloires, complémentaires dans la mesure où les informations collectées sont différentes et se complètent, impactent donc peu ou pas les résultats obtenus pour ce qui concerne les productions consonantiques qui ont fait l'objet de cette étude et pour la problématique traitée.

6.3.1. Effet de la coarticulation

On s'attendait à ce que les consonnes palatalisées soient relativement résistantes à la coarticulation (cf. section 5.1) et que, en revanche, les consonnes non palatalisées labiales et coronales soient plus sensibles à la coarticulation. L'examen quantitatif de la variance par articulateur a révélé quelques tendances générales attendues. Comme le montre la Figure 66, dans la plupart des cas, le locuteur a produit les deux palatalisées occlusives, labiale /p^h/ et coronale /t^h/, et la fricative coronale /ʃ^h/, avec un contour lingual relativement stable présentant très peu de variabilité notamment au niveau de l'occlusion lamino-prédorso-alvéolaire. Pour l'affriquée /tʃ^h/, peu de variabilité a été observée dans la région lamino-alvéolaire lors de la phase d'occlusion, comme pour /t^h/, et lors de la phase de friction, comme pour /ʃ^h/. En revanche, pour /tʃ^h/, la variabilité augmente au niveau du postdorsum par rapport aux deux autres consonnes. La palatalisation phonologique semble être un trait inhérent de la consonne et non une propagation du contexte phonétique spécifique. D'après la littérature (ex. Recasens & Espinosa, 2009 ; Recasens & Rodriguez, 2016), en catalan, les consonnes dont la constriction est formée avec la lame et le prédorsum /ʎ, ɲ, ʝ/ sont plus résistantes à la coarticulation avec la voyelle qui suit en raison de la contraction du génioglosse qui implique un avancement et une élévation du corps de la langue dans la cavité buccale, plutôt que l'élévation de la pointe et de la lame impliquées dans la production de consonnes dento-alvéolaires. La production des palatalisées en russe se caractérise par la présence d'un rétrécissement dans la région alvéolaire ou alvéo-pré-palatale formé par la partie antérieure de la langue impliquant les deux zones linguales mentionnées avec la configuration pour la pointe abaissée vers les incisives inférieures –

conséquences de l'avancement et de l'élévation du corps lingual qui, comme pour les alvéopalatales en catalan, peut être mis en mouvement par l'action du génio-glosse. Selon Öhman (1966), en russe, la palatalisation provoque l'activation des « muscles vocaliques » qui reçoivent la commande [i] ce qui, d'après lui, doit bloquer la coarticulation avec la voyelle qui suit. Notons que c'est l'activation des fibres postérieures du génio-glosse, recrutées dans l'exécution du geste linguo-palatal de la voyelle /i/, qui permet d'avancer le corps de la langue ce qui a comme conséquence l'élargissement de la cavité pharyngale. Celles-ci participent également à l'élévation légère de la partie laminaire de la langue qui se rapproche la région alvéolaire. Ces modifications affectent le corps lingual tandis que la pointe reste indépendante (Buchillard, 2007). Ainsi, le génio-glosse activé pour les palatalisées de notre étude générerait la mise en place du geste linguo-palatal lequel, du fait que cela implique une forte contrainte sur le corps de la langue, semble bloquer la coarticulation avec la voyelle qui suit. Enfin, la palatale /j/ présente une variabilité très faible au niveau de tout le contour lingual (cf. Figure 67). Ainsi, peu de coarticulation avec la voyelle qui suit viendrait, en effet, du geste de constriction palatale.

Les non-palatalisées, en revanche, ont été produites avec une variation beaucoup plus importante. En effet, les figures réalisées à partir des données IRM montrent que /p/ présente une variabilité liée au contexte vocalique qui impacte toutes les régions linguales. La langue n'étant pas impliquée dans l'articulation principale pour la labiale, elle assimile de fait plus facilement la cible linguale de la voyelle qui suit. Autrement dit, l'anticipation du geste vocalique est possible car il ne gêne pas la réalisation articulatoire et acoustique de la consonne. Pour /t/, la langue est stable dans la région laminaire qui réalise l'occlusion soustendant une contrainte forte du geste lingual dans la région lamino-alvéolaire. La variabilité augmente au niveau de la racine ce que nous avons également observé dans l'étude précédente avec la technique USI. Pour /ʃ/, la langue présente un contour stable au niveau du lieu de constriction lamino-alvéolaire avec plus de variabilité observée au niveau du dorsum.

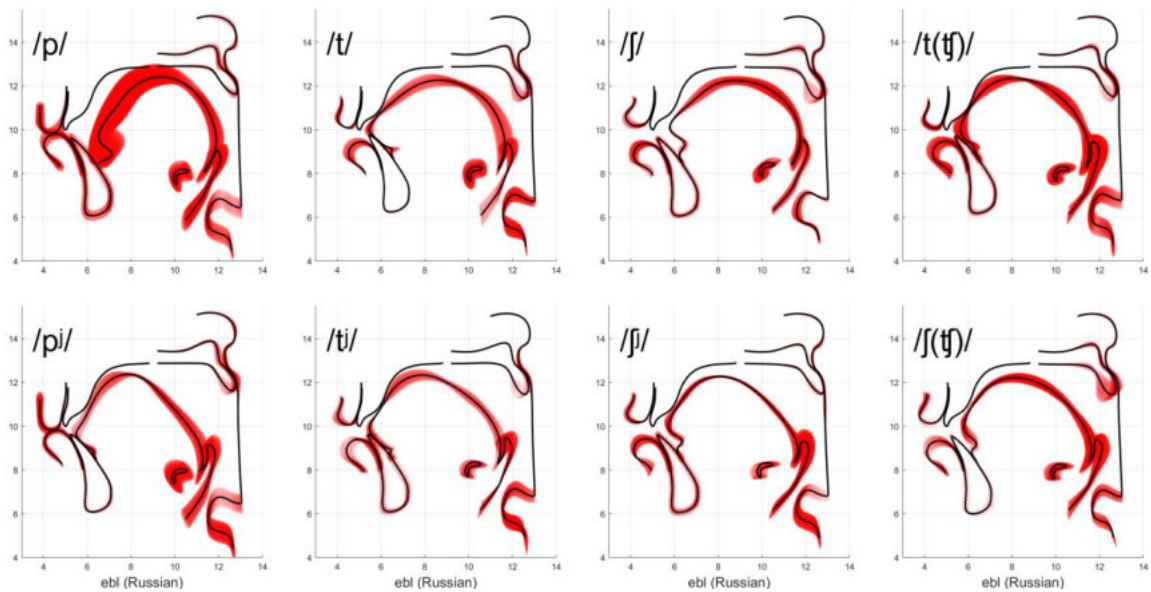


Figure 66 : Contours moyens pour les consonnes /p/ vs /pʲ/, /t/ vs /tʲ/, /ʃ/ vs /ʃʲ/, [t] de /tʃ/ et [ʃ] de /tʃ/ produites par le locuteur EBL. Les intervalles en rouge correspondent aux ellipses de dispersion tracées à 2 écarts-types de part et d'autre du contour moyen.

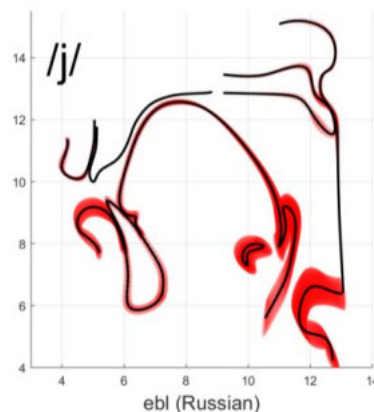


Figure 67 : Contour moyen pour l'approximante /j/ produite par le locuteur EBL. Les intervalles en rouge correspondent aux ellipses de dispersion tracées à 2 écarts-types de part et d'autre du contour moyen.

Le chapitre 7, suivant et dernier, est consacré à une discussion générale sur les aspects phonétiques et phonologiques des C [+palatal], de leur caractérisation phonétique à leur implémentation dans des modèles de la phonologie.

7. DISCUSSION GENERALE, CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Dans ce travail de recherche, nous avons cherché à caractériser le geste linguo-palatal en nous attachant à décrire et à analyser la variabilité de ce geste entre différents types de consonnes du russe en suggérant que celui-ci pourrait, au-delà de ses propriétés en phonétique et en phonologie, rendre compte du concept de complexité articulatoire et refléter des aspects du contrôle moteur de la parole. Outre le type consonantique, les facteurs de variation locuteur, accent lexical et position intrasyllabique ont été considérés. Trois études expérimentales complémentaires ont été réalisées, en laboratoire et sur le terrain, auprès de locuteurs russophones natifs. Rappelons que la première étude a consisté à acquérir des données de neuf locuteurs avec un système d'articulographie électromagnétique 2D afin d'examiner précisément la forme du geste linguo-palatal et sa dynamique en fonction des trois facteurs de variation et en mesurant le déplacement de quatre régions linguales grâce à 4 bobines électromagnétiques collées au niveau de la ligne sagittale. La deuxième étude avait pour objet de recueillir, sur leur lieu de vie en Russie, des données articulatoires de trente locuteurs natifs monolingues, sans autre expérience linguistique quotidienne que leur langue maternelle, afin de mieux cerner la variabilité du geste linguo-palatal dans les dimensions diatopique et individuelle. Pour cette étude, la technique d'imagerie par ultrasons a été utilisée. La troisième étude est une analyse d'un corpus monolocuteur d'images d'IRM anatomique constitué des productions d'une locutrice qui a participé aux deux premières expériences. Ainsi, le geste linguo-palatal d'un individu a pu être examiné et comparé en utilisant les trois techniques d'acquisition de données articulatoires. La partie expérimentale de ce travail a été précédée d'une étude sur la phonotaxe du russe. Menée à partir de l'analyse d'un lexique de 15 000 lemmes phonologisés et syllabés de première main, elle a permis d'actualiser les fréquences d'occurrences et tendances distributionnelles des consonnes non palatalisées, palatalisées et palato-alvéolaires du russe et de les analyser dans le cadre de la théorie de la marque.

Les résultats obtenus montrent que les différentes techniques de capture de données articulatoires utilisées impactent peu les résultats pour ce qui concerne les productions consonantiques qui ont fait l'objet de ce travail. En effet, les techniques EMA et USI, certes avec leurs limites respectives, ont suggéré des informations fiables et confirmées par les données d'IRM anatomique recueillies pour une locutrice.

De manière générale, pour l'ensemble des locuteurs, indépendamment du lieu consonantique et dans les différentes distributions considérées ici (attaque/coda syllabique, accentuée/atone), la réalisation du contraste palatalisé *vs* non palatalisé implique que la langue se place dans une position plus élevée et plus avancée pour un segment palatalisé. Le geste linguo-palatal peut alors être défini

comme un mouvement en oblique du corps lingual, vers le haut et vers l'avant de la cavité buccale, qui élève le dos de la langue, probablement simultanément avec la lame, vers la région (post)alvéo-pré-palatale. La production des palatalisées se caractérise également par un rétrécissement dans la région alvéo-pré-palatale formé par la partie antérieure de la langue, de forme convexe, avec la configuration apex abaissé vers les incisives inférieures que nous déterminons comme une conséquence de l'avancement et de l'élévation du corps lingual.

Nos observations s'accordent avec celles faites sur les palatalisées du russe ou d'autres langues par Skalozub (1963), Matusevich (1976), Ladefoged & Maddieson (1996), Kochetov (2002), Kedrova et al. (2008), Bennett et al. (2018), Bennett et al. (2018), Sung et al. (2013). Cependant, nos résultats apportent une précision à la définition traditionnelle de *palatalisation* décrite comme une *modification de l'articulation d'un segment consonantique ou vocalique lorsque le dos de la langue se rapproche du palais dur* (ex. Straka, 1965). En effet, la palatalisation est avant tout portée par le geste du corps de la langue car toute la masse linguale se trouve recrutée et propulsée vers l'avant de la cavité orale et, comme déjà souligné par Kedrova et al. (2008), concernant la réalisation des consonnes plosives et fricatives palatalisées du russe, une élévation importante et un avancement du dorsum avec un élargissement du pharynx sont des conséquences de ladite projection. Les palatalisées de différents lieux ont donc en commun ce geste lingual.

Le Geste que l'on peut catégoriser comme « linguo-palatal » et qui, en termes de la Phonologie Articulatoire, est une action de constriction du corps de la langue avec les variables du conduit vocal spécifiées pour une constriction étroite dans la région pré-palatale, constitue le mouvement inhérent à la palatalisation. Ce geste serait probablement en lien avec les propriétés intrinsèques des fibres antérieures et postérieures du muscle génioglosse qui permettent de générer le mouvement de projection du corps lingual et d'incurver la partie antérieure ou antéro-médiane de la langue en tirant la pointe vers le bas en synergie avec le lingual inférieur (cf. Miyawaki, 1974 ; Perkell, 1974 ; Perrier et al., 2003 ; Stone et al., 2004). Ainsi, l'ensemble des fibres postérieures du génioglosse propulse le corps de la langue vers l'avant (Buchillard, 2007) ce qui a comme conséquence un accroissement de la cavité pharyngale. L'activation du transverse contraint un élargissement trop important de la langue suite à la contraction du génioglosse postérieur. Enfin, l'activation du génioglosse antérieur limite l'élévation de la langue dans la région alvéolaire. En conséquence, l'apex se trouve en contact avec la face arrière des incisives inférieures (ibid.).

Le geste de palatalisation a souvent été décrit comme celui présent dans la production de la voyelle [i] ou du glide palatal [j] (ex. Keating, 1988 ; Ladefoged & Maddieson, 1996) dont l'articulation implique également une forte activation du génioglosse (Buchillard, 2007). Selon Öhman (1966), en russe, la palatalisation

excite les « muscles vocaliques » qui reçoivent la commande [i] et bloquent, de ce seul fait, la coarticulation avec la voyelle qui suit. En effet, ces muscles qui provoquent généralement les déplacements du corps de la langue dans le but de réaliser un son vocalique, comme ils sont engagés dans une articulation consonantique dans le cas d'une palatalisée, ils exerceraient une contrainte forte sur ces déplacements et pourraient donc gêner ou freiner l'anticipation de la voyelle suivante. Cela rejoint la proposition de Keating (1985) qui place l'articulation secondaire du corps de la langue pour les consonnes du russe sur la couche fonctionnelle des voyelles. De même, d'après Recasens & Espinosa (2009) puis Recasens & Rodriguez (2016), les consonnes alvéopalatales du catalan, dont la constriction est formée avec la lame et le prédorsum, résisteraient à la coarticulation avec la voyelle suivante en raison de la contraction du génio-glosse qui implique un avancement et une élévation du corps de la langue plutôt que l'élévation de la pointe et de la lame impliquées dans la production de consonnes dento-alvéolaires. Ainsi le génio-glosse, qui semble être sollicité pour la réalisation des consonnes palatalisées, générerait la mise en place du geste linguo-palatal qui, du fait que cela implique une forte contrainte sur le corps de la langue, bloquerait la coarticulation avec la voyelle qui suit. Ajoutons que dans notre étude IRM, la palatale /j/ présente une variabilité très faible au niveau de tout le contour lingual (cf. section 6.3.1). Le peu de coarticulation avec le contexte pourrait en effet provenir du geste de constriction palatale ce qui confirme notre hypothèse concernant la résistance des consonnes palatalisées à la coarticulation due au recrutement du génio-glosse.

Une action similaire du corps de la langue est donc observée pour les consonnes [+palatal] /tʲ, tʃ, ʃʲ, pʲ, j/ concernées par notre recherche. Remarquons toutefois que pour les coronales /tʲ, tʃ, ʃʲ/, il existe une forte contrainte sur la région apicale et/ou laminaire qui participent à former une constriction primaire derrière les alvéoles, ce qui exige une certaine précision et stabilité au niveau de la partie linguale concernée par le geste d'occlusion ou de resserrement, empêchant l'avancement plus important du corps de la langue impliqué dans la production du geste linguo-palatal pour ces consonnes. Pour la plosive labiale palatalisée /pʲ/ et pour le glide palatal /j/, cette contrainte n'existe pas du fait de l'indépendance du corps de la langue par rapport à l'articulation principale labiale pour /pʲ/ d'une part et du fait que la pointe, ainsi que la partie antérieure de la lame, ne sont pas impliquées dans la production de /j/ d'autre part (pointe et lame sont passives, en position basse derrière les incisives inférieures de manière à ce qu'il n'existe pas de cavité sublaminale). En conséquence, le corps de la langue est observé dans une position plus antérieure pour /pʲ/ et /j/ car rien ne contraint le mouvement de protrusion de la langue vers l'avant de la cavité buccale.

Les différences articulatoires que nous avons observées entre les obstruantes /tʃ, tʃʰ, tʃʰ:/ plus le yod devraient provenir d'une activité musculaire nuancée qui sous-tend l'exécution du geste linguo-palatal. Ainsi, pour l'ensemble des consonnes avec le trait [+palatal], nos résultats suggèrent une activation coordonnée des deux séries de fibres (antérieure et postérieure) du muscle génioglosse permettant une stabilisation du corps de la langue et notamment, comme le souligne Stone (1991), par les appuis des bords latéraux de la langue contre le palais dur. Les résultats de son étude l'ont conduite à proposer que les contacts palataux pouvaient être utilisés par les locuteurs pour stabiliser le positionnement de la langue dans des productions consonantiques mais également dans celles de voyelles comme [i] qui impliquent un large contact de la langue avec le palais. Dans le cas des trois coronales /tʃ, tʃʰ, tʃʰ:/, l'activation du transverse (et, plus précisément, de sa partie fonctionnelle antérieure) pourrait retenir le geste du corps lingual limitant son amplitude (ce dernier étant couplé avec la pointe) et ainsi permettre le contrôle précis du lieu d'articulation dans la cavité buccale, notamment en rétrécissant la langue et en contribuant à former le chenal central pour les fricatives (ex. Buchaillard, 2007 ; Marshal, 2007). Dans les cas de /pʃ/ et /j/, le rôle du transverse serait de limiter l'élargissement latéral de la langue provoqué par l'activation du génioglosse postérieur.

Ce scénario est conforme aux résultats de l'étude de Stone et al. (2004) qui leur ont permis d'identifier deux unités fonctionnelles du transverse. En effet, leur étude a montré que la partie postéro-inférieure du transverse est recrutée dans les mouvements de rétraction de la langue et qu'elle agit en opposition avec le génioglosse postérieur recruté dans le mouvement de protrusion linguale. Ainsi, nous proposons que ces muscles, dont l'action est antagoniste (Saigusa et al., 2004 cité par Buchaillard, 2007 ; Stone et al., 2004), sont activés lors de la production des deux fricatives /f/ et /fʰ/ : le génioglosse postérieur serait en contraction pour produire la seconde et c'est la partie postérieure du transverse qui serait active et tirerait le dos de la langue vers l'arrière en rétrécissant le pharynx dans l'articulation de la première.

Les analyses que nous avons menées sur les données articulographiques indiquent clairement que les coronales palatalisées ont été produites à partir d'une superposition de deux constriction, primaire et secondaire, formées successivement dans un laps de temps de 30 ms en moyenne lorsque la consonne est en attaque des syllabes accentuées ou atones. Ce résultat rejoint des descriptions phonétiques plus générales concernant ce type de consonnes et exposées dans la littérature (ex. Ladefoged & Maddieson, 1996 ; Recasens & Romero, 1997 ; Kochetov, 2002). En ajoutant une articulation supplémentaire à une articulation

primaire (ici le lieu d'articulation des coronales), les palatalisées produites dans le cadre de l'étude EMA correspondent donc à des articulations élaborées (Lindblom & Maddieson, 1988). L'analyse de la dynamique linguale qui a porté sur les différences de timing du geste linguo-palatal relevé au niveau des 4 bobines selon la position attaque ou coda en syllabe accentuée ou atone, a montré un écart temporel significatif entre les articulations principale et secondaire pour la palatalisée /tʲ/, l'élévation du dorsum succédant au geste de fermeture apicale ou apico-laminale pour les modalités Accent*Onset et Atone*Onset. Ce résultat a permis de valider l'hypothèse d'un décalage temporel entre les gestes primaire et secondaire lors de la production d'une palatalisée. En revanche, les deux gestes ont été trouvés synchrones dans la modalité Accent*Coda, résultat qui va à l'encontre de notre hypothèse concernant les différences attendues dans le timing du geste lingual en fonction des positions initiale *vs* finale de syllabe et d'après laquelle les gestes correspondant à une attaque seraient plus synchrones, alors qu'en coda ils seraient plutôt séquentiels et lancés successivement. Cette hypothèse avait été formulée à partir des travaux de la phonologie articulatoire (ex. Browman & Golstein, 1988, 1995 ; Byrd, 1995) qui décrivent des organisations temporelles et modélisent des partitions gestuelles, au niveau de la syllabe, en phase (*in phase*), pour ce qui est des articulations pré-vocaliques, et déphasées (*out of phase*), pour les articulations post-vocaliques.

De manière générale, nos analyses indiquent donc que les différentes parties de la langue sont activées de façon plus synchrones en coda. L'affaiblissement articulatoire consisterait donc non pas en une réduction de l'amplitude des gestes linguaux en position finale de syllabe (Browman & Goldstein, 1995 ; Kingston, 2008) mais à niveler les différences dans la dynamique du geste lingual ou une coopération des différentes régions de la langue. Il se peut qu'une coopération plus étroite des différentes parties de la langue résulte en un coût articulatoire moindre en raison de moins d'activation musculaire et/ou moins de contrôle de timing. L'explication pourrait être trouvée dans le fait que les exigences de distinctivité spécifiques à une langue peuvent avoir des conséquences sur les patrons de coordinations. Concernant ce dernier point, insistons une fois de plus sur l'étude de Kochetov (2006b) qui a examiné la coordination des Gestes labial et du corps lingual dans /pʲ/ en initiale et en finale de syllabe et a comparé les patrons de coordinations obtenus avec ceux trouvés pour /p/ et /j/ dans /pj/ et /jp/ (cf. sections 1.6.3 et 4.4). Rappelons que les résultats ont révélé que dans /pj/, le geste d'élévation du corps lingual impliqué dans la production du glide suit celui de fermeture labiale, mais précède ce dernier dans /jp/. Ces observations sur la coordination des gestes articulatoires dans les séquences /pj/ *vs* /jp/ en russe vont dans le sens de celles faites par Browman & Goldstein (1995), Fougeron & Keating

(1997) ou encore Gick (1999). En revanche, l'organisation temporelle des gestes a été trouvée différente pour la palatalisée /pʲ/ pour laquelle (1) l'écart temporel entre les Gestes labial et du corps de la langue en attaque et en coda est inférieur par rapport à celui mesuré dans /pj/ et /jp/ ; (2) les deux gestes sont quasi synchrones en finale de syllabe alors qu'en attaque, le corps de la langue atteint sa position maximale après le geste de fermeture labiale. Ainsi, l'organisation temporelle observée dans /pʲ/ ne présente pas le même schéma que celle de /l/ de l'anglais. En effet, l'articulation de la labiale palatalisée en russe implique deux gestes synchrones en position de coda plutôt qu'en position d'attaque dans laquelle le geste plus ouvert est en retard sur le plus fermé. Ces observations montrent que /pʲ/ et /pj/ ont des patrons temporels distincts et que le retard de plus de 60-70 ms pour l'atteinte de sa cible par le corps lingual dans la position initiale peut provoquer une confusion de la consonne palatalisée dans [pʲa] avec [pʲja] ; de même, une avance de plus de 20 à 30 ms du geste du corps de la langue sur le geste labial en position coda peut provoquer une confusion de la consonne palatalisée dans [apʲ] avec [ajp] (Kochetov, 2006b). Ainsi, en russe, en raison des contraintes de distinctivité perceptive, des segments consonantiques impliquant un geste linguo-palatal présenteraient des schémas distincts de synchronisation entre les gestes articulatoires.

Les résultats que nous avons obtenus peuvent être formalisés comme suit dans le cadre de la Phonologie Articulatoire : la complexité des consonnes palatalisées, au moins pour celles de lieu labial et dental, se manifeste par le fait que leurs représentations intègrent deux Gestes articulatoires, un Geste primaire, labial ou de la pointe de la langue, accompagnés d'un Geste supplémentaire du corps de la langue associé à la palatalisation. Le modèle permet de représenter des segments complexes décrits par deux constriction et de spécifier l'organisation temporelle et le chevauchement articulatoire des deux Gestes. Nos observations sont modélisées pour la consonne /tʲ/ dans les deux partitions suivantes Figure 68.

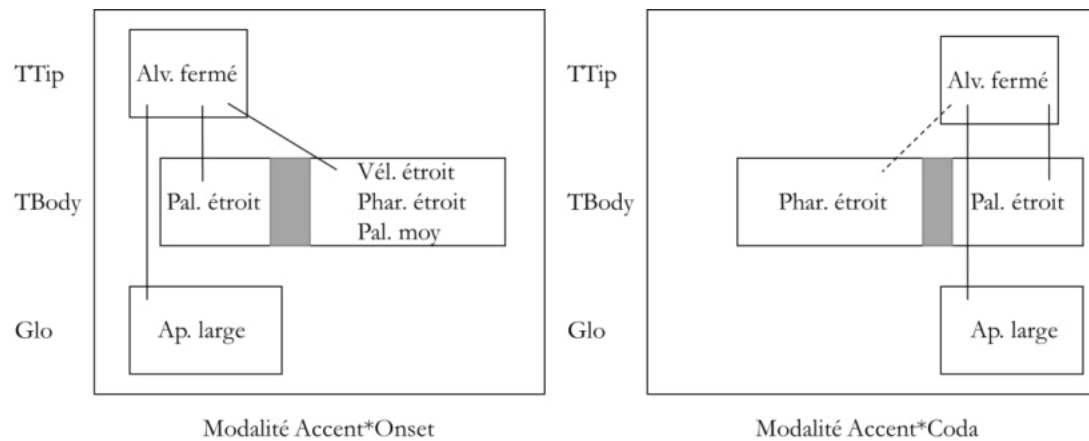


Figure 68 : Partitions gestuelles pour la palatalisée /tj/ dans les mots /tjuk/, /tjap/ et /'tɛ.lo/ suivie des voyelles /u/, /a/ et /e/ dans la modalité Accent*Onset (à gauche) et dans le mot /matj/ après la voyelle /a/ dans la modalité Accent*Coda (à droite). La ligne continue représente un couplage en phase et la ligne discontinue représente les gestes en anti phase.

Premièrement, et suite à l'organisation temporelle observée dans notre étude, la modélisation de gauche montre que pour /tj/ le Geste du corps de la langue (TBody), associé à la palatalisation, démarre après le Geste d'occlusion alvéolaire formée par la pointe et/ou la lame (TTip). Deuxièmement, lorsque deux Gestes, (1) linguo-palatal et (2) vocalique partagent les mêmes variables du conduit vocal, mais spécifiées différemment, les structures coordinatives de chacun de ces Gestes vont être contraintes à s'adapter à deux cibles articulaires différentes, palatale et vocalique. La compétition entre ces deux cibles a comme conséquence une modification de la trajectoire du Geste vocalique. Ce cas de figure est matérialisé en gris dans la Figure 68 et peut être interprété comme une antériorisation de l'articulation de la voyelle en contexte de consonne palatalisée qui la précède. Cette proposition de modélisation est en accord avec des études qui ont permis de caractériser les changements subis par les segments vocaliques dans le flux de parole et de les identifier en tant qu'assimilation (ex. Matusevich, 1976 ; Panov, 1979 ; Shamanova & Talitskaja, 2018). Il s'agit d'un processus qui provoque l'antériorisation de la voyelle centrale /a/ et des deux voyelles postérieures arrondies /o/ et /u/ en position accentuée et sous l'influence de consonnes palatalisées adjacentes, accompagnée d'une diminution du degré d'aperture (1) au début du segment vocalique, comme dans les stimuli /t'jap/ et /t'juk/, (2) à la fin comme dans /matj/, ou (3) tout au long de sa durée (cf. section 1.2.2). Ainsi, en russe, l'assimilation se fait d'une consonne à une voyelle laquelle subit l'influence de la qualité de la consonne qui suit et/ou qui précède. La conséquence acoustique du geste d'avancement et d'élévation de la langue dans une palatalisée est une augmentation de la valeur de F₂ au moins au début de la voyelle réalisée comme un allophone plus antérieur dans un contexte palatalisé (ex. Bondarko, 1977 ; Bolla,

1981 ; Knyazev & Pozharitskaya, 2012). La palatalisation dans /tʲ/ antérieure les voyelles /u/ et /a/ spécifiées respectivement vélaire étroit et pharyngale étroit (Figure 68), et dans un moindre degré la voyelle /e/ déjà palatale avec une constriction moyenne ce qui se manifeste donc sans influence visible sur sa structure formantique. Dans la partition de droite, en position de coda, l'exécution des deux Gestes, primaire et secondaire, est synchronique. Comme précédemment, le geste d'avancement et d'élévation de la langue pour produire la palatalisée se traduira acoustiquement par une augmentation de la valeur de F₂, au moins à la fin de la voyelle /a/, réalisée dans /matʲ/ plus antérieure et plus fermée devant la plosive finale.

De manière générale, dans les deux modalités Accent*Onset et Accent*Coda, les deux autres consonnes [+palatal] de notre étude /tʃ/ et /ʃ/ montrent des patrons temporels d'activation linguale similaires à ceux trouvés pour /tʲ/. L'élévation du dos de la langue suit le geste de constriction apicale et/ou laminaire sous l'accent et en position d'attaque, alors qu'une activation synchronique des quatre zones linguales est observée en position de coda et sous l'accent suggérant ainsi un mouvement plutôt global de la langue en finale de syllabe (cf. Figure 69 et Figure 70). Nuancions toutefois que pour la fricative palatalisée /ʃʲ:/, les quatre régions linguales ont été activées simultanément, indépendamment de la modalité du facteur *Renforcement Articulatoire* (cf. Figure 71), et pour la fricative /ʃ/, les quatre parties de la langue s'activent également simultanément dans la modalité Atone*Onset. Ci-dessous figurent les représentations gestuelles pour ces trois consonnes. Pour /tʃ/ devant /e/ dans /'tʃer.tʲi/ ~ /tʃer.'tʲi/ et /tʃem/ dans les modalités Accent*Onset et Atone*Onset, le Geste T*Tip, spécifié alvéolaire et fermé et correspondant à la phase d'occlusion de l'affriquée, précède le Geste T*Body, spécifié palatal et critique et correspondant à la phase fricative de /tʃ/. Cette spécification indique peut-être ce que Ladefoged & Maddieson (1996 : 149) ont désigné comme un léger degré de palatalisation. En coda, dans /mʲetʃ/, les deux Gestes démarrent de façon synchronique. Comme précédemment pour /tʲ/, dans les séquences /tʃ/ + voyelle, la compétition entre les deux cibles articulatoires, palatale et vocalique, entraîne une antériorisation du lieu d'articulation de la voyelle en contexte d'une consonne [+palatal] précédente ou suivante. Les mêmes patrons temporels ont aussi été trouvés pour la fricative /ʃ/. Remarquons que la différence entre les fricatives /ʃ/ et /ʃʲ:/ dans la modalité Accent*Coda est portée par la longueur des Gestes modélisés comme ayant une durée plus longue pour /ʃʲ:/ que pour /ʃ/. Une autre proposition de modélisation gestuelle pour la fricative palatalisée /ʃʲ:/ serait d'associer ce segment à un seul Geste de constriction du corps lingual, spécifié palatale et critique, et formée suite à l'activation synchronique des quatre points de localisation sur la langue dans les trois modalités du facteur

Renforcement Articulatoire (cf. section 4.3.2), et donc, à la coopération d'ensemble des quatre zones linguales pour atteindre la cible coronale.

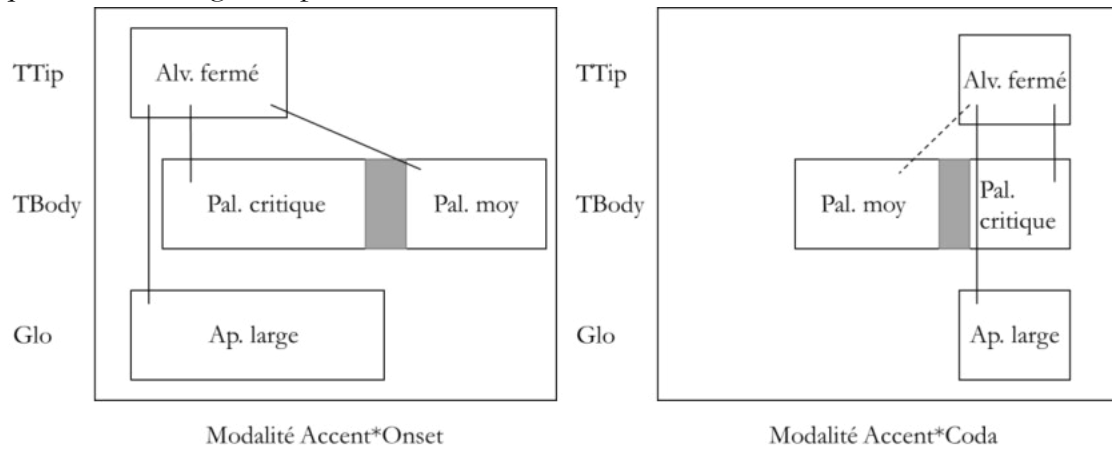


Figure 69 : Partitions gestuelles pour l'affriquée /tʃ/ dans les mots /'ʃer.ti/ et /'ʃem/, suivie de la voyelle /e/ dans la modalité Accent*Onset (à gauche) et dans le mot /miɛtʃ/ après la voyelle /e/ dans la modalité Accent*Coda (à droite).

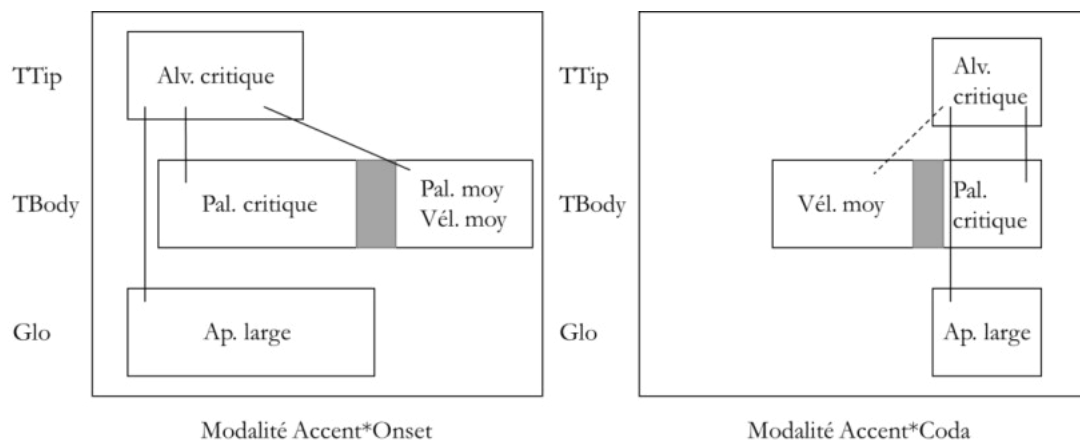


Figure 70 : Partitions gestuelles pour la fricative /ʃ/ dans les mots /ʃest/ et /ʃov/, suivie des voyelles /e/ et /o/ dans la modalité Accent*Onset (à gauche) et dans le mot /voʃ/ après la voyelle /o/ dans la modalité Accent*Coda (à droite).

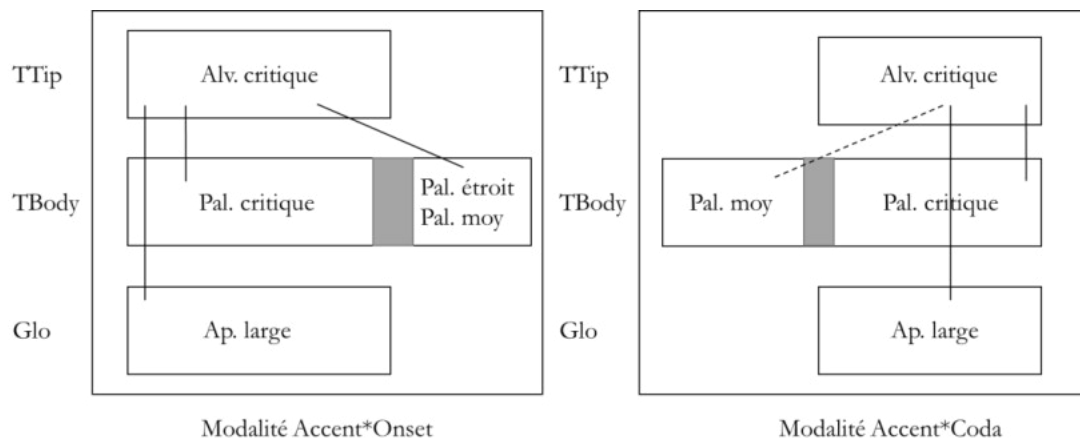


Figure 71 : Partitions gestuelles pour la fricative /ʒ/ dans les mots /ʒi:it/ et /ʒi:el/, suivie des voyelles /i/ et /e/ dans la modalité Accent*Onset (à gauche) et dans le mot /liɛʒi:/ après la voyelle /e/ dans la modalité Accent*Coda (à droite).

Nos résultats concernant les patrons spatiaux à l'atteinte de la cible consonantique ne montrent pas d'effet de l'accent ni de la position intra-syllabe pour l'ensemble des participants. Notre hypothèse concernant un geste linguo-palatal plus ample sous l'influence du facteur *Renforcement Articulatoire* n'est ainsi pas validée. Une conclusion similaire est celle de Kochetov (2002). Selon l'auteur, la coronale palatalisée comme /tʲ/ est moins affectée par la position initiale ou finale que la labiale palatalisée pour laquelle l'indépendance du corps de la langue par rapport à l'articulation primaire entraîne une diminution de l'amplitude du geste secondaire palatal. En revanche, le corps de la langue dans les réalisations de /tʲ/ n'est pas impacté par la position initiale ou finale de syllabe en raison de son couplage au geste primaire de la pointe qu'il accompagne. Cela pourrait peut-être expliquer l'absence d'effet de l'accent ou de la position intra-syllabe sur la forme de la langue lors de la production des consonnes coronales palatalisées ou palato-alvéolaires que nous avons examinées : le couplage entre le corps et la pointe empêcherait une diminution de l'amplitude du geste lingual. Pour valider cette hypothèse une étude qui prendrait en compte des stimuli labiaux et vélares peut être envisagée pour tester l'effet de l'accent et de la position intrasyllabique sur l'amplitude du mouvement lingual dans les positions atone et coda.

L'amplitude du déplacement ne semble donc pas être un paramètre physique de l'accent. Concernant ce point, Avanesov (1974) ou encore Knyazev & Pozharitskaya (2012) suggèrent que l'accent en russe est porté par le noyau vocalique. La voyelle de la syllabe accentuée augmente en durée et est réalisée plus tendue que celle de la syllabe atone, position dans laquelle une diminution de l'amplitude du mouvement lingual lors de la production de la voyelle atone et le phénomène d'undershoot sont observés. Cette observation pourrait expliquer que notre étude n'a pas montré d'effet lié à l'accent sur la réalisation de la cible consonantique puisque son effet serait porté essentiellement par le noyau de la syllabe et pas sur la totalité de la rime : la durée du segment vocalique en russe a été relevée comme un paramètre variable en fonction de l'accent et le renforcement articulatoire se manifesterait davantage par un allongement de la voyelle tonique ; une syllabe accentuée plus longue signifierait donc une tenue de l'articulation vocalique plus longue. Les données acoustiques acquises dans le cadre de ce travail permettraient de vérifier ce point.

Dans l'approche de la Phonologie Articulatoire, la représentation phonologique d'une consonne labiale comporte un Geste labial qui implique l'action coordonnée des lèvres supérieure et inférieure et qui se caractérise par une variable *Degré de constriction*, spécifiée pour la production d'une occlusion, et une variable *Lieu de constriction*, spécifiée pour que cette occlusion se réalise au niveau

des lèvres. La représentation d'une labiale palatalisée comporte deux Gestes, un Geste d'occlusion labiale et un Geste de constriction du corps de la langue avec, comme variables pour ce dernier, lieu de constriction palatal et degré de constriction étroit. Ainsi, dans une paire minimale comme /pat/ ~ /pʲat/ retenue pour notre étude USI et pour laquelle les unités de sens commencent toutes deux par un Geste d'occlusion labiale, le contraste phonologique est rendu possible grâce à la présence d'un Geste de constriction palatale du corps lingual dans /pʲ/ de /pʲat/ qui est absent dans /p/ de /pat/. De la même manière, pour une dentale ou une alvéolaire palatalisée, en plus d'un Geste de constriction de la pointe (ou lame) de la langue, spécifié occlusif et dental ou alvéolaire, la représentation phonologique de cette consonne comporte un Geste de constriction du corps de la langue avec les variables du conduit vocal spécifiées pour une constriction étroite dans la région palatale. Ainsi, dans une paire minimale comme /tap/ ~ /tʲap/ ou /tuk/ ~ /tʲuk/, le contraste phonologique entre deux unités lexicales est possible, comme précédemment, grâce à la présence d'un Geste de constriction du corps de la langue présent dans /tʲ/ et absent dans /t/. Le modèle permet ainsi de traiter et de représenter des segments articulatoirement élaborés décrits par deux strictions à des lieux différents.

Ci-dessous sont présentées les partitions gestuelles pour les plosives coronales /t/ et /tʲ/ devant la voyelle /u/ dans la paire minimale /tuk/ ~ /tʲuk/ de notre étude EMA (cf. Figure 72). La partition de gauche montre que /t/ se compose de deux Gestes. Le premier Geste TTip se caractérise par une variable *Degré de constriction*, spécifiée pour la production d'une occlusion, et une variable *Lieu de constriction*, spécifiée pour une occlusion dans la région (dento)-alvéolaire. Rappelons que dans notre étude aucune différence significative n'a été observée entre les différentes parties de la langue pour /t/ ce qui suggère une activation simultanée des quatre régions linguales et un mouvement global de la langue pour atteindre le point d'articulation apico-laminal. Le second Geste est celui de constriction glottale (GLO) qui est spécifié comme large pour une consonne sourde. Les deux Gestes sont en phase. Un deuxième couplage en phase est entre le Geste TTip de la consonne d'attaque /t/ et le Geste TBody spécifié vélaire et étroit pour le noyau vocalique /u/.

Les deux membres de l'opposition /t/ ~ /tʲ/ partagent le Geste initial d'occlusion alvéolaire, mais dans /tʲ/ ce Geste est combiné au Geste de constriction palatale. Cette action articulatoire (de constriction palatale) est considérée comme étant phonologique du fait que son but est distinctif – elle porte la seule différence entre deux mots de structure identique. La complexité d'une consonne palatalisée se traduit donc par la présence d'un Geste supplémentaire de

constriction secondaire de TBody. La consonne palatalisée est ainsi marquée par rapport à sa contrepartie non palatalisée car articuloirement plus complexe.

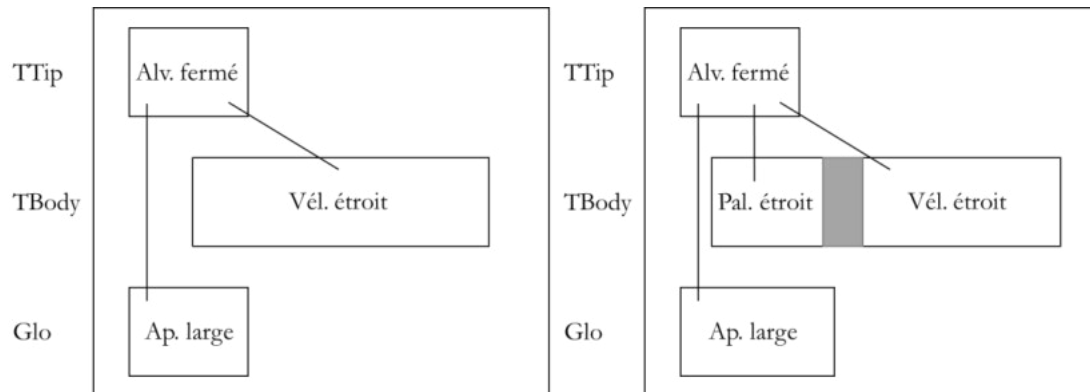


Figure 72 : Partitions gestuelles pour la plosive /t/ (à gauche) et sa contrepartie palatalisée /tʲ/ (à droite) devant la voyelle /u/ dans la paire minimale /tuk/ ~ /tʲuk/.

Notons que nos résultats, pour certains locuteurs, et ceux de travaux antérieurs, suggèrent qu'une consonne non palatalisée peut être réalisée vélarisée. Lorsque c'est le cas, et suivant Öhman (1966), la vélarisation exciterait les muscles vocaliques qui, en recevant cette fois la commande [i], bloqueraient la coarticulation avec la voyelle suivante. Dans l'approche de la Phonologie Articulatoire, la représentation gestuelle d'un /tʲ/ vélarisé phonologiquement comporterait alors un Geste de constriction TBody spécifié pour une constriction étroite dans la région vélaire. L'opposition phonologique entre /tʲ/ et /tʲ/ sera portée par la différence se situant au niveau de la variable *Lieu de constriction* du Geste secondaire TBody (spécifié vélaire et étroit pour /tʲ/ vs palatal et étroit pour /tʲ/) combiné au Geste initial d'occlusion alvéolaire, commun aux deux segments consonantiques. Cependant, dans ce dernier cas de figure, le système sonore du russe se présente comme étant entièrement marqué. On pourrait toutefois supposer que le marquage palatalisé/vélarisé est spécifique seulement aux consonnes de lieu labial. Rappelons que des études (ex. Kavitskaya, 2006) ont montré que dans une tâche d'identification des consonnes palatalisées vs non palatalisées en fonction des lieux articulatoires, les labiales palatalisées ont été confondues avec leurs équivalentes non palatalisées. En effet, le burst, qui participe à la meilleure discrimination des segments palatalisés, est moins intense chez les labiales palatalisées que chez les coronales palatalisées, en l'absence de relâchement prolongé et de bruit de friction propres à ces dernières (ex. Matusевич, 1976 ; Bondarko, 1977 ; Ohala, 1989 ; Kochetov, 2002 ; Kavitskaya, 2006). Ainsi, pour augmenter le contraste entre labiales palatalisées vs non palatalisées, le corps de la langue peut reculer davantage en portant le dos de la langue vers le haut et/ou

l'arrière de la cavité buccale (Brok, 1910 ; Bogoroditskij, 1930 ; Skalozub, 1963 ; Bulanin, 1970 ; Kedrova et al., 2008, 2009 etc.). La nécessité ou non d'augmenter le contraste pourrait expliquer pourquoi la vélarisation est un geste supplémentaire non systématique en russe, et dont la présence pour les labiales comme pour les coronales fait toujours débat (cf. section 1.5.2).

Rappelons que nous n'avons pas examiné les consonnes de lieu vélaire dans notre étude EMA. Cependant, les résultats obtenus permettent de proposer une éventuelle modélisation pour les vélares pour lesquelles la situation serait différente. En effet, contrairement aux palatalisées de lieu labial et coronal, une vélaire palatalisée est considérée par certains auteurs (ex. Bondarko, 1977 ; Sagey, 1986 ; Keating, 1991) comme un segment simple (et plus antérieur par rapport à sa contrepartie non palatalisée) et représentée ainsi sous un nœud Dorsal dominant le trait [-arrière]. Rappelons également que la description des labiales et dentales palatalisées suggère que la palatalisation utilise un Geste qui implique la structure coordinative du corps de la langue avec les variables du conduit vocal spécifiées pour une constriction étroite au niveau palatal. La représentation de /k/ comporte un seul Geste d'occlusion vélaire du corps de la langue. La vélaire palatalisée /kʲ/ est plus antérieure ce qui entraîne un changement seulement au niveau de la variable *Lieu de constriction* qui est palatal pour ce segment. Ainsi, dans une paire minimale dont les deux membres ne se différencient que par une vélaire palatalisée (même si rare en russe, voir section 1.2.1 pour rappel), le contraste phonologique relèverait de la spécificité des variables du conduit (paramétrage dynamique) plutôt que de l'absence *vs* présence d'un Geste comme c'est le cas pour les labiales et coronales palatalisées. L'opposition phonologique entre /k/ et /kʲ/ résiderait dans le fait que les variables du conduit vocal du Geste du corps de la langue sont spécifiées pour une constriction fermée au niveau vélaire pour /k/ et au niveau palatal pour /kʲ/.

Dans notre étude USI, le geste linguo-palatal est présent dès le début d'une palatalisée, au moins pour les trois palatalisées étudiées, et se trouve complètement superposé à l'articulation primaire à cet instant temporel. Les différences entre les contours linguaux d'une palatalisée et d'une non palatalisée correspondante ont été observées dès l'instant onset sur les graphiques SSANOVA et montrées aussi au niveau des proportions de contours regroupés par la CAH.

Les images échographiques que nous avons analysées correspondaient aux trois instants temporels définis à partir de la lecture des spectrogrammes et tels que les effets de coarticulation avec le contexte droit et gauche étaient minimisés. Ainsi, la durée du décalage temporel entre la fin de la voyelle acoustique /a/ de la phrase

porteuse et le début acoustique de la consonne cible estimée à partir des productions de deux locuteurs qui ont participé aux deux études EMA et USI est en moyenne égale à 20 ms environ. A cet instant temporel choisi pour observer le début de la consonne, la configuration linguale est déjà en place pour un segment palatalisé et il n'est pas aisé de déterminer s'il s'agit de la programmation successive ou non du geste linguo-palatal. L'explication est dans le timing du geste. A l'EMA, le point temporel référant au maximum du déplacement vertical de la pointe de la langue et qui correspond à l'atteinte de la cible de la consonne apicale (ex. /tj/) a été observé immédiatement après la fin acoustique de la voyelle /a/ de la phrase porteuse, tandis que le dos de la langue atteignait sa position maximale en moyenne 30 ms environ après celle de l'apex et ce en attaque des syllabes tonique et atone. Ce point maximum du déplacement vertical du dos de la langue à l'EMA correspond à l'instant où le geste linguo-palatal est mis en place dans notre étude USI. Ainsi, le lancement des deux gestes est antérieur à l'instant du début du segment acoustique tel que nous l'avons étiqueté dans l'étude USI. En effet, un examen qualitatif rapide des productions de l'ensemble des locuteurs que nous avons réalisé pour cette discussion a montré que le geste linguo-palatal démarre bien avant le début acoustique de la consonne cible. Les images échographiques (cf. Figure 73) suggèrent une exécution anticipée de ce geste de manière à ce que la consonne vélaire de la phrase porteuse qui se trouve immédiatement devant la voyelle /a/ qui précède la consonne palatalisée cible, se réalise déjà antériorisée (palatale). En revanche, devant une cible non palatalisée, cette vélaire se réalise comme un allophone vélaire.

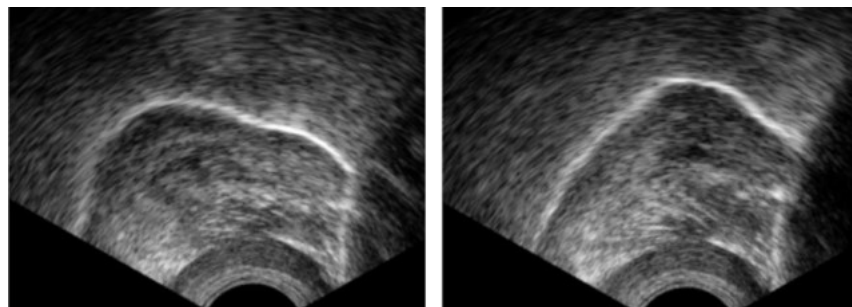


Figure 73 : A gauche, consonne vélaire de la phrase porteuse qui se trouve devant la voyelle /a/ et qui précède la consonne cible non palatalisée, à droite, consonne vélaire qui se trouve devant /a/, voyelle qui précède la cible palatalisée. Les images échographiques correspondent à l'instant du relâchement de la cible vélaire. Les patrons articulatoires semblables à ceux-ci ont été observés pour l'ensemble des participants.

Se pose alors la question de l'existence en russe d'une stratégie d'harmonie palatale qui expliquerait que les phonèmes qui apparaissent en contexte immédiat ou à distance d'un segment [+palatal] tendent à être réalisés plus antérieurs. Pour répondre à cette question, il est envisageable d'utiliser les données acquises dans

cette étude pour mesurer la propagation du trait [+palatal] en superposant deux énoncés comportant pour l'un un mot avec une cible consonantique non palatalisée et pour l'autre son équivalent avec une cible consonantique palatalisée (les deux situées dans le même contexte vocalique), afin d'estimer l'empan de l'anticipation du geste linguo-palatal lors de la production d'un segment [+palatal] et d'examiner les conditions de réalisation de cette éventuelle harmonie palatale. Cette dernière réduirait le coût articulatoire en permettant d'économiser des déplacements articulatoires et ainsi de contrebalancer le poids des segments marqués.

Notre étude sur la description phonotactique du russe menée à partir de l'analyse d'un lexique de 15 000 lemmes phonologisés et syllabés a montré que les consonnes palatalisées y sont plus marquées que les consonnes non palatalisées. En effet, selon nos résultats, les premières sont deux fois moins fréquentes que les secondes dans le lexique examiné et apparaissent moins souvent dans les positions d'attaque et de coda, indépendamment du lieu et du mode d'articulation (cf. section 3.2.2). En position finale, les palatalisées fonctionnent souvent comme des marqueurs de formes verbales (participe passé passif, infinitif) et des noms féminins de la 3^{ème} déclinaison. L'examen des patrons de distribution des consonnes palatalisées de lieu labial, coronal et vélaire a montré que les vélaires palatalisées sont plus marquées que les labiales et coronales palatalisées et, parmi les deux dernières, les premières sont plus marquées que les secondes. Rappelons que dans le lexique que nous avons examiné le ratio palatalisé/non palatalisé est 1/3 pour les labiales, 1/2 pour les coronales et 1/7 pour les vélaires. Ce résultat confirme le propos de Kochetov (2002) selon lequel les labiales et coronales palatalisées sont plus fréquentes dans les langues slaves que leurs homologues vélaires. Rappelons aussi que (1) le contraste palatalisé/non palatalisé pour les consonnes de lieu vélaire, s'il est maintenu, est trouvé uniquement devant les voyelles postérieures et (2) qu'en finale de mot, seules les variantes non palatalisées sont possibles (cf. section 1.2.1). Comme l'a également montré Kochetov (2002), dans de nombreuses langues avec la palatalisation contrastive, la distribution des plosives palatalisées, et en particulier des labiales, est limitée à la position initiale de la syllabe. Si dans une langue les plosives palatalisées apparaissent en position de coda syllabique, elles sont relativement peu fréquentes et sont soumises à des restrictions morphologiques et lexicales.

Selon Kochetov (2006b), le timing et la réduction de l'amplitude des mouvements linguaux peuvent avoir des conséquences importantes sur la perception et sur la distribution des contrastes phonologiques. Ainsi, la moins bonne identification des labiales palatalisées comme /pj/ en position de coda peut être attribuée aux effets de la position syllabique : la réalisation quasi-synchrone

des deux cibles articulatoires, palatale et labiale, et la réduction de la magnitude du geste linguo-palatal. Toutefois dans notre étude, le geste lingual dans les réalisations de /tʲ/ n'a pas été impacté par la position intra-syllabe ou l'accent lexical et les coronales palatalisées dans notre lexique se rencontrent dans tous les environnements vocaliques. Les deux plosives /t/ et /tʲ/ ont une fréquence relativement élevée, ce qui est partiellement dû à leur fonction de marqueurs morphologiques en position finale. Cependant, la plosive pleine est plus fréquente que sa contrepartie palatalisée. Aussi, la coronale palatalisée est plus fréquente que la labiale palatalisée.

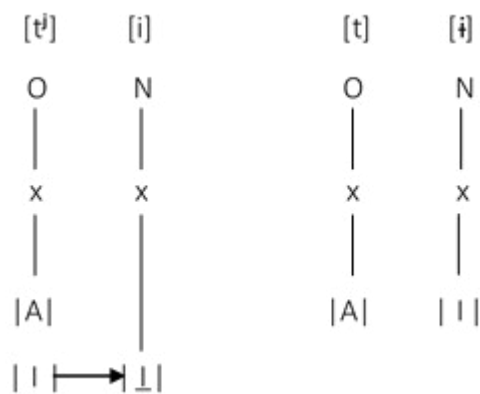
Un autre cadre théorique de la phonologie qui pourrait tirer parti d'études articulatoires (comme celles sur la caractérisation du geste linguo-palatal que nous avons proposées) et donc permettre de préciser sa place dans les processus phonologiques est la Théorie des Éléments (Backley, 2011). Cette dernière formalise les combinaisons de résonances acoustiques dans une relation hiérarchique qu'elle considère comme les éléments essentiels de la représentation des segments de la parole. Ainsi, les palatales, les palatalisées et les non palatalisées sont modélisables avec des structures d'éléments discriminantes et contrastives. Les transitions formantiques des voyelles adjacentes contiennent des indices acoustiques de la perception de ces consonnes (mode et lieu) (cf. section 1.5.2.4 pour rappel). En général, dans les séquences CV et VC, les voyelles en contexte de consonnes non palatalisées ont une transition F₂ plus basse comparées à celles en contexte de palatalisées (ex. Kuznetsova, 1965 ; Bolla, 1981 ; Knyazev & Pozharitskaya, 2012). Rappelons que dans la Théorie des Éléments, l'élément |I| contribue à indiquer la résonance palatale de toute consonne ou voyelle dans laquelle il apparaît définissant ainsi la classe naturelle des segments avec articulation palatale. Ce formalisme s'appuie sur des processus d'assimilation attestés dans les langues.

En russe, la palatalisation, en plus d'être le processus d'assimilation de lieu, a un statut phonologique et dans le système consonantique du russe presque chaque consonne possède son équivalent palatalisé (section 1.2.1). Dans un système comme celui du russe, et comme l'a suggéré Backley (2011) pour le polonais, les consonnes palatalisées seraient probablement décrites avec une combinaison des primitives composée de deux éléments dont un des deux sera obligatoirement |I|. Rappelons que dans certaines langues, les coronales et les palatales forment une même classe naturelle car ces deux types consonantiques ont la même distribution et se comportent de la même manière dans les processus phonologiques suggérant que les coronales comme les palatales contiennent le même élément |I|. Rappelons aussi que selon Backley, l'exigence d'une

représentation distincte pour certaines coronales est le fait que certaines d'entre elles peuvent contraster dans une même langue comme dans l'exemple du polonais cité section 1.6.4, et comme en russe. Nous proposons donc qu'en russe, les coronales comme /t, d, s, z/ doivent contenir l'élément |A| pour leur résonance coronale, l'élément |H| pour les segments continus et qui impliquent une friction ou un bruit, ainsi que l'élément occlusif |ʔ| pour /t, d/. Leurs contreparties palatalisées /tʲ, dʲ, sʲ, zʲ/ seraient complexes et marquées car leur structure interne inclurait en plus des éléments |A H ʔ|, l'élément |I| et se présenterait de ce fait comme la combinaison des primitives |AI|.

En reconnaissant |A| et |I| comme éléments de description des consonnes coronales (Backley, 2011), nous pouvons non seulement capturer le fait que dans les séquences CV et VC, les voyelles en contexte de consonnes coronales non palatalisées ont une transition F₂ plus basse comparées à celles en contexte de coronales palatalisées, mais également le fait que ces consonnes ont un comportement phonologique différent et se trouvent en déséquilibre du point de vue quantitatif et également du fait de la position qu'elles occupent dans une structure syllabique.

En russe, les voyelles [i] et [i̯] sont des variantes combinatoires de /i/, représenté |I|, et se trouvent en distribution complémentaire : /i/ surface comme [i] lorsqu'une consonne palatalisée occupe la position d'attaque et comme [i̯] après une consonne non palatalisée. Rappelons qu'en russe, la voyelle subit l'influence de la consonne. Pour que la voyelle /i/ se réalise en surface comme [i], il faudrait que la tête de |I| dans [i] soit protégée par le même élément dans /tʲ/, alors que son absence dans /t/ non palatalisé entraînerait une perte de tête de /i/ de sorte qu'elle deviendrait [i̯]. Ainsi, la voyelle [i] préserverait l'élément |I| dans sa structure après un segment palatalisé ce que nous modélisons dans l'exemple suivant :



La palatalisation en russe est également un type d'interactions consonne-consonne. Dans l'exemple ci-dessous dans /zdʲesʲ/, /z/ est réalisé palatalisé [zʲ] par la

propagation de l'élément |I| à partir de [dʲ] précédent palatalisé phonologiquement et comportant |AI| dans sa structure interne :



De la même façon, l'élément |I| contribue à indiquer la résonance supplémentaire palatale de consonnes labiales et vélares palatalisées (i.e. concentration d'énergie dans les fréquences élevées du fait que la palatalisation augmente le timbre de la consonne en la rendant plus aiguë). La structure interne des labiales inclurait la combinaison des primitives |UI| dans laquelle l'élément |U| tête définit la classe naturelle des labiales (Backley, 2011). Quant aux vélares palatalisées /kʲ, gʲ, xʲ/, rappelons qu'il existe des divergences concernant leur statut phonémique et que ces segments sont considérés par certains auteurs comme des variantes combinatoires de /k, g, x/ (cf. section 1.2.1 pour rappel). Une proposition pourrait être de représenter leur structure comme une combinaison des éléments |U(I)|. Premièrement, cela suggère que les vélares, comme les labiales, contiennent |U|. En effet, elles ont des propriétés acoustiques communes. Par exemple, le trait [grave] de Jakobson et al. (1952) décrit des sons dont la majeure partie de l'énergie se situe dans la partie inférieure du spectre et regroupe donc les catégories des labiales et des vélares en excluant les catégories des palatales et des dentales qui sont aiguës (Backley, 2011). Deuxièmement, l'élément |(I)| serait un élément latent, d'une part parce que le rendement des palatalisées vélares reste faible dans la langue et, d'autre part parce que ces segments sont considérés simples, décrits avec les traits [-arrière] et [+haut] qui réfèrent à la position plus avancée et élevée de la langue dans [kʲ] par rapport à [k] (cf. section 1.6.1 pour rappel) et qui renforce les fréquences aiguës du spectre et confère la résonance [+palatale] à [kʲ] modélisable avec l'élément |I|.

L'élément |I| définit la résonance de la classe naturelle des palatales et est présent dans les segments palato-alvéolaires et palataux /tʃ ʃ ʃʲ j/ (Backley, 2011). Précisons, que la structure interne de l'affriquée /tʃ/ est modélisée dans notre proposition avec une résonance complexe |AI| dans laquelle (1) la combinaison des primitives |AI| est associée à l'occlusion coronale de l'affriquée puisque les

contours pour la production de [t] dans /tʃ/ et ceux de la palatalisée /tʃ/ (dans notre étude IRM) sont semblables et indiquent un même lieu d'articulation situé dans la région alvéolaire, et (2) l'élément tête |I| réfère au fait que la phase fricative de l'affriquée présente une configuration linguale similaire à celle de la palato-alvéolaire palatalisée /ʃʲ:/, modélisée avec |I|, et non à celle de /ʃ/ modélisée avec |I| (cf. section 6.2).

Enfin, nous proposons que la différence entre les liquides palatalisées /lʲ/ et /rʲ/ se situe respectivement dans la présence vs l'absence de tête dans l'élément |I|. Nous justifions cela par le fait que /rʲ/ est souvent discutée par plusieurs auteurs. Premièrement, sa contrepartie non palatalisée est préservée dans les langues slaves tandis que /rʲ/ n'est présente que dans quelques-unes d'entre elles. Par exemple, le contraste /r/~/rʲ/ se retrouve en russe, ukrainien et bulgare, et en tchèque et polonais, la palatalisée s'est spirantisée (Iskarous & Kavitskaya, 2018). Deuxièmement, la palatalisation a tendance à freiner la vibration apicale et la vibrante palatalisée, en raison de contraintes aérodynamiques, se réalise comme un flap [rʲ] (cf. section 1.4 et 1.5.2.2), d'où notre proposition d'absence de tête dans sa structure segmentale.

Ainsi, dans le cadre de la Théorie des Éléments, la modélisation du système phonologique du russe se présenterait comme dans la proposition faite Table 35. Notre proposition de description du système consonantique du russe dans le cadre de la Théorie des Éléments permet d'unifier la classe des consonnes de trait [+palatal] regroupant les palatales et les palatalisées. Cette proposition démontre aussi qu'il peut être suggéré d'intégrer la dimension articulatoire à la théorie qui propose une modélisation centrée sur les résonances acoustiques qui caractérisent les segments consonantiques et vocaliques, et d'envisager la structure de ceux-ci en termes d'éléments vocaliques avec des propriétés acoustico-articulatoires. Par exemple et concernant la cohérence des primitives présentes dans la nature des segments, dans le cas de la vibrante palatalisée décrit ci-avant, cela permettrait de mieux appréhender l'absence de tête dans l'élément |I| notamment en prenant en compte des contraintes liées à la position des articulateurs. Ainsi, la palatalisation, pour laquelle l'implication du mouvement du corps lingual dans sa globalité est importante et qui résulte en l'élévation et l'antériorisation du dos de la langue dans la région palatale, contribue à une résonance palatale caractéristique de la voyelle [i], c'est-à-dire de l'élément |I| qui exerce une contrainte articulatoire empêchant les vibrations apicales nécessaires pour produire une vibrante apicale palatalisée. Vouloir réaliser l'élément |I| peut ainsi empêcher de produire la résonance coronale |A|.

<i>Labiales</i>						<i>Labiodentales</i>							
p	p ^j	b	b ^j	m	m ^j	f	ɸ	v	v ^j				
<u>UH?</u>	<u>UIH?</u>	<u>U?L</u>	<u>UI?L</u>	<u>UL</u>	<u>UIL</u>	<u>UH</u>	<u>UIH</u>	<u>UHL</u>	<u>UIHL</u>				
<i>Sonantes</i>													
n	n ^j	l	l ^j	r	r ^j								
AL	AIL	AU	A I	A	AI								
<i>Obstruantes coronales</i>													
t	t ^j	d	d ^j	s	s ^j	z	z ^j	ts	ʃ	ʃ:	ʒ	ʒ:	tʃ
AH?	AIH?	A?L	AI?L	AH	AIH	AHL	AIHL	A?H	IH	IH	IHL	IHL	AI?H
<i>Palatal</i>				<i>Vélaires</i>									
j	k	k ^j	g	g ^j	x	x ^j							
I	UH?	U(I)H?	U?L	U(I)?L	UH	U(I)H							

Table 35 : Proposition de modélisation du système phonologique du russe dans le cadre de la Théorie des Éléments (Backley, 2011).

Plus largement, il nous semble difficile de contourner le lien entre la qualité acoustique de l'élément |I| et le geste de la palatalisation tel qu'il a été défini en début de ce chapitre. Enfin, dans le cas de l'affriquée, les données articulatoires de notre étude IRM ont clairement indiqué que cette consonne résulte de la combinaison de deux palatalisées [tʲ] + [ʃʲ] et non de [t] + [ʃ] ce qui soutient le fait que la réalisation de /tʃ/ est décrite comme intrinsèquement palatalisée en russe et justifie l'intégration de l'élément tête |I| pour représenter sa structure interne.

Cette proposition de modélisation dans le cadre de la Théorie des Éléments nécessite d'être confirmée d'une part par une étude des paramètres acoustiques relatifs aux consonnes palatalisées en rapport avec leur interaction avec les voyelles qui les suivent et en prenant en compte les processus de réduction vocalique dans les syllabes atones après une attaque palatalisée ou non, caractéristiques du russe. D'autre part, pour affiner la modélisation, il sera nécessaire de considérer le comportement phonologique des consonnes palatalisées et de leurs contreparties non palatalisées à travers les processus de neutralisation et d'alternance et d'étudier leur comportement en diachronie.

Dans ce travail nous nous sommes intéressées à la palatalisation en tant que phénomène phonologique. Un point intéressant à examiner et qui reste souvent omis par des études est la palatalisation en tant que phénomène phonétique. Rappelons qu'en russe, la palatalisation peut être le résultat d'un processus d'assimilation régressive lorsque les consonnes acquièrent une articulation secondaire palatale au contact de la consonne suivante palatalisée phonologiquement. Dans ce cas la palatalisation dépend (1) de la nature de la consonne qui subit l'assimilation et de la consonne palatalisée qui suit ; (2) de la partie du mot où se trouve la combinaison de consonnes incluse dans ce processus. Comme nous l'avons indiqué dans la section 1.2.1, le degré d'une telle palatalisation peut être très différent : le segment peut ne pas subir l'assimilation et rester non palatalisé, il peut acquérir une articulation secondaire palatale ou osciller entre les deux. Dans ce dernier cas, il est difficile de classer le segment consonantique à la sortie du processus, ce qui participe à la complexité du phénomène. Rappelons que des auteurs ont proposé trois types de palatalisation régressive pour les séquences bi-consonantiques CC[+palatal] : obligatoire, facultative ou interdite, et que dans de nombreux exemples, l'assimilation régressive du trait [+palatal] a cessé d'être une norme de la prononciation en acquérant une connotation familière ou en restant dans le langage courant aboutissant à un archaïsme. Ainsi, il serait intéressant d'étudier si la palatalisation en tant que phénomène d'assimilation possède un caractère social, comme cela a été noté par certains auteurs au milieu

du XX^e siècle. Une investigation sociolinguistique serait une autre des perspectives de notre recherche pour examiner si les locuteurs venant des villes palatalisent moins que ceux qui résident dans les campagnes et si l'âge des locuteurs impacte leurs pratiques.

Des tests perceptifs d'identification des consonnes palatales et palatalisées basés sur les indices acoustiques et des tests perceptifs portant sur la dimension diatopique et questionnant la similitude dans l'origine géographique des locuteurs peuvent également être envisagées comme une suite à notre travail. Ces tests perceptifs pourraient être conduits auprès de locuteurs russophones, francophones ou encore itatolophones pour tenir compte des effets du crible phonologique (Trubetzkoy, 1939) qui exprime le fait qu'un locuteur ne discrimine pas ou très difficilement les indices acoustiques qui ne figurent pas dans le système phonologique de sa langue native. Ainsi, le choix de l'italien et du français repose sur la proportion de consonnes palatales dans le système phonologique de ces langues (plus élevé en italien qu'en français). Concernant ce point, le picard pourrait aussi être un cas intéressant à étudier (Dawson, 2006). Ce volet perception permettrait d'étudier la prégnance du geste linguo-palatal en fonction de son rendement phonologique dans la langue.

Nous avons constaté que l'imagerie par résonance magnétique permettant d'observer l'ensemble du conduit vocal présente des avantages par rapport aux techniques d'articulographie électromagnétique ou d'imagerie par ultrasons. Toutefois, cette technique qui nous a permis de récupérer des images statiques 2D de configurations du conduit vocal dans le plan médio-sagittal induit la tenue articulaire qui implique une hyper articulation (ex. la forte labialisation de /p/, ainsi qu'une incurvation sans doute amplifiée de la partie antérieure de la langue lors de la réalisation des palatalisées). De plus, c'est une technique qui reste relativement très coûteuse et difficilement envisageable dans le cadre d'une étude multilocuteurs. Récupérer des informations sur les aspects dynamiques de l'articulation linguale en utilisant l'IRM dynamique aurait pu enrichir davantage l'étude menée. Les besoins d'informations sur les aspects dynamiques de l'articulation linguo-palatale pourraient bénéficier d'une autre technique qui est l'électropalatographie (EPG). Les avantages qui peuvent être fournis par l'EPG pour l'analyse du contraste palatalisé *vs* non palatalisé sont multiples. Ils tiennent, comme mentionné, à l'organisation temporelle de l'activité linguale, et permettent aussi d'obtenir des informations sur l'évolution des appuis de la langue au palais, la vitesse de déplacement de la langue etc. En revanche, cette méthode ne renseigne pas sur la force des appuis de la langue, ni sur la distance entre la langue et le palais. Une approche intéressante consisterait, par exemple, à associer l'EPG et l'ultrason.

Un autre inconvénient non négligeable est le fait que cette technique nécessite un appareillage monolucateur et une étude à grande échelle serait plus difficile à envisager.

Des études ont montré que l'acquisition des consonnes [+palatal] par les enfants arrive tardivement (Locke, 1983 ; MacNeilage, 1998 ; 2008) et la raison évoquée est que le geste lingual exige un effort articulaire plus important que pour une consonne [-palatal]. En russe, un fort rendement phonologique des palatalisées pourrait avoir des conséquences sur leur acquisition. Ainsi, l'étude de l'acquisition par l'enfant russophone des consonnes palatalisées de sa langue native pourrait apporter des éléments dans le débat du poids de la marque et de l'input (i.e. leur fréquence dans l'environnement linguistique) dans le développement phonologique de la langue maternelle. Une telle étude pourrait permettre de compléter les résultats des études articulatoires chez l'adulte proposées ici et aussi plus généralement d'affiner nos connaissances des paramètres et de leurs relations qui constituent la notion de complexité articulaire.

BIBLIOGRAPHIE

- Akishina, A., & Baranovskaja, S. (2011). *Russkaja fonetika na fone obshej*. Moscow: Librokom.
- Alvarez, C. J., Carreiras, M., & De Vega, M., (2000). Syllable-frequency effect in visual word recognition: Evidence of sequential-type processing. *Psicologica*, 21, 341-374.
- Andrews, E. (1990). *Markedness Theory: The Union of Asymmetry and Semiosis in Language*. Durham; London: Duke University Press.
- Avanesov, R. I. (1948). O dolgikh shipjashchikh v russkom jazyke. *Doklady i soobshchenija filologičeskogo fakulteta MGU*, 6, 23 – 30.
- Avanesov, R. I. (1956). *Fonetika sovremennogo russkogo literaturnogo jazyka*. Moscow: Moskovskij Universitet.
- Avanesov, R. I. (1968). *Russkoe literaturnoe proiznoshenie. 4 izdanie*. Moscow: Prosveshchenie.
- Avanesov R. I. (1974). *Russkaja literaturnaja i dialektnaja fonetika*. Moscow: Prosveshchenie.
- Avanesov, R. I. (1984). *Russkoe literaturnoe proiznoshenie. 6 izdanie*. Moscow: Prosveshchenie.
- Backley P. (2011). *An introduction to Element Theory*. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Badin, P., Bailly, G., Revéret, L., Baciú, M., Segebarth, C., & Savariaux, C. (2002). Three-dimensional linear articulatory modeling of tongue, lips and face, based on MRI and video images. *Journal of Phonetics*, 30(3), 533-553. <http://10.1006/jpho.2002.0166>.
- Badin, P., Tabain, M. & Lamalle, L. (2019). Comparative study of coarticulation in a multilingual speaker: Preliminary results from MRI data. In *19th International Congress of Phonetic Sciences* (S. Calhoun, P. Escudero, M. Tabain & P. Warren, editors), pp. 3453-3457. Melbourne, Australia, Australasian Speech Science and Technology Association Inc. (Australia: Canberra).
- Barnwell, Y. M., Langdon, H. L., & Klueber, K. (1978). The anatomy of the intrinsic musculature of the tongue in the early human fetus: part II, M. longitudinalis inferior. *International Journal of Oral Myology*, 4(4), 5–8.
- Bateman, N. (2007). *A crosslinguistic investigation of palatalization*. [Thèse de doctorat, University of California, San Diego].
- Bateman, N. (2011). On the Typology of Palatalization. *Language and Linguistics Compass* 5(8), 588-602.

- Bazzoli, C., Letué, F., & Martinez, M. J. (2015). Modelling finger force produced from different tasks using linear mixed models with lme R function. *J CSBIGS*, 6(1), 16-36.
- Beautemps, D., Badin, P., & Bailly, G. (2001). Linear degrees of freedom in speech production: Analysis of cineradio- and labio-film data and articulatory-acoustic modeling. *Journal of the Acoustical Society of America*, 109(5), 2165-2180.
- Bennett, R., Chiosáin, M. N., Padgett, J., & McGuire, G. (2018). An ultrasound study of Connemara Irish palatalization and velarization. *Journal of the International Phonetic Association*, 48(3), 261-304.
- Bhat, D.N.S. (1978). A general study of palatalization. In J. H. Greenberg, C. A. Ferguson & E. A. Moravcsik (Eds.), *Universals of human language. Phonology. Vol. 2* (pp. 47-77). Stanford: Stanford University Press.
- Bishara, S.E., Cummins, D.M., Jorgensen, G.J., & Jakobsen, J.R. (1995). A computer assisted photogrammetric analysis of soft tissue changes after orthodontic treatment. Part I: Methodology and reliability. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 107(6), 633-639. [http://dx.doi.org/10.1016/S0889-5406\(95\)70107-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0889-5406(95)70107-9).
- Bogoroditskij, V. A. (1930). *Fonetika ruskogo jazyka v svete eksperimentalnykh dannykh*. Kazan: Dom tat. kultury.
- Bolla, K. (1981). *A conspectus of Russian speech sounds*. Budapest: Publishing house of the Hungarian Academy of sciences.
- Bondarko, L. V. (1977). *Zvukovoj stroj sovremennogo ruskogo jazyka*. Moscow: Prosveshchenie.
- Bondarko, L. V. (1981). *Foneticheskoe opisanie jazyka i fonologicheskoe opisanie rechi*. Moscow: Nauka.
- Brok, O. (1910). Oчерk fiziologii slavjanskoj rechi. *Entsiklopedija slavjanskoj filologii*, 5 (2). Saint-Petersburg: Otdelenie ruskogo jazyka i slovesnosti Imp. Akademii nauk.
- Browman, C. P., & Goldstein, L. (1986). Towards an articulatory phonology. *Phonology Yearbook*, 3, 219-252.
- Browman, C. P., & Goldstein, L. (1987). Tiers in Articulatory Phonology, with some implications for casual speech. *Haskins Laboratories Status Report on Speech Research SR-92*, 1-30.
- Browman, C. P., & Goldstein, L. (1988). Some notes on syllable structure in articulatory phonology. *Phonetica*, 45, 140-155.

- Browman, C. P., & Goldstein, L. (1989). Articulatory gestures as phonological units. *Haskins Laboratories Status Report on Speech Research SR-99/100*, 69-101.
- Browman, C. P., & Goldstein, L. (1992). Articulatory phonology: An overview. *Phonetica*, 49, 155-180.
- Browman, C. P., & Goldstein, L. (1995). Gestural syllable position effects in American English. In F. Bell-Berti & L. J. Raphael (Eds.), *Producing Speech: Contemporary Issues. For Katherine Safford Harris* (pp. 19–33). Woodbury, NY: AIP Press.
- Browman, C. P., & Goldstein, L. (2000). Competing constraints on intergestural coordination and selforganization of phonological structures. *Les Cahiers de l'ICP. Bulletin de la Communication Parlée*, 5, 25-34.
- Bulakhovskij, L. A. (1952). *Kurs rusckogo literaturnogo jazyka. T. 1*. Kiev: Radjanska shkola.
- Bulanin, L. L. (1970). *Fonetika sovremennogo rusckogo jazyka*. Moscow: Vysshaja shkola.
- Buchillard, S. (2007). *Activations musculaires et mouvements linguaux : modélisation en parole naturelle et pathologique*. [Thèse de doctorat, Joseph Fourier - Grenoble I, Grenoble].
- Byrd, D. (1995). C-centers revisited. *Phonetica*, 52, 285-306.
- Campbell, L. (1974). Quichean Palatalized Velars. *International Journal of American Linguistics*, 40 (2), 132-134.
- Chen, M. (1973). Predictive power in phonological description. *Lingua*, 32, 173–191.
- Chitoran, I., & Cohn, A. C. (2009). Complexity in phonetics and phonology: gradience, categoriality, and naturalness. In F. Pellegrino, E. Marsico, I. Chitoran & C. Coupé (Eds.), *Approaches to phonological complexity* (pp. 19-81). Berlin: Mouton de Gruyter.
- Chomsky, N., & Halle, M. (1968). *The sound pattern of English*. New York: Harper and Row.
- Clements, G. N. (1976). Palatalization, linking or assimilation? *Chicago Linguistic Society*, 12, 90-109.
- Clements, G. N. (1985). The geometry of phonological features. *Phonology Yearbook* 2, 225-252.
- Clements, G. N. (1989). Place of articulation in consonants and vowels: a unified theory. In *Working Papers of the Cornell Phonetics Laboratory*, 5, 77-123.
- Clements, G. N., & Hume, E. (1995). The internal organization of speech sounds. In J. A. Goldsmith (Ed.), *The handbook of phonological theory* (pp. 245–306). Cambridge, MA: Blackwell Publishers.

- Davidson, L. (2006) Comparing tongue shapes from ultrasound imaging using smoothing spline analysis of variance. *Journal of the Acoustical Society of America*, 120(1), 407–415.
- Dawson, A. (2006). *Variation phonologique et cohésion dialectale en picard : Vers une Théorie des Correspondances Dialectales*. [Thèse de doctorat, Université de Toulouse 2 Le Mirail, Toulouse].
- Derkach, M., Fant, G., & de Serpa-Leitao, A. (1970). Phoneme coarticulation in Russian hard and soft VCV-utterances with voiceless fricatives. *STL-QPSR*, 11(2-3), 001-007.
- Derwing, B. L., (1992). A 'Pause-Break' task for eliciting syllable boundary judgments from literate and illiterate speakers preliminary results for five diverse languages. *Language and Speech*, 35(1, 2), 219-235.
- Durand, J. (2005). Les primitives phonologiques : des traits distinctifs aux éléments. In N. Nguyen, S. Wauquier-Gravelines & J. Durand (Eds.), *Phonologie et Phonétique : forme et substance* (pp. 63-93). Paris : Hermès.
- Fant, G. (1960). *Acoustic theory of speech production*. The Hague: Mouton.
- Flege, J. (1987). The production of “new” and “similar” phones in a foreign language: evidence for the effect of equivalence classification. *Journal of Phonetics*, 15(1), 47-65.
- Fougeron, C., & Keating, P. (1997). Articulatory strengthening at edges of prosodic domains. *Journal of the Acoustical Society of America*, 101, 3728-3740.
- Fougeron, C. (1998). *Variations articulatoires en début de constituants prosodiques de différents niveaux en français* [Thèse de doctorat, Université Paris III, Paris].
- Fougeron, C. (2005). Introduction à la Phonologie Articulatoire. In N. Nguyen, S. Wauquier-Gravelines & J. Durand (Eds.), *Phonologie et Phonétique : forme et substance* (pp. 265-290). Paris : Hermès.
- Fowler, C. (1995). Speech production. In J. Miller & P. Eimas (Eds.), *Handbook of Perception and Cognition: Speech, Language and Communication*, 11 (pp. 29-61). Academic Press: New York.
- Fuchs, S., Perrier, P., Geng, C., & Mooshammer C. (2006). What role does the palate play in speech motor control? Insights from tongue kinematics for German alveolar obstruents. In J. Harrington, & M. Tabain (Eds.), *Speech Production: Models, Phonetic Processes, and Techniques* (pp. 149-164). New-York: Psychology Press.

- Gick, B. (1999). *The articulatory basis of syllable structure: A study of English glides and liquids*. [Doctoral dissertation, Yale University, New Haven, CT].
- Givón, T. (1991). Markedness in grammar: distributional, communicative and cognitive correlates of syntactic structure. *Studies in language*, 15(2), 335-370.
- Goldstein, L., & Fowler, C. (2003). Articulatory phonology: a phonology for public language use. In A. Meyer, & N. Schiller (Eds.), *Phonetics and Phonology in Language Comprehension and Production: Differences and Similarities* (pp. 159-207). New York: Mouton.
- Goldstein, L., Byrd, D., & Saltzman, E. (2006). The role of vocal tract gestural action units in understanding the evolution of phonology. In M. A. Arbib (Ed.), *Action to language via the mirror neuron system* (pp. 215-249). Cambridge: Cambridge UP.
- Gracco V. L. (1994). Some organizational characteristics of speech movement control. *Journal of Speech and Hearing Research* 37, 4-27.
- Gvozdev, A. N. (1957). Obladajut li pozitsii razlichitelnoj funktsiej? *Voprosy jazykoznanija*, 6, 59 – 63.
- Guion, S. G. (1998). The Role of Perception in the Sound Change of Velar Palatalization. *Phonetica* 55, 18–52.
- Hála, B. (1960). *Fonetické obrazy hlásek*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Halle, M. (1971). *The sound pattern of Russian: A linguistic and acoustical investigation* [First printing 1959]. The Hague: Mouton.
- Halle, M., & Stevens, K. (1979). Some reflections on the theoretical bases of phonetics. In B. Lindblom & S. Ohman (Eds.), *Frontiers of speech communication* (pp. 335-349). London: Academic Press.
- Halle, M. (1988). Remarques sur la révolution scientifique en phonologie, 1926-1930. *Actes de la recherche en sciences sociales*, 74. 89-96.
- Harshman, R. A., Ladefoged, P., & Goldstein, L. (1977). Factor analysis of tongue shapes. *Journal of the Acoustical Society of America*, 62, 693–707.
- Hueber, T., Chollet, G., Denby, B., & Stone, M. (2008). Acquisition of ultrasound, video and acoustic speech data for a silent-speech interface application. *Proceedings of International Seminar on Speech Production* (Strasbourg, France), 365-369.
- Hume, E. (1994). *Front vowels, coronal consonants and their interaction in nonlinear phonology*. New York: Garland Publishing, Inc.

- Iskarous, K., (2005). Patterns of tongue movement. *Journal of Phonetics*, 33(4), 363-381.
- Iskarous, K., & Kavitskaya, D. (2018). Sound change and the structure of synchronic variability: Phonetic and phonological factors in Slavic palatalization. *Language*, 94(1), 43–83. <https://doi.org/10.1353/lan.2018.0001>
- Ivanov, V. V. (1990). *Istoricheskaja grammatika russkogo jazyka: Uchebnik dlja studentov ped. in-tov po spets. Rus. jaz. i lit. - 3-e izd.* Moscow: Prosveshchenie.
- Jakobson, R. (1929). Remarques sur l'évolution phonologique du russe comparée à celle des autres langues slaves. *Travaux du Cercle linguistique de Prague* 2 [repris dans Jakobson 1971, 7-116].
- Jakobson, R., Fant, G., & Halle, M. (1952). *Preliminaries to speech analysis: The distinctive features and their correlates*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Jakobson, R., & Halle, M. (1956). *Fundamentals of Language*. The Hague: Mouton.
- Jakobson, R. (1969). *Langage enfantin et aphasie*. Paris : Editions de Minuit.
- Jakobson, R. (1971). *Selected Writings I: Phonological Studies*. The Hague: Mouton.
- Kaminskaja, S. (2002). Gémination de surface dans des dialectes biélorusses et russes. *Revue québécoise de linguistique*, 31(2), 41–76.
- Kavitskaya, D. (2006). Perceptual salience and palatalization in Russian. In L. Goldstein, D.H. Whalen & C. T. Best (Eds.), *Laboratory Phonology 8* (pp. 589-610). Berlin: Mouton de Gruyter.
- Kavitskaya, D., Iskarous, K., Noiray, A., & Proctor, M. (2009). Trills and palatalization: Consequences for sound change. In J. Reich, M. Babyonyshev & D. Kavitskaya (Eds.), *Proceedings of the Formal Approaches to Slavic Linguistics*, 17 (pp. 97-110). Ann Arbor: Michigan Slavic Publications.
- Kaye, J., Lowenstamm J., & Vergnaud, J.-R. (1985). The internal structure of phonological elements: a theory of charm and government. *Phonology Yearbook* 2, 305-328.
- Keating, P. (1985). CV Phonology, Experimental Phonetics, and Coarticulation. *UCLA Working Papers in Phonetics* 62, 1-13.
- Keating, P. (1988). Palatals as complex segments: X-ray evidence. *UCLA Working Papers in Phonetics*, 69, 77-91.
- Keating, P. (1991). Coronal places of articulation. In C. Paradis & J.F. Prunet (Eds.), *The special status of coronals* (pp. 29-48). San Diego: Academic Press.

- Keating, P. (1993). Phonetic representation of palatalization versus fronting. *UCLA Working papers in phonetics*, 85, 6-21.
- Kedrova, G. Y., Anisimov, N. V., Zaharov, L. M., & Pirogov, Y. A. (2008). Magnetic Resonance investigation of palatalized stop consonants and spirants in Russian. *Proceedings of the International Congress of Acoustics, Paris, France, 2345–2350*.
- Kedrova, G. Y., Zaharov, L. M., Anisimov, N. V., & Pirogov, Y. A. (2009). MRI-based contrastive study of nasal and oral labial consonants' articulations in Russian. *Nasal 2009, Montpellier, France*.
- Kelso, J. A. S., Saltzman, E. L., & Tuller, B. (1986). The dynamical perspective on speech production: data and theory. *Journal of Phonetics*, 14(1), 29-59.
- Kingston, J. (2008). Lenition. In L. Colantoni & J. Steele (Eds.), *Selected Proceedings of the 3rd Conference on Laboratory Approaches to Spanish Phonology* (pp. 1-31). Somerville, MA: Cascadilla Proceedings Project.
- Knjazev, S. & Pozharitskaja, S. (2012). *Sovremennyj russkij literaturnyj jazyk. Fonetika, orfoepija, grafika, orfografija*. Moscow: Gaudeamus.
- Kochetov, A. (2002). *Production, perception and emergent phonotactic patterns: A case of contrastive palatalization*. New York: Routledge.
- Kochetov, A. (2006a). Testing licensing by cue: A case of Russian palatalized coronals. *Phonetica*, 63, 113-148.
- Kochetov, A. (2006b). Syllable position effects and gestural organization: Articulatory evidence from Russian. In L. G. Goldstein, D. H. Whalen & C. Best (Eds.), *Laboratory Phonology 8* (pp. 565-588). Berlin: de Gruyter.
- Kochetov, A. (2011). Palatalization. In M. van Oostendorp, C. J. Ewen, E. Hume & K. Rice (Eds.), *The Blackwell Companion to Phonology* (pp. 1666–1690). Malden, MA: WileyBlackwell.
- Koneczna, H. (1953). Co to jest mazurzenie. *Poradnik językowy*, 9, 1—17.
- Krakow, R. A. (1993). Nonsegmental influences on velum movement patterns: Syllables, sentences, stress, and speaking rate. In M. K. Huffman & R. A. Krakow (Eds.), *Nasals, Nasalization, and the Velum (Phonetics and Phonology 5)* (pp. 87-116). New York: Academic Press.
- Krakow, R. A. (1999). Physiological organization of syllables: a review. *Journal of Phonetics*, 27, 23-54.

- Kuznetsova, A. M. (1965). *Izmenenija glassnyh pod vlijaniem sosednih soglasnyh*. Moscow: Nauka.
- Kuznetsova, A. M. (1969). Nekotorye voprosy foneticheskoj kharakteristiki javlenija tverdosti-mjagkosti soglasnykh v russkikh govorakh. In S. S. Vysotskij (Ed.), *Eksperimentalno-foneticheskoe izučenie russkikh govorov* (pp. 35-140). Moscow: Nauka.
- Labrunie, M., Badin, P., Voit, D., Joseph, A.A., Frahm, J., Lamalle, L., Vilain, C., & Boë, L.-J. (2018). Automatic segmentation of speech articulators from real-time midsagittal MRI based on supervised learning. *Speech Communication*, 99, 27-46. <http://10.1016/j.specom.2018.02.004>
- Ladefoged, P. (1982). *A Course in Phonetics*, 2nd ed. New York: Harcourt Brace Jovanovich.
- Ladefoged, P., & Maddieson, I. (1986). Some of the sounds of the world's languages. *UCLA Working Papers in Phonetics*, 64, 1-137.
- Ladefoged, P., & Maddieson, I. (1996). *The sounds of the world's languages*. Oxford: Blackwell.
- Lahiri, A., & Evers, V. (1991). Palatalization and coronality. In C. Paradis & J. F. Prunet (Eds.), *Phonetics and phonology, Vol. 2, The special status of coronals: internal and external evidence* (pp. 79–100). London, San Diego: Academic Press Inc.
- Ljashevskaja, O. N., & Sharov, S. A. (2009). *Častotnyj slovar sovremennogo russkogo jazyka (na materialakh Natsionalnogo korpusa russkogo jazyka)*. Moscow: Azbukovnik. <http://dict.ruslang.ru/freq.php?>
- Lindblom, B., & Sundberg, J. (1971). Acoustical consequences of lip, tongue, jaw and larynx movement. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 50, 1166-1179.
- Lindblom, B., & Maddieson, I. (1988). Phonetic universals in consonant systems. In L. M. Hyman & C. N. Li (Eds.), *Language, speech and mind: Studies in Honour of Victoria A. Fromkin* (pp. 62-78). London: Routledge.
- Lindblom, B., & Engstrand, O. (1989). In what sense is speech quantal? *Journal of Phonetics*, 17, 107-121.
- Lindblom, B. (1990). On the notion of possible speech sound. *Journal of Phonetics*, 18, 135–152.
- Lindblom, B., Diehl, R., Park, S.-H., & Salvi, G. (2011). Sound systems are shaped by their users: The recombination of phonetic substance. In N. Clements & R. Ridouane (Eds.), *Where do phonological features come from?: Cognitive, physical and developmental bases of distinctive speech categories* (pp. 67-98). Amsterdam: John Benjamins.

- Litvin, N. (2014). *An ultrasound investigation of secondary velarization in Russian*. [MA thesis, University of Victoria].
- Locke, J. (1983). *Phonological acquisition and change*. New York: Academic Press.
- Löfqvist, A., & Gracco, V. (1999). Interarticulator programming in VCV sequences: Lip and tongue movements. *Journal of the Acoustical Society of America*, 105(3), 1864–1876.
- Lyon-Albuquerque Phonological Systems Database*. Consulté le 20 juin 2020 sur <http://www.lapsyd.ddl.cnrs.fr/lapsyd/index.php>
- MacNeilage, P. (1998). The frame/content theory of evolution of speech production. *Behavioral and Brain Sciences*, 21(04), 499-511.
- MacNeilage, P., Davis, B., Kinney, A., & Matyear, C. (1999). Origin of serial-output complexity in speech. *Psychological Science*, 10(5), 459-460.
- MacNeilage, P., & Davis, B. (2000). On the origin of internal structure of word forms. *Sciences*, 288, 527-531.
- MacNeilage, P. (2008). *The Origin of Speech*. Oxford: Oxford University Press.
- Maddieson, I. (1984). *Patterns of sounds*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Maddieson, I., & Precoda, K. (1990). Updating UPSID. *UCLA Working Papers in Phonetics*, 74, 104-111.
- Maddieson, I., & Precoda, K. (1992). Syllable structure and phonetic models. *Phonology*, 9, 45-60.
- Maddieson, I., Flavier, S., Marsico, E., Coupé C., & Pellegrino, F. (2013). LAPSyD: Lyon-Albuquerque Phonological Systems Database. In *Proceedings of Interspeech 2013* (pp. 3022-3026). Lyon, 25-29 August 2013.
- Malysheva, O., & Rogaleva, S. (2019). *Orfoepicheskie normy sovremennogo russkogo jazyka : uchebnoe posobie*. Omsk: Izd-vo Om. gos. un-ta.
- Marshal, A. (2007). *La production de la parole*. Paris : Lavoisier.
- Marchal, A. (2010). *From speech physiology to linguistic phonetics*. London: John Wiley & Sons.
- Matusevich, M.I. (1976). *Sovremennyy russkij jazyk. Fonetika*. Moscow: Prosveshchenie.
- Mawass, K., Badin, P., & Bailly, G. (2000). Synthesis of French fricatives by audio-video to articulatory inversion. *Acta Acoustica*, 86, 136–146.

- Menzerath, P. (1954). *Die Architektonik des deutsch Wortschatzes*. Bonn: Dummler.
- Mermelstein, P. (1973). Articulatory model for the study of speech production. *Journal of the Acoustical Society of America*, 53, 1070-1080.
- Miyawaki, K. (1974). A study on the musculature of the human tongue. *Annual Bulletin of the Research Institute of Logopedics and Phoniatrics*, 8, 22-50.
- Natsionalnyj korpus russkogo jazyka*. (2003 – 2020). Consulté le 15 novembre 2018 sur <https://ruscorpora.ru/new/>
- Nahtigal, R. (1963). *Slavjanskije jazyki*. [Per. so sloven. N. M. Elkinov]. Moscow: Izd-vo inostr. lit..
- Niemann, H., Mücke, D., Nam, H., Goldstein, L., & Grice, M. (2011). Tones as Gestures: The Case of Italian and German. *Proceedings of the 17th International Congress of Phonetic Sciences* (pp. 1486-1489). Hongkong, China.
- Ohala, J. (1978). Southern Bantu vs. the world: The case of palatalization of labials. *Proceedings of the 4th Annual Meeting of the Berkeley Linguistics Society* (pp. 370-386).
- Ohala, J. (1981). The listener as a source of sound change. In: C. S. Masek, R. A. Hendrick, & M. F. Miller (Eds.), *Papers from the Parasession on Language and Behavior*. Chicago: Chicago Ling. Soc. 178 - 203.
- Öhman, S. E. G. (1966). Coarticulation in VCV utterances: Spectrographic measurements. *Journal of the Acoustical Society of America*, 39, 151-168.
- Öhman, S. E. G. (1967). Numerical model of coarticulation. *Journal of the Acoustical Society of America*, 41, 310-320.
- Panov, M. V. (1967). *Russkaja fonetika*. Moscow: Prosveshchenie.
- Panov, M. V. (1979). *Sovremennij russkij jazyk. Fonetika. Uchebnik dlja universitetov*. Moscow: Vysshaja shkola.
- Paradis, C. (1993). Phonologie générative multilinéaire. In J.-L. Nespoulous (Ed.), *Tendances actuelles en linguistique* (pp. 11-47). Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.
- Perkell, J. S. (1974). *A physiologically oriented model of tongue activity in speech production*. [Thèse de doctorat, Massachusetts Institute of Technology, Boston, USA].
- Perrier, P., Payan, Y., Zandipour, M., & Perkell, J. (2003). Influences of tongue biomechanics on velar stop consonants: A modeling study. *Journal of the Acoustical Society of America*, 114(3), 1582-1599.

- Perrier, P., Payan, Y., & Marret, R. (2004). Modéliser le physique pour comprendre le contrôle : le cas de l'anticipation en production de parole. In R. Sock, & B. Vaxelaire (Eds.), *L'Anticipation à l'horizon du présent* (pp.159-177). Sprimont: Editions Mardaga.
- Peshkovskij, A. M. (1925). *Sbornik statej: Metodika rodnogo jazyka, lingvistika, stilistika, poetika*. Moscow: Gosizdat.
- Pirogova, N. K. (1980). Vokalizm *sovremennogo* russkogo *literaturnogo* jazyka : Sintagmatika i paradigmatika. Moscow: Izd-vo Moskovskogo un-ta.
- Pirogova, N. K. (2018). *Konsonantizm russkogo jazyka*. Moscow: MAKS Press.
- Popov, M. B. (1997). *Vvedenie v staroslavjanskij jazyk. Uchebnoe posobie*. Saint Petersburg: Izd-vo S.-Peterburg. un-ta.
- Popov, M. B. (2004). *Problemy sinkhronicheskoj i diakhronicheskoj fonologii russkogo jazyka*. Saint Petersburg: Izd-vo filologičeskogo fakulteta SPbGU.
- Recasens, D. (1984). Vowel-to-vowel coarticulation in Catalan VCV sequences. *Journal of the Acoustical Society of America*, 76, 1624-1635.
- Recasens, D. (1990). The articulatory characteristics of palatal consonants. *Journal of Phonetics*, 18, 267-280.
- Recasens, D., Farnetani, E., Fontdevila, J., & Pallarès, M.D. (1993). An electropalatographic study of alveolar and palatal consonants in Catalan and Italian. *Language and Speech*, 36, 213-234.
- Recasens, D., Fontdevila, J., & Pallarès, M. D. (1994). An Electropalatographic investigation of segmental complexity in alveolopalatal consonants. *Catalan working papers in linguistics*, 32, 71-96.
- Recasens, D., Fontdevila, J., & Pallarès, M. D. (1995). A production and perceptual account of palatalization. In B. Connell & A. Arvaniti (Eds.), *Phonology and Phonetic Evidence. Papers in Laboratory Phonology IV* (pp. 265-281). Cambridge: Cambridge University Press.
- Recasens, D., & Romero, J. (1997). An EMMA study of segmental complexity in alveolopalatals and palatalized alveolars. *Phonetica*, 54, 43-58.
- Recasens, D., & Espinosa, A. (2006). Articulatory, positional and contextual characteristics of palatal consonants: Evidence from Majorcan Catalan. *Journal of Phonetics*, 34(3), 295-318.

- Recasens, D., & Espinosa, A. (2009). An EMA investigation of lingual coarticulatory resistance and aggressiveness for consonants and vowels in Catalan VCV sequences. *Journal of the Acoustical Society of America*, 125, 2288-2298.
- Recasens, D., & Espinosa, A. (2010). Lingual kinematics and coarticulation for alveolopalatal and velar consonants in Catalan. *Journal of the Acoustical Society of America*, 127, 3154-3165.
- Recasens, D. (2013). On the articulatory classification of (alveolo)palatal consonants. *Journal of the International Phonetic Association*, 43, 1-23.
- Recasens, D. (2014). Acoustic and coarticulatory characteristics of (alveolo)palatal stop consonants, and velar softening. *Journal of Phonetics*, 42, 37-51.
- Recasens, D., & Rodriguez, C. (2016). An investigation of lingual coarticulation resistance using ultrasound. *Journal of Phonetics*, 59, 58-75.
- Reformatskij, A. A. (1957). *Fonologičeskie zametki. Voprosy jazykoznanija*, 2, 101—102.
- Reformatskij, A. A. (1970). *Iz istorii otechestvennoj fonologii*. Moscow: Nauka.
- Remnjova, M. L. (2012). *Staroslavjanskij jazyk. Učebnoe posobie*. Moscow: Izd-vo Moskovskogo un-ta.
- Rice, K. (2007). Markedness in phonology. In P. Lacy (Ed.), *The Cambridge Handbook of Phonology* (pp. 79-98). Cambridge: Cambridge University Press.
- Rousset, I. (2004). *Structures syllabiques et lexicales des langues du monde. Données, typologies, tendances universelles et contraintes substantielles*. [Thèse de doctorat, Université Grenoble III - Stendhal, Grenoble].
- Romano, A., Molino, G., & Rivoira, M. (2005). Caratteristiche acustiche e articolatorie delle occlusive palatali: alcuni esempi da dialetti del Piemonte e di altre aree italo-romane. In P. Cosi (Ed.), *Misura dei parametri: aspetti tecnologici ed implicazioni nei modelli linguistici*, (Atti del I convegno naz. AISV, Padova 2004), Padova, EDK, CDROM, 389-428.
- Rubach, J. (1984). *Cyclic and lexical phonology: the structure of polish*. Dordrecht: Foris Publications.
- Sagey E. (1986). *The representation of features and relations in non-linear phonology*. (Thèse de doctorat, MIT, Cambridge, Massachusetts).
- Sancier, M., & Fowler, C. (1997). Gestural drift in a bilingual speaker of Brazilian Portuguese and English. *Journal of Phonetics*, 25(4), 421-436.

- Scheer, T. (2020). Les palatalisations. In C. Marchello-Nizia, B. Combettes, S. Prévost & T. Scheer (Eds.), *Grande Grammaire Historique du Français* (pp. 226-258). Berlin, Boston: De Gruyter Mouton. doi: <https://doi.org/10.1515/9783110348194-017>
- Scobbie, J., Wrench, A., & van der Linden, M. (2008). Head-Probe stabilisation in ultrasound tongue imaging using a headset to permit natural head movement. *Proceedings of the 8th International Seminar on Speech Production*, 373-376.
- Selkirk, E. (1982). The syllable. In H. V. der Hulst, & N. Smith (Eds.), *The structure of phonological representations: Part 2* (pp. 337-384). Dordrecht: Foris.
- Selkirk, E. (1984). On the major class features and syllable theory. In M. Aronoff & R. T. Oehrle (Eds.), *Language sound structure*. Cambridge: MIT Press.
- Seriot, P. Université de Lausanne. *Cours de linguistique 2^{ème} année*. Consulté le 3 mars 2014 sur <http://www2.unil.ch/slav/ling/cours/POLYI.2/palatalisation.pdf>
- Serrurier, A., & Badin, P. (2008). A three-dimensional articulatory model of the velum and nasopharyngeal wall based on MRI and CT data. *Journal of the Acoustical Society of America*, 123(4), 2335-2355. <http://dx.doi.org/10.1121/1.2875111>.
- Serrurier, A., Badin, P., Lamalle, L., & Neuschaefer-Rube, C. (2019). Characterization of inter-speaker articulatory variability: a two-level multi-speaker modelling approach based on MRI data. *Journal of the Acoustical Society of America*, 145(4), 2149-2170. <https://doi.org/10.1121/1.5096631>.
- Shamanova, M. V., & Talitskaja, A. A. (2018). *Fonetika russkogo jazyka : istoricheskij i sinkhronicheskij aspekty : uchebnoe posobie*. Jaroslavl: Jarosl. gos. un-t im. P. G. Demidova.
- Silva, S., Martins, P., Oliveira, C., & Teixeira, A. (2014). Quantitative analysis of /l/ production from RT-MRI: First results. In *Advances in Speech and Language Technologies for Iberian Languages: Second International Conference, IberSPEECH 2014*, Las Palmas de Gran Canaria, Spain, November 19-21, 2014. (J.L. Navarro Mesa, A. Ortega, A. Teixeira, E. Hernández Pérez, P. Quintana Morales, A. Ravelo García, I. Guerra Moreno & D.T. Toledano, editors), pp. 30-39. Cham: Springer International Publishing. http://10.1007/978-3-319-13623-3_4.
- Skalozub, L. (1963). *Palatogrammy i rentgenogrammy soglasnykh fonem russkogo literaturnogo jazyka*. Kiev: Izdatelstvo Kievskogo universiteta.
- Sokoloff, A. J. (2003). Neuromuscular strategies for human tongue movement. In *Proceedings of the Fifteenth International Congress of Phonetic Sciences* (pp. 3181–3183). Barcelona, Spain.

- Sproat, R., & Fujimura, O. (1993). Allophonic variation in English /l/ and its implications for phonetic implementation. *Journal of Phonetics*, 21, 291–311.
- Stevens, K. N. (2000). *Acoustic Phonetics*. Cambridge, MA and London, UK: MIT Press.
- Stone, M. (1991). Toward a model of three-dimensional tongue movement. *Journal of Phonetics*, 19, 309-320.
- Stone, M., & Lundberg, A. (1996). Three-dimensional tongue surface shapes of English consonants and vowels. *Journal of the Acoustical Society of America*, 99(6), 3728-37.
- Stone, M., Epstein, M. A., & Iskarous, K. (2004). Functional segments in tongue movement. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 18(6-8), 507-521. DOI: 10.1080/02699200410003583
- Straka, G. (1964). L'évolution phonétique du latin au français sous l'effet de l'énergie et de la faiblesse articuloires. *Travaux de linguistique et de littérature*, 2, 17-98.
- Straka, G. (1965). Naissance et disparition des consonnes palatales dans l'évolution du latin au français. *Travaux de linguistique et de littérature*, 3, 117-167.
- Takemoto, H. (2001). Morphological analysis of the human tongue musculature for threedimensional modelling. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 44, 95–107.
- Trubetzkoy, N. S. (1939). *Grundzüge der Phonologie [Principes de phonologie]*. Traduction de Jean Cantineau. Paris: Klincksieck.
- Vallée, N., Boë, L. J., & Stefanuto, M. (1999). Typologies phonologiques et tendances universelles. Approche substantialiste. *Linx*, 11. Retrieved from: <http://linx.revues.org/863>
- Vallée, N., Boë, L. J., Schwartz, J. L., Badin, P., & Abry, C. (2002). The weight of substance in phonological structure tendencies of the world's languages. *ZAS-Paper in Linguistics*, 28, 145-168.
- Vallée, N., & Rousset, I. (2004). Indices en typologie des structures lexicales et syllabiques pour la discrimination et l'identification des langues. In *Actes du colloque Identification des langues et des variétés dialectales par les humains et par les machines*, pp. 37-42. Paris: ENST.
- Vallée, N., Rossato, S., & Rousset, I. (2009). Favoured syllabic patterns in the world's languages and sensorimotor constraints. In F. Pellegrino, E. Marsico, I. Chitoran & C. Coupé (Eds.), *Approaches to Phonological Complexity* (pp. 111-139). Berlin: Mouton de Gruyter.

- Vallée, N. (2017). *Phonologie et capacités sensorimotrices : de la syllabe au phonème*. [Habilitation à diriger des recherches, Université Lumières Lyon 2, Lyon].
- Vallée, N., & Faure-Vincent, D. (2020). *Plateforme de la base de données du projet de recherche G-ULSID*. Consulté le 25 décembre 2020 sur <http://g-ulsid.univ-grenoble-alpes.fr/index.php>
- Zinder, L. R. (1979). *Obschaja fonetika*. Moscow: Vysshaja shkola.
- Zsiga, E. C. (2000). Phonetic alignment constraints: Consonant overlap and palatalization in English and Russian. *Journal of Phonetics*, 28(1), 69-102.
- Zlatoustova, L. V., Potapova, R. K., & Trunin-Donskoj, V. N. (1986). *Obschaja i prikladnaja fonetika*. Moscow: Izd-vo MGU.

ANNEXES

Annexe 1

Corpus complet de 40 unités lexicales enregistré pour l'étude EMA

Paire minimale	Tonique <i>vs</i> atone	Attaque <i>vs</i> coda	Cluster C ₁ C ₂ VC où C ₁ ne se palatalise pas
/pɪl/	/'pɪ.sətʃ/	/pʲətʃ/	/prʲədʃ/
/pʲɪl/	/pɪ.'sətʃ/	/tɒpʃ/	/tkʲɔt/
/tʊk/	/'tʃe.lo/	/tʰap/	/srʲez/
/tʲʊk/	/tʃe.'la/	/matʃ/	/'frʲes.ku/
/ser/	/'sʃe.la/	/sʲədʃ/	/ʃlʲen/
/sʲer/	/sʃe.'la/	/lɒsʃ/	/ʃmʲelʃ/
	/'fɪ.lʃe/	/fʲert/	
	/fɪ.'lʃe/	/vʲerfʃ/	
	/'ʃer.tʃi/	/ʃem/	
	/ʃer.'tʃi/	/mʲetʃ/	
	/ʃ:ɪt/	/ʃov/	
	/ʃ:ɪ.'ta/	/voʃ/	
	/ʃestʃ/	/ʃ:elʃ/	
	/ʃes.'tʃi/	/lʲef:ʃ:/	

Annexe 2

Formulaire de consentement éclairé distribué aux participants de l'étude EMA

DOCUMENT D'INFORMATION et CONSENTEMENT DE PARTICIPATION

Remis aux participants à la recherche

Investigateurs principaux :

Responsable scientifique : Nathalie Vallée

Expérimentateurs : Christophe Savariaux, Ekaterina Biteeva

Titre du projet de recherche :

PALGEST (Palatalisation)

Lieu de l'expérience :

Gipsa-lab Pôle Parole et Cognition

Salle E017

Université Grenoble Alpes, 1180 avenue Centrale

38 040 GRENOBLE CEDEX 9

Objectif scientifique général :

Nous effectuons cette recherche dans le but d'obtenir des informations relatives aux mouvements des articulateurs durant la production de parole, en utilisant la technique de l'articulographe électromagnétique. Cette technique permet d'enregistrer les mouvements des articulateurs : lèvres, langue, mâchoire inférieure, à l'aide de petites bobines collées sur la muqueuse. A l'aide d'un casque fixé sur la tête, les coordonnées dans le plan médio-sagittal de chaque bobine sont extraites et permettent de mesurer le mouvement (trajectoire, vitesse, amplitude) des articulateurs de la parole (fréquence d'échantillonnage de 200 kHz). Nous nous proposons d'utiliser cette technique de mesure pour suivre les mouvements de la mâchoire, des lèvres et de la langue lors de la production de phrases courtes.

Méthodologie :

L'enregistrement avec l'articulographe électromagnétique (EMA) durera environ 1h. Vous serez assis avec un casque maintenu sur la tête, casque sur lequel sont montées trois bobines émettant chacune un champ électromagnétique d'une intensité moyenne de $35\mu\text{T}$. Le champ magnétique émis par chaque bobine émettrice induit un faible courant électrique dans des bobines réceptrices collées sur les articulateurs, permettant ainsi d'en déduire sa distance. Par un processus de triangularisation, les coordonnées des bobines dans le plan médio-sagittal sont donc extraites après analyse du courant traversant la bobine en question.

Sept à dix bobines réceptrices sont collées en des positions précises. La colle utilisée, de la famille des cyanoacrylates, est une colle biomédicale utilisée dans le milieu médical.

Pour cette expérimentation, nous avons choisi de fixer les bobines de la façon suivante :

- une bobine est collée sur l'arrête du nez

- une bobine est collée sur la gencive supérieure au milieu des deux incisives
- une bobine est collée sur la mâchoire inférieure, au niveau de deux incisives
- quatre bobines sont collées sur la langue

Une fois les bobines collées, l'expérimentateur positionne le casque sur la tête du sujet et les enregistrements peuvent commencer.

Dans un premier temps, des enregistrements de références sont demandés : incisives jointes, plan médian, position de repos,...

Puis l'enregistrement du corpus peut commencer. Les énoncés que le sujet doit prononcer sont affichés en gros caractères sur un écran en face de lui. Les enregistrements sont regroupés en blocs de plusieurs secondes. L'opérateur indique au sujet le moment où il doit commencer à parler via un double bip puis la fin du bloc via un simple bip, et ensuite donne le départ pour le bloc suivant.

Si une bobine se décolle durant l'enregistrement, on peut arrêter là les enregistrements ou la recoller pour poursuivre. Cette décision sera prise en temps voulu avec vous.

Vous pourrez à tout moment arrêter l'enregistrement si vous éprouvez une gêne quelconque et on vous enlèvera tout l'appareillage.

Caractéristiques de la technique d'EMA :

Avantages : L'articulographe électromagnétique permet d'obtenir une grande quantité de mesures sur les mouvements articulatoires de façon non-invasive (aucune substance ne sera injectée dans votre corps).

Contraintes : Vos mouvements sont très limités durant toute la phase de l'enregistrement, le casque vous maintient la tête dans la même position durant toute la période de l'enregistrement.

Contre-indications :

- * intolérance à la colle ou au latex, un test d'allergie sera effectué avant l'enregistrement
- * personne enceinte
- * existence d'une affection sévère sur le plan général : cardiaque, respiratoire, hématologique, rénale, hépatique, cancéreuse
- * présence intracorporelle d'objets ferromagnétiques (implants métalliques, pacemaker, éclats d'obus, plombs de chasse...)
- * sujet présentant une pathologie psychiatrique patente

Nom :

Prénom :

Langue Maternelle :

CONSENTEMENT à l'étude

J'ai lu et compris les consignes et je suis volontaire pour participer à cette expérience.

Je donne mon consentement pour autoriser le laboratoire à se servir de mon image et des données enregistrées à des fins de recherche et ceci pendant toute la durée de cette étude.

Date :

Signature

Annexe 3

Moyennes M et écarts types SD correspondants (exprimés en cm) des points des coordonnées des bobines suivantes TT, TB, TD_m et TD_b pour l'ensemble des 9 locuteurs et les consonnes du corpus EMA

Bobine	Mot	Consonne	Locuteur	M (x)	SD (x)	M (y)	SD (y)
TT	tuk	t	AD	2,481	0,120	0,453	0,070
TD _b	tuk	t	AD	5,464	0,124	-0,640	0,140
TD _m	tuk	t	AD	4,330	0,099	-0,389	0,121
TB	tuk	t	AD	3,053	0,194	0,809	0,112
TT	ʃ:i.'ta	ʃ:	AD	2,694	0,114	0,075	0,073
TD _b	ʃ:i.'ta	ʃ:	AD	5,544	0,098	0,330	0,112
TD _m	ʃ:i.'ta	ʃ:	AD	4,545	0,087	0,568	0,091
TB	ʃ:i.'ta	ʃ:	AD	2,814	0,120	0,966	0,062
TT	tʰap	tʰ	AD	2,523	0,125	0,453	0,041
TD _b	tʰap	tʰ	AD	5,253	0,080	0,097	0,093
TD _m	tʰap	tʰ	AD	4,330	0,114	0,415	0,112
TB	tʰap	tʰ	AD	2,826	0,083	1,012	0,056
TT	matʰ	tʰ	AD	2,466	0,137	0,383	0,035
TD _b	matʰ	tʰ	AD	5,402	0,115	0,157	0,085
TD _m	matʰ	tʰ	AD	4,466	0,113	0,484	0,113
TB	matʰ	tʰ	AD	2,849	0,091	0,973	0,049
TT	fem	f	AD	2,477	0,136	0,445	0,082
TD _b	fem	f	AD	5,345	0,046	0,397	0,103
TD _m	fem	f	AD	4,413	0,054	0,578	0,031
TB	fem	f	AD	2,819	0,118	1,045	0,057
TT	mʰeɸ	f	AD	2,510	0,212	0,479	0,104
TD _b	mʰeɸ	f	AD	5,400	0,140	0,335	0,102
TD _m	mʰeɸ	f	AD	4,501	0,173	0,741	0,052
TB	mʰeɸ	f	AD	2,953	0,203	1,076	0,073
TT	fɔv	f	AD	3,585	0,055	0,522	0,041
TD _b	fɔv	f	AD	6,473	0,079	0,283	0,127
TD _m	fɔv	f	AD	5,467	0,108	0,121	0,086
TB	fɔv	f	AD	4,155	0,102	0,667	0,068
TT	voɸ	f	AD	3,672	0,044	0,614	0,062
TD _b	voɸ	f	AD	6,547	0,100	0,412	0,110
TD _m	voɸ	f	AD	5,543	0,071	0,259	0,133
TB	voɸ	f	AD	4,197	0,067	0,752	0,087
TT	ʃ:elʰ	ʃ:	AD	2,675	0,107	0,234	0,218
TD _b	ʃ:elʰ	ʃ:	AD	5,497	0,042	0,311	0,044
TD _m	ʃ:elʰ	ʃ:	AD	4,537	0,126	0,477	0,173
TB	ʃ:elʰ	ʃ:	AD	2,966	0,193	0,968	0,194
TT	liɸʃ:	ʃ:	AD	2,796	0,033	0,423	0,083
TD _b	liɸʃ:	ʃ:	AD	5,656	0,092	0,137	0,163
TD _m	liɸʃ:	ʃ:	AD	4,813	0,049	0,611	0,114

TB	liɛʃ:	ʃ:	AD	3,270	0,081	1,115	0,016
TT	tʰuk	tʃ	AD	2,539	0,351	0,490	0,167
TD _b	tʰuk	tʃ	AD	5,314	0,166	0,061	0,268
TD _m	tʰuk	tʃ	AD	4,400	0,253	0,482	0,108
TB	tʰuk	tʃ	AD	2,904	0,357	1,012	0,159
TT	'tʃe.lo	tʃ	AD	2,666	0,284	0,564	0,123
TD _b	'tʃe.lo	tʃ	AD	5,360	0,184	0,018	0,344
TD _m	'tʃe.lo	tʃ	AD	4,470	0,291	0,332	0,219
TB	'tʃe.lo	tʃ	AD	3,052	0,278	1,040	0,119
TT	tʃe.'la	tʃ	AD	2,490	0,082	0,452	0,021
TD _b	tʃe.'la	tʃ	AD	5,293	0,073	0,274	0,138
TD _m	tʃe.'la	tʃ	AD	4,347	0,106	0,482	0,071
TB	tʃe.'la	tʃ	AD	2,813	0,084	1,015	0,023
TT	'tʃer.tʃi	tʃ	AD	2,573	0,099	0,479	0,057
TD _b	'tʃer.tʃi	tʃ	AD	5,385	0,135	0,317	0,085
TD _m	'tʃer.tʃi	tʃ	AD	4,484	0,139	0,534	0,051
TB	'tʃer.tʃi	tʃ	AD	2,969	0,106	1,069	0,053
TT	tʃer.'tʃi	tʃ	AD	2,350	0,098	0,343	0,060
TD _b	tʃer.'tʃi	tʃ	AD	5,279	0,072	0,373	0,125
TD _m	tʃer.'tʃi	tʃ	AD	4,289	0,109	0,628	0,068
TB	tʃer.'tʃi	tʃ	AD	2,728	0,099	1,001	0,063
TT	ʃestʃ	ʃ	AD	3,566	0,030	0,487	0,050
TD _b	ʃestʃ	ʃ	AD	6,421	0,086	0,253	0,141
TD _m	ʃestʃ	ʃ	AD	5,365	0,044	0,175	0,099
TB	ʃestʃ	ʃ	AD	4,069	0,027	0,719	0,068
TT	ʃes.'tʃi	ʃ	AD	3,559	0,123	0,516	0,037
TD _b	ʃes.'tʃi	ʃ	AD	6,415	0,193	0,431	0,012
TD _m	ʃes.'tʃi	ʃ	AD	5,345	0,150	0,330	0,035
TB	ʃes.'tʃi	ʃ	AD	3,990	0,095	0,828	0,037
TT	ʃi:it	ʃ:	AD	2,658	0,070	0,142	0,125
TD _b	ʃi:it	ʃ:	AD	5,512	0,044	0,295	0,100
TD _m	ʃi:it	ʃ:	AD	4,523	0,046	0,545	0,112
TB	ʃi:it	ʃ:	AD	2,869	0,127	0,969	0,089
TT	tuk	t	IH	0,854	0,045	0,958	0,036
TD _b	tuk	t	IH	4,901	0,045	0,258	0,066
TD _m	tuk	t	IH	3,444	0,031	0,484	0,063
TB	tuk	t	IH	1,917	0,052	0,466	0,066
TT	ʃi:i.'ta	ʃ:	IH	1,660	0,045	1,457	0,038
TD _b	ʃi:i.'ta	ʃ:	IH	4,724	0,039	-0,252	0,047
TD _m	ʃi:i.'ta	ʃ:	IH	4,073	0,026	1,026	0,034
TB	ʃi:i.'ta	ʃ:	IH	2,736	0,033	1,504	0,041
TT	tʃap	tʃ	IH	0,637	0,151	1,149	0,103
TD _b	tʃap	tʃ	IH	4,446	0,116	0,113	0,060
TD _m	tʃap	tʃ	IH	3,318	0,123	1,188	0,042

TB	tʰap	tʰ	IH	1,791	0,168	1,321	0,058
TT	matʰ	tʰ	IH	0,825	0,127	1,201	0,088
TD _b	matʰ	tʰ	IH	4,554	0,065	0,010	0,090
TD _m	matʰ	tʰ	IH	3,523	0,083	1,135	0,087
TB	matʰ	tʰ	IH	2,013	0,106	1,297	0,057
TT	fem	f	IH	1,594	0,170	1,466	0,036
TD _b	fem	f	IH	4,554	0,089	-0,310	0,121
TD _m	fem	f	IH	3,952	0,115	0,972	0,089
TB	fem	f	IH	2,655	0,154	1,508	0,053
TT	mʰeʃ	f	IH	1,551	0,149	1,405	0,078
TD _b	mʰeʃ	f	IH	4,570	0,150	-0,185	0,038
TD _m	mʰeʃ	f	IH	3,909	0,131	1,072	0,042
TB	mʰeʃ	f	IH	2,592	0,162	1,510	0,060
TT	ʃov	ʃ	IH	1,764	0,081	1,019	0,056
TD _b	ʃov	ʃ	IH	5,382	0,067	0,584	0,117
TD _m	ʃov	ʃ	IH	4,117	0,065	1,074	0,090
TB	ʃov	ʃ	IH	2,691	0,073	0,971	0,039
TT	voʃ	ʃ	IH	1,734	0,122	1,031	0,164
TD _b	voʃ	ʃ	IH	5,208	0,092	0,418	0,194
TD _m	voʃ	ʃ	IH	4,043	0,143	1,053	0,143
TB	voʃ	ʃ	IH	2,641	0,136	0,943	0,167
TT	ʃi:elʰ	ʃi:	IH	1,570	0,226	1,437	0,093
TD _b	ʃi:elʰ	ʃi:	IH	4,546	0,138	-0,355	0,082
TD _m	ʃi:elʰ	ʃi:	IH	3,965	0,177	0,955	0,076
TB	ʃi:elʰ	ʃi:	IH	2,636	0,241	1,447	0,042
TT	li:ɛʃi:	ʃi:	IH	1,504	0,147	1,358	0,090
TD _b	li:ɛʃi:	ʃi:	IH	4,539	0,161	-0,209	0,129
TD _m	li:ɛʃi:	ʃi:	IH	3,889	0,142	1,047	0,085
TB	li:ɛʃi:	ʃi:	IH	2,536	0,168	1,443	0,050
TT	tʰuk	tʰ	IH	0,675	0,139	1,159	0,115
TD _b	tʰuk	tʰ	IH	4,538	0,083	0,175	0,096
TD _m	tʰuk	tʰ	IH	3,395	0,123	1,290	0,094
TB	tʰuk	tʰ	IH	1,839	0,179	1,428	0,091
TT	'tʰe.lo	tʰ	IH	0,728	0,094	1,148	0,059
TD _b	'tʰe.lo	tʰ	IH	4,490	0,062	0,038	0,124
TD _m	'tʰe.lo	tʰ	IH	3,391	0,079	1,143	0,087
TB	'tʰe.lo	tʰ	IH	1,869	0,113	1,297	0,059
TT	tʰe.'la	tʰ	IH	0,757	0,053	1,191	0,047
TD _b	tʰe.'la	tʰ	IH	4,603	0,055	0,165	0,036
TD _m	tʰe.'la	tʰ	IH	3,442	0,043	1,257	0,044
TB	tʰe.'la	tʰ	IH	1,912	0,066	1,387	0,055
TT	'fɛr.tʰi	f	IH	1,504	0,082	1,427	0,053
TD _b	'fɛr.tʰi	f	IH	4,557	0,050	-0,238	0,100
TD _m	'fɛr.tʰi	f	IH	3,891	0,064	1,029	0,051

TB	'f _{er} .t _i	f	IH	2,565	0,090	1,499	0,053
TT	f _{er} .'t _i	f	IH	1,441	0,145	1,399	0,042
TD _b	f _{er} .'t _i	f	IH	4,618	0,111	-0,111	0,077
TD _m	f _{er} .'t _i	f	IH	3,881	0,120	1,150	0,052
TB	f _{er} .'t _i	f	IH	2,489	0,139	1,470	0,023
TT	f _{est} ^j	f	IH	1,809	0,048	1,089	0,024
TD _b	f _{est} ^j	f	IH	5,422	0,035	0,477	0,084
TD _m	f _{est} ^j	f	IH	4,196	0,032	1,072	0,050
TB	f _{est} ^j	f	IH	2,760	0,032	1,038	0,042
TT	f _{es} .'t _i	f	IH	1,684	0,063	1,027	0,044
TD _b	f _{es} .'t _i	f	IH	5,283	0,026	0,308	0,031
TD _m	f _{es} .'t _i	f	IH	4,088	0,033	0,980	0,026
TB	f _{es} .'t _i	f	IH	2,632	0,051	0,988	0,040
TT	f _i :it	f _i :	IH	1,740	0,071	1,450	0,052
TD _b	f _i :it	f _i :	IH	4,568	0,046	-0,540	0,076
TD _m	f _i :it	f _i :	IH	4,075	0,049	0,790	0,068
TB	f _i :it	f _i :	IH	2,805	0,062	1,399	0,055
TT	tuk	t	IM	1,473	0,092	0,649	0,087
TD _b	tuk	t	IM	5,526	0,059	-0,521	0,221
TD _m	tuk	t	IM	4,044	0,037	0,070	0,200
TB	tuk	t	IM	2,416	0,023	0,078	0,124
TT	f _i :i.'ta	f _i :	IM	1,796	0,270	1,321	0,161
TD _b	f _i :i.'ta	f _i :	IM	4,718	0,381	-0,721	0,345
TD _m	f _i :i.'ta	f _i :	IM	4,531	0,163	0,746	0,309
TB	f _i :i.'ta	f _i :	IM	3,242	0,265	1,453	0,144
TT	t _{ap}	t _j	IM	0,957	0,219	0,888	0,073
TD _b	t _{ap}	t _j	IM	4,784	0,162	-0,476	0,241
TD _m	t _{ap}	t _j	IM	4,033	0,095	1,093	0,291
TB	t _{ap}	t _j	IM	2,212	0,049	1,318	0,412
TT	mat ^j	t _j	IM	0,537	0,130	0,737	0,157
TD _b	mat ^j	t _j	IM	4,607	0,099	-0,676	0,118
TD _m	mat ^j	t _j	IM	4,132	0,068	0,988	0,162
TB	mat ^j	t _j	IM	2,389	0,124	1,563	0,069
TT	f _{em}	f	IM	1,692	0,247	1,439	0,086
TD _b	f _{em}	f	IM	4,384	0,160	-0,842	0,120
TD _m	f _{em}	f	IM	4,326	0,136	0,782	0,250
TB	f _{em}	f	IM	3,115	0,257	1,521	0,156
TT	m ⁱ e _f	f	IM	1,587	0,299	1,218	0,180
TD _b	m ⁱ e _f	f	IM	4,358	0,148	-1,227	0,053
TD _m	m ⁱ e _f	f	IM	4,240	0,037	0,283	0,096
TB	m ⁱ e _f	f	IM	3,088	0,163	0,998	0,083
TT	f _{ov}	f	IM	2,317	0,095	1,128	0,075
TD _b	f _{ov}	f	IM	5,900	0,064	-0,487	0,171
TD _m	f _{ov}	f	IM	5,058	0,047	0,526	0,168

TB	foʋ	f	IM	3,791	0,062	0,779	0,146
TT	voʋ	f	IM	2,155	0,196	1,226	0,185
TD _b	voʋ	f	IM	5,220	0,473	-0,973	0,123
TD _m	voʋ	f	IM	4,747	0,184	0,308	0,089
TB	voʋ	f	IM	3,625	0,154	0,886	0,250
TT	fʰ:elʰ	fʰ:	IM	1,878	0,177	1,360	0,095
TD _b	fʰ:elʰ	fʰ:	IM	4,475	0,185	-0,987	0,203
TD _m	fʰ:elʰ	fʰ:	IM	4,437	0,070	0,521	0,204
TB	fʰ:elʰ	fʰ:	IM	3,236	0,171	1,336	0,129
TT	lʰeʃʰ:	fʰ:	IM	1,869	0,155	1,324	0,031
TD _b	lʰeʃʰ:	fʰ:	IM	4,489	0,077	-1,188	0,065
TD _m	lʰeʃʰ:	fʰ:	IM	4,399	0,060	0,282	0,118
TB	lʰeʃʰ:	fʰ:	IM	3,358	0,073	1,083	0,068
TT	tʰuk	tʰ	IM	0,785	0,114	0,880	0,098
TD _b	tʰuk	tʰ	IM	4,745	0,116	-0,290	0,106
TD _m	tʰuk	tʰ	IM	3,964	0,140	1,301	0,094
TB	tʰuk	tʰ	IM	2,193	0,150	1,492	0,040
TT	'tʰe.lo	tʰ	IM	0,891	0,053	0,964	0,069
TD _b	'tʰe.lo	tʰ	IM	4,564	0,301	-0,461	0,349
TD _m	'tʰe.lo	tʰ	IM	4,030	0,111	1,315	0,277
TB	'tʰe.lo	tʰ	IM	2,227	0,056	1,506	0,050
TT	tʰe.'la	tʰ	IM	0,866	0,125	0,949	0,078
TD _b	tʰe.'la	tʰ	IM	4,785	0,465	-0,247	0,350
TD _m	tʰe.'la	tʰ	IM	4,070	0,140	1,398	0,230
TB	tʰe.'la	tʰ	IM	2,218	0,099	1,492	0,029
TT	'fʰer.tʰi	fʰ	IM	1,679	0,096	1,430	0,046
TD _b	'fʰer.tʰi	fʰ	IM	4,454	0,150	-1,041	0,181
TD _m	'fʰer.tʰi	fʰ	IM	4,234	0,084	0,434	0,226
TB	'fʰer.tʰi	fʰ	IM	3,096	0,055	1,305	0,141
TT	fʰer.'tʰi	fʰ	IM	1,526	0,155	1,329	0,071
TD _b	fʰer.'tʰi	fʰ	IM	4,496	0,217	-0,965	0,171
TD _m	fʰer.'tʰi	fʰ	IM	4,180	0,112	0,509	0,211
TB	fʰer.'tʰi	fʰ	IM	3,001	0,138	1,353	0,086
TT	fʰestʰ	f	IM	2,130	0,096	1,127	0,040
TD _b	fʰestʰ	f	IM	5,566	0,224	-0,720	0,158
TD _m	fʰestʰ	f	IM	4,834	0,119	0,414	0,097
TB	fʰestʰ	f	IM	3,559	0,076	0,796	0,048
TT	fʰes.'tʰi	f	IM	1,934	0,059	1,224	0,035
TD _b	fʰes.'tʰi	f	IM	5,335	0,104	-0,769	0,129
TD _m	fʰes.'tʰi	f	IM	4,704	0,068	0,482	0,120
TB	fʰes.'tʰi	f	IM	3,377	0,037	1,010	0,072
TT	fʰ:it	fʰ:	IM	1,907	0,151	1,432	0,094
TD _b	fʰ:it	fʰ:	IM	4,420	0,380	-0,884	0,179
TD _m	fʰ:it	fʰ:	IM	4,535	0,174	0,760	0,153

TB	ʃi:it	ʃi:	IM	3,308	0,205	1,485	0,091
TT	tuk	t	KB	0,316	0,251	0,635	0,178
TD _b	tuk	t	KB	4,416	0,051	1,282	0,042
TD _m	tuk	t	KB	2,957	0,132	1,199	0,070
TB	tuk	t	KB	1,370	0,170	0,772	0,063
TT	ʃi:i.'ta	ʃi:	KB	0,787	0,107	0,573	0,139
TD _b	ʃi:i.'ta	ʃi:	KB	4,608	0,058	0,698	0,106
TD _m	ʃi:i.'ta	ʃi:	KB	3,240	0,076	1,749	0,029
TB	ʃi:i.'ta	ʃi:	KB	2,000	0,084	0,864	0,091
TT	tʰap	tʰ	KB	0,321	0,275	0,626	0,143
TD _b	tʰap	tʰ	KB	4,320	0,169	0,983	0,148
TD _m	tʰap	tʰ	KB	2,956	0,159	1,681	0,061
TB	tʰap	tʰ	KB	1,571	0,203	0,889	0,064
TT	matʰ	tʰ	KB	0,536	0,170	0,669	0,080
TD _b	matʰ	tʰ	KB	4,558	0,078	0,635	0,047
TD _m	matʰ	tʰ	KB	3,196	0,072	1,705	0,031
TB	matʰ	tʰ	KB	1,761	0,146	0,904	0,069
TT	ʃem	ʃ	KB	0,323	0,131	0,564	0,137
TD _b	ʃem	ʃ	KB	4,518	0,082	1,080	0,091
TD _m	ʃem	ʃ	KB	3,000	0,081	1,770	0,047
TB	ʃem	ʃ	KB	1,570	0,102	1,041	0,065
TT	m ⁱ eʃʃ	ʃ	KB	0,482	0,074	0,404	0,185
TD _b	m ⁱ eʃʃ	ʃ	KB	4,372	0,057	0,730	0,056
TD _m	m ⁱ eʃʃ	ʃ	KB	3,022	0,025	1,841	0,011
TB	m ⁱ eʃʃ	ʃ	KB	1,752	0,077	0,927	0,064
TT	ʃov	ʃ	KB	1,663	0,068	1,206	0,015
TD _b	ʃov	ʃ	KB	5,319	0,067	0,836	0,042
TD _m	ʃov	ʃ	KB	3,984	0,073	1,540	0,064
TB	ʃov	ʃ	KB	2,704	0,067	1,122	0,048
TT	voʃ	ʃ	KB	1,734	0,066	1,207	0,041
TD _b	voʃ	ʃ	KB	5,301	0,045	0,642	0,051
TD _m	voʃ	ʃ	KB	4,093	0,077	1,586	0,056
TB	voʃ	ʃ	KB	2,768	0,064	1,112	0,074
TT	ʃi:elʰ	ʃi:	KB	0,889	0,156	0,717	0,215
TD _b	ʃi:elʰ	ʃi:	KB	4,556	0,077	0,602	0,104
TD _m	ʃi:elʰ	ʃi:	KB	3,210	0,124	1,609	0,060
TB	ʃi:elʰ	ʃi:	KB	1,995	0,122	0,888	0,125
TT	liɛʃʃ:	ʃi:	KB	0,767	0,105	0,374	0,219
TD _b	liɛʃʃ:	ʃi:	KB	4,449	0,030	0,589	0,058
TD _m	liɛʃʃ:	ʃi:	KB	3,110	0,051	1,728	0,032
TB	liɛʃʃ:	ʃi:	KB	1,939	0,071	0,819	0,088
TT	tʰuk	tʰ	KB	0,419	0,197	0,656	0,114
TD _b	tʰuk	tʰ	KB	4,424	0,102	0,950	0,061
TD _m	tʰuk	tʰ	KB	3,022	0,114	1,836	0,053

TB	tʰuk	tʰ	KB	1,616	0,118	1,075	0,115
TT	'tʰe.lo	tʰ	KB	0,420	0,252	0,677	0,129
TD _b	'tʰe.lo	tʰ	KB	4,437	0,095	0,947	0,065
TD _m	'tʰe.lo	tʰ	KB	3,087	0,141	1,662	0,032
TB	'tʰe.lo	tʰ	KB	1,703	0,211	0,852	0,023
TT	tʰe.'la	tʰ	KB	0,305	0,066	0,618	0,046
TD _b	tʰe.'la	tʰ	KB	4,427	0,065	1,021	0,127
TD _m	tʰe.'la	tʰ	KB	2,947	0,046	1,720	0,044
TB	tʰe.'la	tʰ	KB	1,584	0,072	0,897	0,091
TT	'ʃer.tʰi	ʃ	KB	0,463	0,238	0,677	0,139
TD _b	'ʃer.tʰi	ʃ	KB	4,531	0,106	1,027	0,103
TD _m	'ʃer.tʰi	ʃ	KB	3,074	0,170	1,729	0,079
TB	'ʃer.tʰi	ʃ	KB	1,674	0,201	1,060	0,077
TT	ʃer.'tʰi	ʃ	KB	0,427	0,087	0,606	0,112
TD _b	ʃer.'tʰi	ʃ	KB	4,498	0,044	1,040	0,097
TD _m	ʃer.'tʰi	ʃ	KB	2,975	0,087	1,776	0,054
TB	ʃer.'tʰi	ʃ	KB	1,590	0,105	1,022	0,080
TT	ʃestʰ	ʃ	KB	1,562	0,062	1,162	0,048
TD _b	ʃestʰ	ʃ	KB	5,096	0,076	0,800	0,106
TD _m	ʃestʰ	ʃ	KB	3,811	0,054	1,565	0,091
TB	ʃestʰ	ʃ	KB	2,550	0,054	1,145	0,060
TT	ʃes.'tʰi	ʃ	KB	1,596	0,049	1,171	0,046
TD _b	ʃes.'tʰi	ʃ	KB	5,182	0,073	0,889	0,127
TD _m	ʃes.'tʰi	ʃ	KB	3,872	0,076	1,696	0,085
TB	ʃes.'tʰi	ʃ	KB	2,604	0,056	1,179	0,107
TT	ʃi:it	ʃi:	KB	0,823	0,138	0,580	0,180
TD _b	ʃi:it	ʃi:	KB	4,633	0,042	0,721	0,029
TD _m	ʃi:it	ʃi:	KB	3,263	0,065	1,729	0,063
TB	ʃi:it	ʃi:	KB	2,021	0,130	0,856	0,008
TT	tuk	t	MK	1,307	0,022	1,160	0,054
TD _b	tuk	t	MK	4,778	0,055	0,650	0,166
TD _m	tuk	t	MK	3,721	0,049	1,047	0,076
TB	tuk	t	MK	2,126	0,041	1,473	0,071
TT	ʃi:i.'ta	ʃi:	MK	1,582	0,223	0,992	0,474
TD _b	ʃi:i.'ta	ʃi:	MK	4,951	0,226	1,409	0,214
TD _m	ʃi:i.'ta	ʃi:	MK	3,760	0,455	2,185	0,033
TB	ʃi:i.'ta	ʃi:	MK	2,111	0,538	2,037	0,217
TT	tʰap	tʰ	MK	1,416	0,078	1,137	0,082
TD _b	tʰap	tʰ	MK	4,709	0,131	1,169	0,066
TD _m	tʰap	tʰ	MK	3,745	0,094	1,990	0,049
TB	tʰap	tʰ	MK	2,090	0,126	2,013	0,045
TT	matʰ	tʰ	MK	1,237	0,041	0,957	0,084
TD _b	matʰ	tʰ	MK	4,529	0,054	1,477	0,109
TD _m	matʰ	tʰ	MK	3,411	0,028	2,140	0,055

TB	matʲ	tʲ	MK	1,803	0,095	1,958	0,072
TT	fem	f	MK	1,658	0,284	1,335	0,191
TD _b	fem	f	MK	4,991	0,210	1,104	0,138
TD _m	fem	f	MK	4,006	0,350	1,976	0,044
TB	fem	f	MK	2,489	0,423	2,100	0,143
TT	mʲef	f	MK	1,258	0,179	0,910	0,180
TD _b	mʲef	f	MK	4,728	0,223	1,318	0,193
TD _m	mʲef	f	MK	3,529	0,367	2,101	0,049
TB	mʲef	f	MK	1,859	0,332	1,939	0,114
TT	fov	f	MK	2,703	0,078	1,437	0,098
TD _b	fov	f	MK	6,066	0,061	1,339	0,047
TD _m	fov	f	MK	5,077	0,068	1,710	0,047
TB	fov	f	MK	3,846	0,065	1,745	0,036
TT	voj	f	MK	2,632	0,120	1,580	0,055
TD _b	voj	f	MK	5,953	0,113	1,171	0,083
TD _m	voj	f	MK	5,004	0,117	1,643	0,043
TB	voj	f	MK	3,738	0,150	1,772	0,035
TT	ʃ:elʲ	ʃ:	MK	1,689	0,287	0,997	0,468
TD _b	ʃ:elʲ	ʃ:	MK	5,061	0,289	1,381	0,226
TD _m	ʃ:elʲ	ʃ:	MK	3,862	0,477	2,171	0,090
TB	ʃ:elʲ	ʃ:	MK	2,260	0,644	2,040	0,185
TT	lieʃ:	ʃ:	MK	1,529	0,264	0,890	0,257
TD _b	lieʃ:	ʃ:	MK	4,897	0,145	1,266	0,162
TD _m	lieʃ:	ʃ:	MK	3,704	0,353	2,096	0,068
TB	lieʃ:	ʃ:	MK	2,045	0,529	2,001	0,103
TT	tʲuk	tʲ	MK	1,475	0,085	1,200	0,043
TD _b	tʲuk	tʲ	MK	4,779	0,045	1,269	0,167
TD _m	tʲuk	tʲ	MK	3,815	0,095	2,168	0,089
TB	tʲuk	tʲ	MK	2,123	0,087	2,132	0,015
TT	'tʲe.lo	tʲ	MK	1,420	0,047	1,164	0,066
TD _b	'tʲe.lo	tʲ	MK	4,654	0,074	1,125	0,150
TD _m	'tʲe.lo	tʲ	MK	3,734	0,077	2,065	0,090
TB	'tʲe.lo	tʲ	MK	2,108	0,105	2,026	0,074
TT	tʲe.'la	tʲ	MK	1,479	0,103	1,217	0,059
TD _b	tʲe.'la	tʲ	MK	4,748	0,113	1,099	0,109
TD _m	tʲe.'la	tʲ	MK	3,812	0,120	2,039	0,099
TB	tʲe.'la	tʲ	MK	2,228	0,176	2,057	0,083
TT	'fʲer.tʲi	f	MK	1,387	0,061	1,165	0,073
TD _b	'fʲer.tʲi	f	MK	4,797	0,065	1,277	0,093
TD _m	'fʲer.tʲi	f	MK	3,737	0,073	1,996	0,043
TB	'fʲer.tʲi	f	MK	2,060	0,080	2,004	0,063
TT	fʲer.'tʲi	f	MK	1,459	0,079	1,230	0,042
TD _b	fʲer.'tʲi	f	MK	4,838	0,040	1,280	0,123
TD _m	fʲer.'tʲi	f	MK	3,760	0,143	2,002	0,091

TB	f ^h er. 'tɕi	f ^h	MK	2,185	0,145	2,036	0,047
TT	f ^h est ^j	f	MK	2,533	0,054	1,478	0,053
TD _b	f ^h est ^j	f	MK	5,862	0,048	1,346	0,087
TD _m	f ^h est ^j	f	MK	4,859	0,072	1,808	0,072
TB	f ^h est ^j	f	MK	3,600	0,069	1,836	0,054
TT	f ^h es. 'tɕi	f	MK	2,419	0,159	1,466	0,076
TD _b	f ^h es. 'tɕi	f	MK	5,759	0,148	1,258	0,043
TD _m	f ^h es. 'tɕi	f	MK	4,755	0,197	1,812	0,021
TB	f ^h es. 'tɕi	f	MK	3,462	0,165	1,846	0,027
TT	f ^h :it	f ^h :	MK	1,629	0,234	1,039	0,526
TD _b	f ^h :it	f ^h :	MK	4,958	0,168	1,280	0,281
TD _m	f ^h :it	f ^h :	MK	3,783	0,384	2,146	0,037
TB	f ^h :it	f ^h :	MK	2,185	0,507	2,058	0,257
TT	tuk	t	MT _m	0,939	0,085	0,673	0,084
TD _b	tuk	t	MT _m	5,001	0,075	0,383	0,230
TD _m	tuk	t	MT _m	3,272	0,065	0,146	0,171
TB	tuk	t	MT _m	1,647	0,026	0,084	0,096
TT	f ^h :i. 'ta	f ^h :	MT _m	2,114	0,093	1,213	0,042
TD _b	f ^h :i. 'ta	f ^h :	MT _m	4,964	0,103	0,244	0,132
TD _m	f ^h :i. 'ta	f ^h :	MT _m	3,942	0,065	1,331	0,116
TB	f ^h :i. 'ta	f ^h :	MT _m	2,669	0,094	1,536	0,087
TT	t ^h ap	t ^h	MT _m	1,247	0,083	1,202	0,083
TD _b	t ^h ap	t ^h	MT _m	4,769	0,116	0,567	0,170
TD _m	t ^h ap	t ^h	MT _m	3,500	0,140	1,625	0,178
TB	t ^h ap	t ^h	MT _m	1,969	0,104	1,625	0,130
TT	mat ^j	t ^h	MT _m	1,169	0,073	0,846	0,098
TD _b	mat ^j	t ^h	MT _m	4,603	0,071	0,498	0,183
TD _m	mat ^j	t ^h	MT _m	3,339	0,109	1,396	0,175
TB	mat ^j	t ^h	MT _m	1,936	0,162	1,277	0,136
TT	f ^h em	f ^h	MT _m	1,968	0,032	1,391	0,074
TD _b	f ^h em	f ^h	MT _m	4,876	0,067	0,377	0,117
TD _m	f ^h em	f ^h	MT _m	3,834	0,034	1,443	0,167
TB	f ^h em	f ^h	MT _m	2,570	0,032	1,665	0,086
TT	m ^h etf ^h	f ^h	MT _m	1,697	0,171	1,158	0,112
TD _b	m ^h etf ^h	f ^h	MT _m	4,682	0,140	0,788	0,090
TD _m	m ^h etf ^h	f ^h	MT _m	3,442	0,175	1,663	0,054
TB	m ^h etf ^h	f ^h	MT _m	2,207	0,165	1,539	0,041
TT	f ^h ov	f	MT _m	2,266	0,088	0,692	0,101
TD _b	f ^h ov	f	MT _m	5,466	0,052	0,449	0,121
TD _m	f ^h ov	f	MT _m	4,123	0,054	0,709	0,196
TB	f ^h ov	f	MT _m	2,869	0,091	0,503	0,195
TT	vo ^h f	f	MT _m	2,268	0,122	0,614	0,057
TD _b	vo ^h f	f	MT _m	5,425	0,085	0,429	0,142
TD _m	vo ^h f	f	MT _m	4,137	0,083	0,639	0,117

TB	voj	ʃ	MTm	2,912	0,086	0,427	0,054
TT	ʃi:elʲ	ʃi:	MTm	2,073	0,080	1,255	0,121
TD _b	ʃi:elʲ	ʃi:	MTm	4,934	0,062	0,415	0,204
TD _m	ʃi:elʲ	ʃi:	MTm	3,860	0,084	1,473	0,236
TB	ʃi:elʲ	ʃi:	MTm	2,607	0,096	1,590	0,152
TT	lieʃi:	ʃi:	MTm	2,208	0,142	1,044	0,074
TD _b	lieʃi:	ʃi:	MTm	4,998	0,084	0,443	0,252
TD _m	lieʃi:	ʃi:	MTm	3,962	0,149	1,297	0,152
TB	lieʃi:	ʃi:	MTm	2,729	0,159	1,369	0,090
TT	tʲuk	tʲ	MTm	1,202	0,030	1,118	0,173
TD _b	tʲuk	tʲ	MTm	4,737	0,105	0,762	0,129
TD _m	tʲuk	tʲ	MTm	3,403	0,144	1,766	0,162
TB	tʲuk	tʲ	MTm	1,890	0,074	1,620	0,122
TT	'tʲe.lo	tʲ	MTm	1,284	0,140	1,134	0,064
TD _b	'tʲe.lo	tʲ	MTm	4,740	0,099	0,510	0,219
TD _m	'tʲe.lo	tʲ	MTm	3,438	0,115	1,483	0,206
TB	'tʲe.lo	tʲ	MTm	2,040	0,126	1,509	0,091
TT	tʲe.'la	tʲ	MTm	1,316	0,133	1,088	0,122
TD _b	tʲe.'la	tʲ	MTm	4,742	0,104	0,538	0,113
TD _m	tʲe.'la	tʲ	MTm	3,456	0,186	1,413	0,312
TB	tʲe.'la	tʲ	MTm	2,050	0,167	1,445	0,171
TT	'ʃer.tʲi	ʃ	MTm	1,908	0,081	1,382	0,069
TD _b	'ʃer.tʲi	ʃ	MTm	5,000	0,178	0,550	0,134
TD _m	'ʃer.tʲi	ʃ	MTm	3,877	0,141	1,537	0,163
TB	'ʃer.tʲi	ʃ	MTm	2,568	0,093	1,699	0,170
TT	ʃer.'tʲi	ʃ	MTm	1,834	0,139	1,371	0,127
TD _b	ʃer.'tʲi	ʃ	MTm	4,928	0,091	0,697	0,084
TD _m	ʃer.'tʲi	ʃ	MTm	3,795	0,080	1,675	0,162
TB	ʃer.'tʲi	ʃ	MTm	2,498	0,109	1,715	0,187
TT	ʃestʲ	ʃ	MTm	2,185	0,059	0,644	0,057
TD _b	ʃestʲ	ʃ	MTm	5,516	0,115	0,366	0,246
TD _m	ʃestʲ	ʃ	MTm	4,146	0,116	0,708	0,281
TB	ʃestʲ	ʃ	MTm	2,804	0,038	0,506	0,210
TT	ʃes.'tʲi	ʃ	MTm	2,048	0,148	0,735	0,075
TD _b	ʃes.'tʲi	ʃ	MTm	5,382	0,177	0,498	0,215
TD _m	ʃes.'tʲi	ʃ	MTm	4,019	0,160	0,913	0,199
TB	ʃes.'tʲi	ʃ	MTm	2,703	0,151	0,730	0,218
TT	ʃi:it	ʃi:	MTm	2,100	0,096	1,200	0,063
TD _b	ʃi:it	ʃi:	MTm	4,817	0,046	0,239	0,301
TD _m	ʃi:it	ʃi:	MTm	3,844	0,096	1,367	0,279
TB	ʃi:it	ʃi:	MTm	2,618	0,117	1,556	0,113
TT	tuk	t	MTf	1,724	0,137	1,051	0,042
TD _b	tuk	t	MTf	4,381	0,086	0,220	0,091
TD _m	tuk	t	MTf	3,359	0,082	-0,186	0,041

TB	tuk	t	MTf	2,181	0,055	0,237	0,060
TT	ʃ:i.'ta	ʃ:	MTf	2,017	0,109	1,081	0,062
TD _b	ʃ:i.'ta	ʃ:	MTf	4,822	0,093	0,724	0,102
TD _m	ʃ:i.'ta	ʃ:	MTf	3,967	0,076	0,869	0,043
TB	ʃ:i.'ta	ʃ:	MTf	2,642	0,105	1,070	0,050
TT	tʰap	tʰ	MTf	1,431	0,126	0,847	0,119
TD _b	tʰap	tʰ	MTf	4,213	0,070	0,303	0,091
TD _m	tʰap	tʰ	MTf	3,252	0,060	0,143	0,130
TB	tʰap	tʰ	MTf	1,999	0,073	0,681	0,082
TT	matʰ	tʰ	MTf	1,249	0,087	0,876	0,057
TD _b	matʰ	tʰ	MTf	4,061	0,035	0,636	0,092
TD _m	matʰ	tʰ	MTf	3,118	0,056	0,603	0,077
TB	matʰ	tʰ	MTf	1,786	0,097	0,767	0,066
TT	ʃem	ʃ	MTf	1,888	0,059	1,212	0,037
TD _b	ʃem	ʃ	MTf	4,563	0,052	0,575	0,156
TD _m	ʃem	ʃ	MTf	3,743	0,041	0,836	0,148
TB	ʃem	ʃ	MTf	2,427	0,045	1,178	0,062
TT	mʰeʃ	ʃ	MTf	1,738	0,072	1,120	0,045
TD _b	mʰeʃ	ʃ	MTf	4,555	0,021	0,681	0,090
TD _m	mʰeʃ	ʃ	MTf	3,764	0,052	0,907	0,078
TB	mʰeʃ	ʃ	MTf	2,389	0,057	1,143	0,051
TT	ʃov	ʃ	MTf	2,350	0,121	1,133	0,019
TD _b	ʃov	ʃ	MTf	5,165	0,100	0,542	0,114
TD _m	ʃov	ʃ	MTf	4,207	0,083	0,463	0,070
TB	ʃov	ʃ	MTf	2,964	0,092	0,759	0,046
TT	voʃ	ʃ	MTf	2,340	0,126	1,092	0,037
TD _b	voʃ	ʃ	MTf	4,996	0,097	0,415	0,068
TD _m	voʃ	ʃ	MTf	4,108	0,089	0,346	0,099
TB	voʃ	ʃ	MTf	2,871	0,116	0,678	0,095
TT	ʃ:elʰ	ʃ:	MTf	1,800	0,130	1,001	0,065
TD _b	ʃ:elʰ	ʃ:	MTf	4,622	0,094	0,721	0,083
TD _m	ʃ:elʰ	ʃ:	MTf	3,823	0,099	0,755	0,032
TB	ʃ:elʰ	ʃ:	MTf	2,470	0,136	0,950	0,059
TT	lʰeʃ:	ʃ:	MTf	1,922	0,119	1,024	0,061
TD _b	lʰeʃ:	ʃ:	MTf	4,656	0,128	0,696	0,085
TD _m	lʰeʃ:	ʃ:	MTf	3,861	0,125	0,709	0,101
TB	lʰeʃ:	ʃ:	MTf	2,567	0,155	0,897	0,050
TT	tʰuk	tʰ	MTf	1,406	0,190	0,900	0,180
TD _b	tʰuk	tʰ	MTf	4,187	0,049	0,514	0,031
TD _m	tʰuk	tʰ	MTf	3,280	0,036	0,415	0,183
TB	tʰuk	tʰ	MTf	1,945	0,054	0,862	0,073
TT	'tʰe.lo	tʰ	MTf	1,399	0,172	0,956	0,111
TD _b	'tʰe.lo	tʰ	MTf	4,191	0,052	0,492	0,096
TD _m	'tʰe.lo	tʰ	MTf	3,306	0,079	0,354	0,129

TB	'tʲe.lo	tʲ	MTf	1,954	0,111	0,758	0,073
TT	tʲe.'la	tʲ	MTf	1,457	0,055	0,958	0,044
TD _b	tʲe.'la	tʲ	MTf	4,177	0,052	0,604	0,071
TD _m	tʲe.'la	tʲ	MTf	3,277	0,033	0,596	0,147
TB	tʲe.'la	tʲ	MTf	1,892	0,052	0,869	0,079
TT	'ʃer.tʲi	ʃ	MTf	1,817	0,089	1,168	0,047
TD _b	'ʃer.tʲi	ʃ	MTf	4,506	0,041	0,668	0,068
TD _m	'ʃer.tʲi	ʃ	MTf	3,688	0,039	0,893	0,069
TB	'ʃer.tʲi	ʃ	MTf	2,392	0,037	1,138	0,036
TT	ʃer.'tʲi	ʃ	MTf	1,803	0,080	1,181	0,046
TD _b	ʃer.'tʲi	ʃ	MTf	4,545	0,063	0,641	0,104
TD _m	ʃer.'tʲi	ʃ	MTf	3,719	0,068	0,937	0,088
TB	ʃer.'tʲi	ʃ	MTf	2,400	0,066	1,140	0,079
TT	ʃestʲ	ʃ	MTf	2,286	0,189	1,084	0,044
TD _b	ʃestʲ	ʃ	MTf	5,030	0,181	0,498	0,114
TD _m	ʃestʲ	ʃ	MTf	4,115	0,161	0,481	0,066
TB	ʃestʲ	ʃ	MTf	2,884	0,162	0,803	0,098
TT	ʃes.'tʲi	ʃ	MTf	2,336	0,105	1,111	0,025
TD _b	ʃes.'tʲi	ʃ	MTf	5,116	0,077	0,605	0,061
TD _m	ʃes.'tʲi	ʃ	MTf	4,202	0,081	0,593	0,068
TB	ʃes.'tʲi	ʃ	MTf	2,961	0,096	0,844	0,044
TT	ʃi:it	ʃi:	MTf	1,874	0,058	1,026	0,076
TD _b	ʃi:it	ʃi:	MTf	4,681	0,085	0,814	0,040
TD _m	ʃi:it	ʃi:	MTf	3,848	0,069	0,903	0,066
TB	ʃi:it	ʃi:	MTf	2,507	0,066	1,037	0,058
TT	tuk	t	TA	0,316	0,048	0,403	0,047
TD _b	tuk	t	TA	3,423	0,160	0,311	0,126
TD _m	tuk	t	TA	2,214	0,108	0,082	0,044
TB	tuk	t	TA	1,252	0,103	0,001	0,045
TT	ʃi:i.'ta	ʃi:	TA	0,445	0,301	0,436	0,190
TD _b	ʃi:i.'ta	ʃi:	TA	3,702	0,181	0,512	0,195
TD _m	ʃi:i.'ta	ʃi:	TA	2,613	0,247	1,210	0,066
TB	ʃi:i.'ta	ʃi:	TA	1,654	0,308	0,857	0,050
TT	tʲap	tʲ	TA	0,162	0,116	0,336	0,072
TD _b	tʲap	tʲ	TA	3,134	0,163	0,428	0,195
TD _m	tʲap	tʲ	TA	2,058	0,134	1,265	0,181
TB	tʲap	tʲ	TA	1,080	0,043	0,856	0,020
TT	matʲ	tʲ	TA	0,158	0,111	0,306	0,040
TD _b	matʲ	tʲ	TA	3,201	0,194	0,217	0,129
TD _m	matʲ	tʲ	TA	2,032	0,187	0,959	0,174
TB	matʲ	tʲ	TA	1,077	0,124	0,793	0,081
TT	ʃem	ʃ	TA	0,261	0,387	0,490	0,088
TD _b	ʃem	ʃ	TA	3,528	0,217	0,626	0,201
TD _m	ʃem	ʃ	TA	2,415	0,317	1,299	0,116

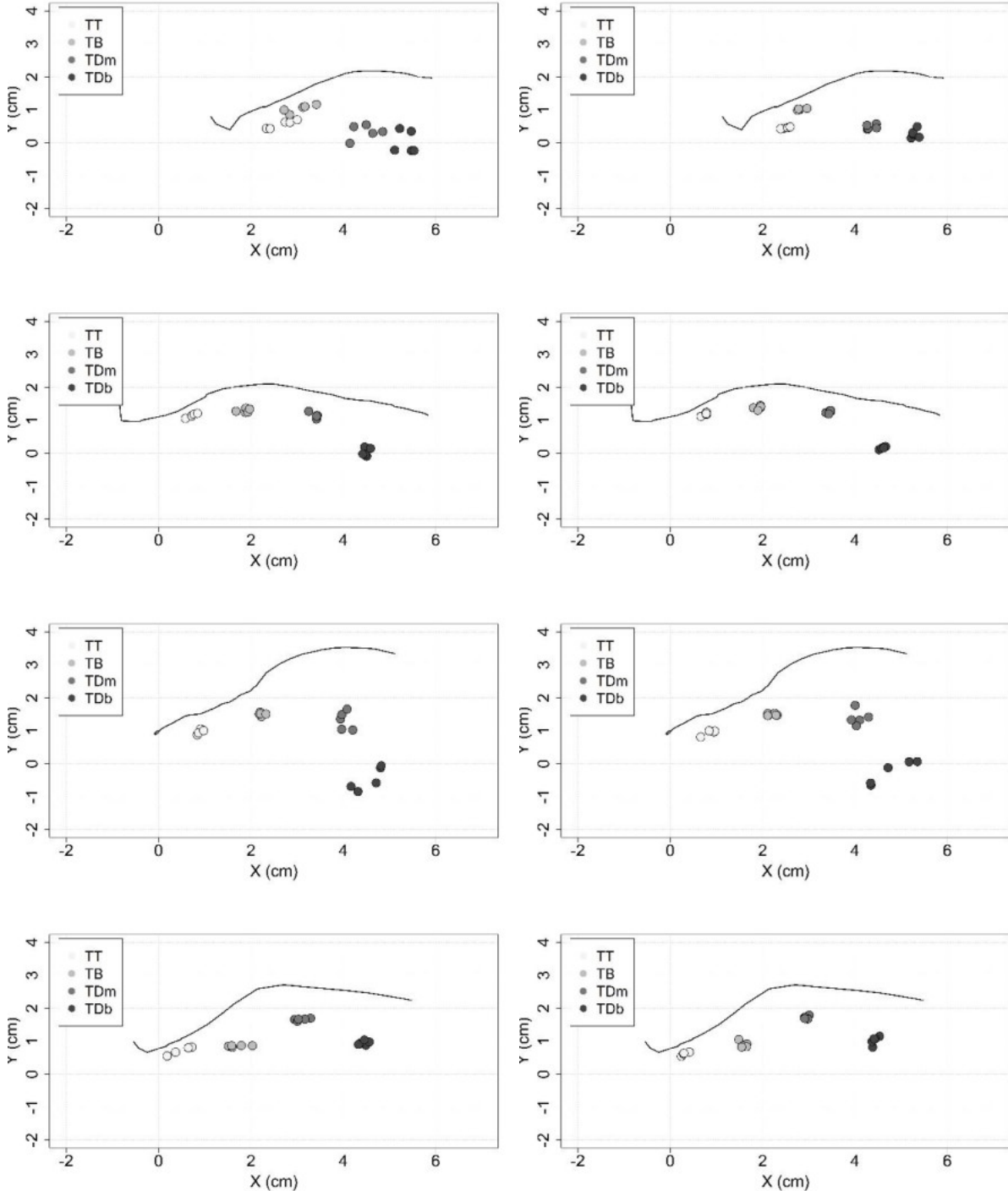
TB	fem	f	TA	1,489	0,359	0,908	0,061
TT	m ⁱ ef	f	TA	0,315	0,088	0,451	0,071
TD _b	m ⁱ ef	f	TA	3,349	0,130	0,274	0,119
TD _m	m ⁱ ef	f	TA	2,399	0,117	1,119	0,089
TB	m ⁱ ef	f	TA	1,564	0,066	0,775	0,042
TT	fov	f	TA	1,057	0,068	0,553	0,074
TD _b	fov	f	TA	4,164	0,087	0,635	0,093
TD _m	fov	f	TA	3,016	0,106	1,019	0,040
TB	fov	f	TA	2,245	0,074	0,573	0,069
TT	voj	f	TA	1,049	0,122	0,585	0,034
TD _b	voj	f	TA	4,199	0,055	0,460	0,088
TD _m	voj	f	TA	3,045	0,055	0,868	0,074
TB	voj	f	TA	2,282	0,068	0,583	0,047
TT	f ⁱ :e ⁱ	f ⁱ :	TA	0,483	0,165	0,518	0,095
TD _b	f ⁱ :e ⁱ	f ⁱ :	TA	3,617	0,038	0,415	0,113
TD _m	f ⁱ :e ⁱ	f ⁱ :	TA	2,623	0,121	1,173	0,082
TB	f ⁱ :e ⁱ	f ⁱ :	TA	1,668	0,093	0,821	0,047
TT	lief ⁱ :	f ⁱ :	TA	0,472	0,314	0,517	0,136
TD _b	lief ⁱ :	f ⁱ :	TA	3,481	0,212	0,191	0,163
TD _m	lief ⁱ :	f ⁱ :	TA	2,577	0,272	1,036	0,150
TB	lief ⁱ :	f ⁱ :	TA	1,731	0,296	0,746	0,068
TT	t ⁱ uk	t ⁱ	TA	-0,041	0,201	0,347	0,044
TD _b	t ⁱ uk	t ⁱ	TA	3,044	0,211	0,425	0,053
TD _m	t ⁱ uk	t ⁱ	TA	1,976	0,141	1,296	0,148
TB	t ⁱ uk	t ⁱ	TA	1,038	0,165	0,864	0,042
TT	't ⁱ e.lo	t ⁱ	TA	0,075	0,087	0,381	0,043
TD _b	't ⁱ e.lo	t ⁱ	TA	3,157	0,060	0,438	0,068
TD _m	't ⁱ e.lo	t ⁱ	TA	2,100	0,033	1,211	0,116
TB	't ⁱ e.lo	t ⁱ	TA	1,074	0,051	0,853	0,030
TT	t ⁱ e.'la	t ⁱ	TA	0,147	0,073	0,351	0,038
TD _b	t ⁱ e.'la	t ⁱ	TA	3,198	0,089	0,430	0,063
TD _m	t ⁱ e.'la	t ⁱ	TA	2,129	0,040	1,155	0,090
TB	t ⁱ e.'la	t ⁱ	TA	1,096	0,046	0,874	0,051
TT	'f ⁱ er.t ⁱ	f	TA	0,051	0,219	0,386	0,031
TD _b	'f ⁱ er.t ⁱ	f	TA	3,246	0,192	0,550	0,092
TD _m	'f ⁱ er.t ⁱ	f	TA	2,183	0,148	1,340	0,085
TB	'f ⁱ er.t ⁱ	f	TA	1,166	0,198	0,889	0,061
TT	f ⁱ er.'t ⁱ	f	TA	0,076	0,109	0,407	0,040
TD _b	f ⁱ er.'t ⁱ	f	TA	3,321	0,228	0,474	0,185
TD _m	f ⁱ er.'t ⁱ	f	TA	2,251	0,126	1,312	0,107
TB	f ⁱ er.'t ⁱ	f	TA	1,277	0,107	0,920	0,051
TT	fest ⁱ	f	TA	1,096	0,071	0,627	0,038
TD _b	fest ⁱ	f	TA	4,225	0,081	0,554	0,119
TD _m	fest ⁱ	f	TA	3,095	0,088	1,003	0,078

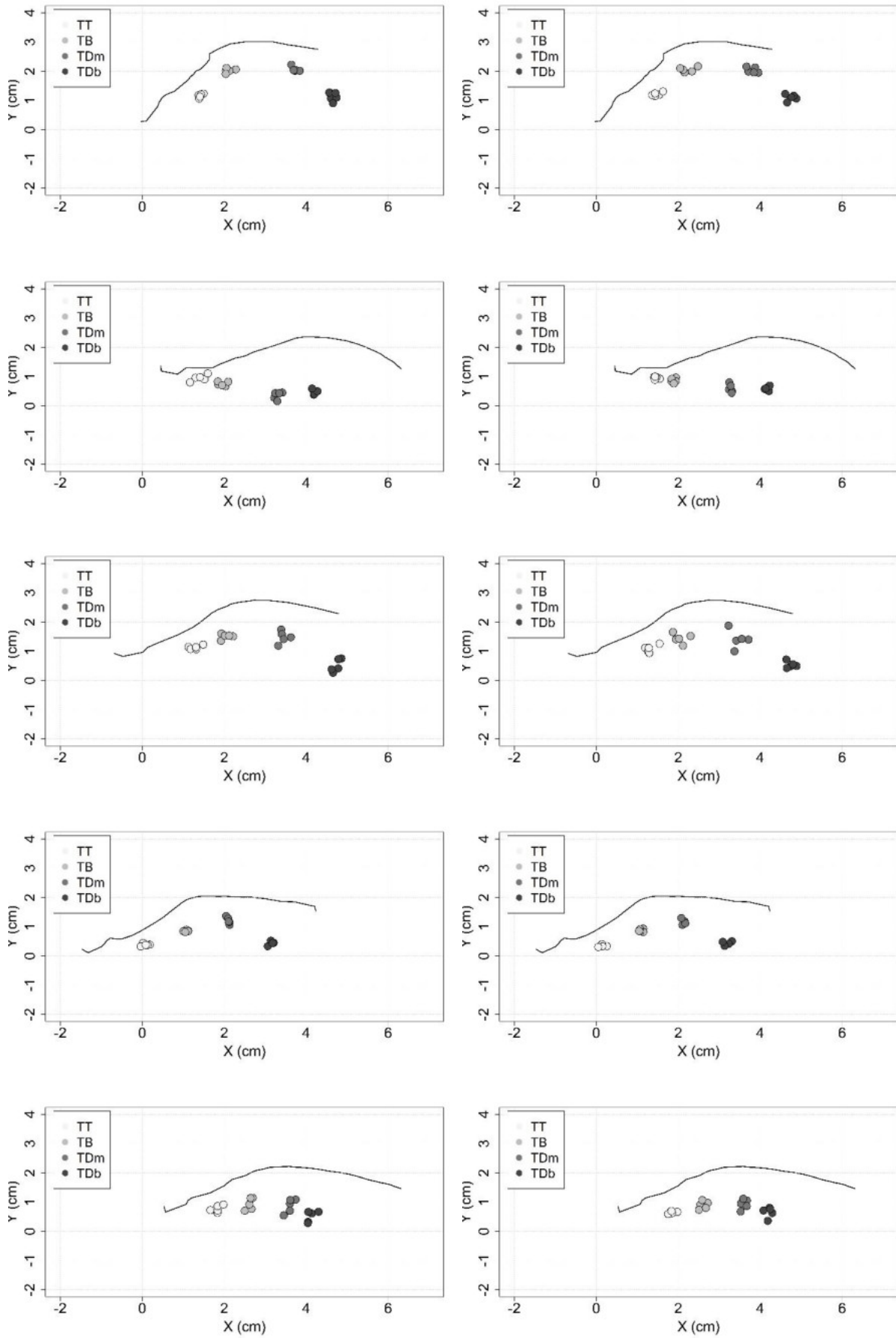
TB	f ^h estʲ	f	TA	2,286	0,071	0,631	0,037
TT	f ^h es. 'tʲi	f	TA	1,042	0,125	0,675	0,061
TD _b	f ^h es. 'tʲi	f	TA	4,255	0,148	0,677	0,089
TD _m	f ^h es. 'tʲi	f	TA	3,117	0,149	1,123	0,072
TB	f ^h es. 'tʲi	f	TA	2,290	0,141	0,748	0,058
TT	fʲ:it	fʲ:	TA	0,341	0,262	0,479	0,099
TD _b	fʲ:it	fʲ:	TA	3,592	0,117	0,461	0,184
TD _m	fʲ:it	fʲ:	TA	2,543	0,247	1,200	0,060
TB	fʲ:it	fʲ:	TA	1,610	0,235	0,867	0,048
TT	tuk	t	TU	1,592	0,053	0,390	0,166
TD _b	tuk	t	TU	4,095	0,143	0,544	0,276
TD _m	tuk	t	TU	3,242	0,083	0,559	0,241
TB	tuk	t	TU	2,327	0,049	0,379	0,208
TT	fʲ:i. 'ta	fʲ:	TU	2,071	0,129	0,860	0,060
TD _b	fʲ:i. 'ta	fʲ:	TU	4,293	0,071	0,639	0,065
TD _m	fʲ:i. 'ta	fʲ:	TU	3,814	0,096	1,022	0,070
TB	fʲ:i. 'ta	fʲ:	TU	2,846	0,098	1,098	0,063
TT	tʲap	tʲ	TU	1,751	0,110	0,627	0,135
TD _b	tʲap	tʲ	TU	4,187	0,090	0,473	0,017
TD _m	tʲap	tʲ	TU	3,583	0,072	0,789	0,137
TB	tʲap	tʲ	TU	2,566	0,071	0,782	0,243
TT	matʲ	tʲ	TU	1,692	0,124	0,615	0,077
TD _b	matʲ	tʲ	TU	4,050	0,113	0,641	0,065
TD _m	matʲ	tʲ	TU	3,461	0,131	0,973	0,048
TB	matʲ	tʲ	TU	2,467	0,149	0,875	0,033
TT	fʲem	fʲ	TU	1,900	0,073	0,901	0,042
TD _b	fʲem	fʲ	TU	4,095	0,102	0,691	0,154
TD _m	fʲem	fʲ	TU	3,645	0,047	1,121	0,128
TB	fʲem	fʲ	TU	2,676	0,054	1,183	0,086
TT	mʲeʲfʲ	fʲ	TU	1,785	0,114	0,700	0,141
TD _b	mʲeʲfʲ	fʲ	TU	4,240	0,100	0,794	0,060
TD _m	mʲeʲfʲ	fʲ	TU	3,619	0,118	1,062	0,102
TB	mʲeʲfʲ	fʲ	TU	2,645	0,097	0,875	0,169
TT	f ^h ov	f	TU	2,132	0,104	0,768	0,053
TD _b	f ^h ov	f	TU	4,580	0,038	0,618	0,130
TD _m	f ^h ov	f	TU	3,995	0,057	0,923	0,113
TB	f ^h ov	f	TU	2,995	0,064	0,885	0,077
TT	voʲf	f	TU	2,210	0,144	0,736	0,094
TD _b	voʲf	f	TU	4,605	0,123	0,615	0,074
TD _m	voʲf	f	TU	4,049	0,136	0,931	0,042
TB	voʲf	f	TU	3,059	0,153	0,836	0,073
TT	fʲ:elʲ	fʲ:	TU	2,042	0,060	0,873	0,054
TD _b	fʲ:elʲ	fʲ:	TU	4,274	0,059	0,550	0,113
TD _m	fʲ:elʲ	fʲ:	TU	3,825	0,074	0,996	0,083

TB	ʃi:elj	ʃi:	TU	2,839	0,068	1,051	0,088
TT	liɛʃ:	ʃi:	TU	1,938	0,085	0,799	0,057
TD _b	liɛʃ:	ʃi:	TU	4,376	0,065	0,689	0,072
TD _m	liɛʃ:	ʃi:	TU	3,805	0,059	1,102	0,056
TB	liɛʃ:	ʃi:	TU	2,791	0,057	1,022	0,045
TT	tʰuk	tʰ	TU	1,777	0,090	0,729	0,070
TD _b	tʰuk	tʰ	TU	4,105	0,051	0,616	0,147
TD _m	tʰuk	tʰ	TU	3,506	0,077	0,960	0,207
TB	tʰuk	tʰ	TU	2,477	0,089	0,985	0,149
TT	'tʰe.lo	tʰ	TU	1,831	0,112	0,769	0,118
TD _b	'tʰe.lo	tʰ	TU	4,115	0,111	0,510	0,192
TD _m	'tʰe.lo	tʰ	TU	3,603	0,103	0,872	0,239
TB	'tʰe.lo	tʰ	TU	2,624	0,075	0,935	0,203
TT	tʰe.'la	tʰ	TU	1,846	0,081	0,651	0,042
TD _b	tʰe.'la	tʰ	TU	4,207	0,081	0,653	0,176
TD _m	tʰe.'la	tʰ	TU	3,597	0,074	0,932	0,171
TB	tʰe.'la	tʰ	TU	2,605	0,089	0,899	0,133
TT	'ʃer.tʰi	ʃ	TU	1,956	0,170	0,992	0,050
TD _b	'ʃer.tʰi	ʃ	TU	4,190	0,108	0,653	0,145
TD _m	'ʃer.tʰi	ʃ	TU	3,717	0,134	1,061	0,148
TB	'ʃer.tʰi	ʃ	TU	2,753	0,142	1,175	0,129
TT	ʃer.'tʰi	ʃ	TU	2,067	0,257	0,875	0,133
TD _b	ʃer.'tʰi	ʃ	TU	4,203	0,135	0,786	0,172
TD _m	ʃer.'tʰi	ʃ	TU	3,752	0,126	1,159	0,140
TB	ʃer.'tʰi	ʃ	TU	2,787	0,150	1,183	0,112
TT	ʃestʰ	ʃ	TU	2,121	0,058	0,752	0,041
TD _b	ʃestʰ	ʃ	TU	4,483	0,023	0,613	0,087
TD _m	ʃestʰ	ʃ	TU	3,934	0,047	0,912	0,063
TB	ʃestʰ	ʃ	TU	2,955	0,052	0,891	0,056
TT	ʃes.'tʰi	ʃ	TU	2,204	0,043	0,773	0,050
TD _b	ʃes.'tʰi	ʃ	TU	4,550	0,046	0,557	0,104
TD _m	ʃes.'tʰi	ʃ	TU	4,006	0,050	0,881	0,060
TB	ʃes.'tʰi	ʃ	TU	3,020	0,058	0,919	0,053
TT	ʃi:it	ʃi:	TU	2,028	0,102	0,847	0,083
TD _b	ʃi:it	ʃi:	TU	4,232	0,139	0,634	0,119
TD _m	ʃi:it	ʃi:	TU	3,778	0,099	1,055	0,128
TB	ʃi:it	ʃi:	TU	2,801	0,086	1,101	0,118

Annexe 4

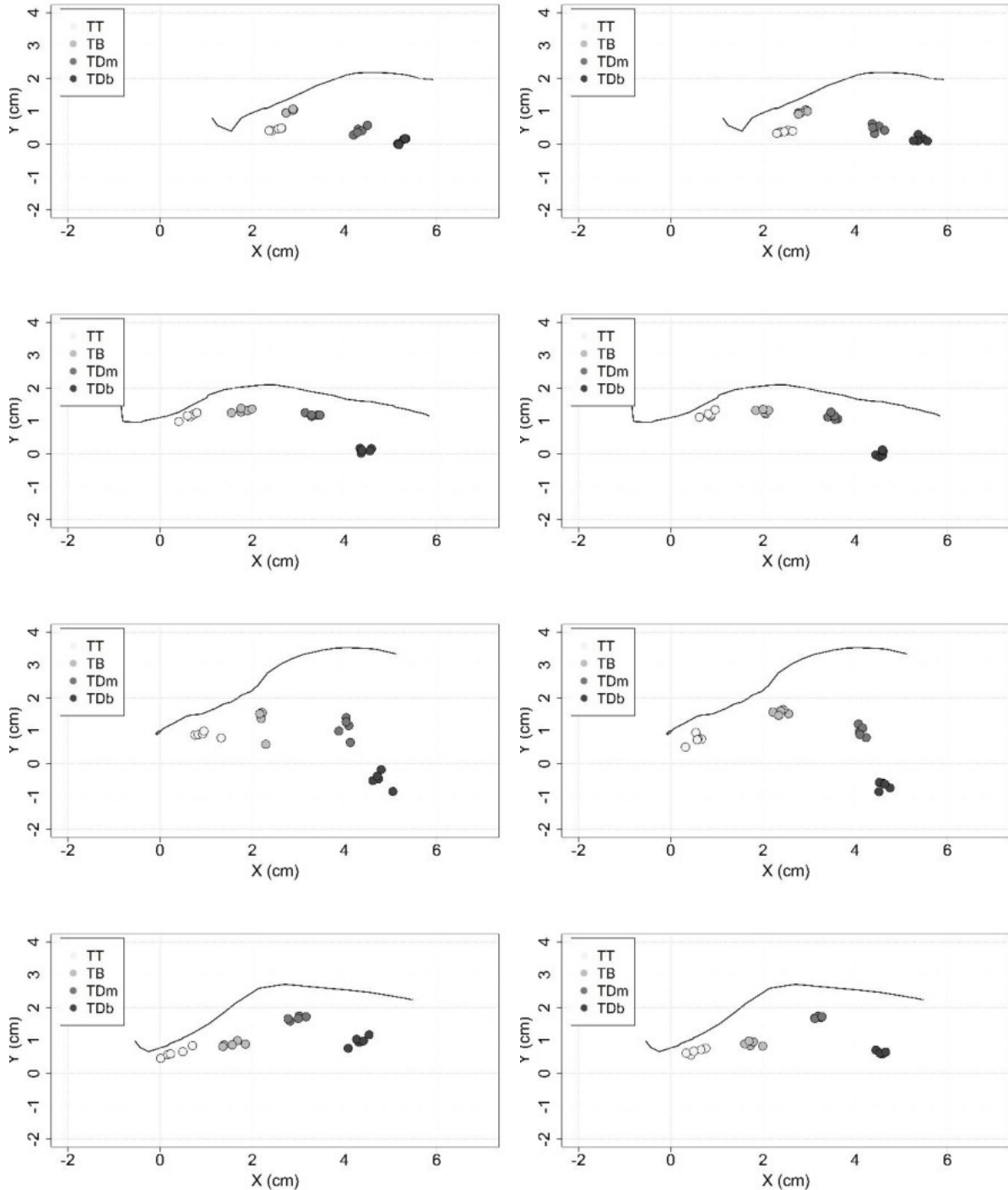
Contours de langue pour /t/ suggérés à partir des quatre bobines pour cinq répétitions des dissyllabes /'tɛ.lo/ (à gauche) vs /'tɛ.la/ (à droite) pour les locuteurs (de haut en bas) AD, IH, IM, KB, MK, MTf, MTm, TA et TU

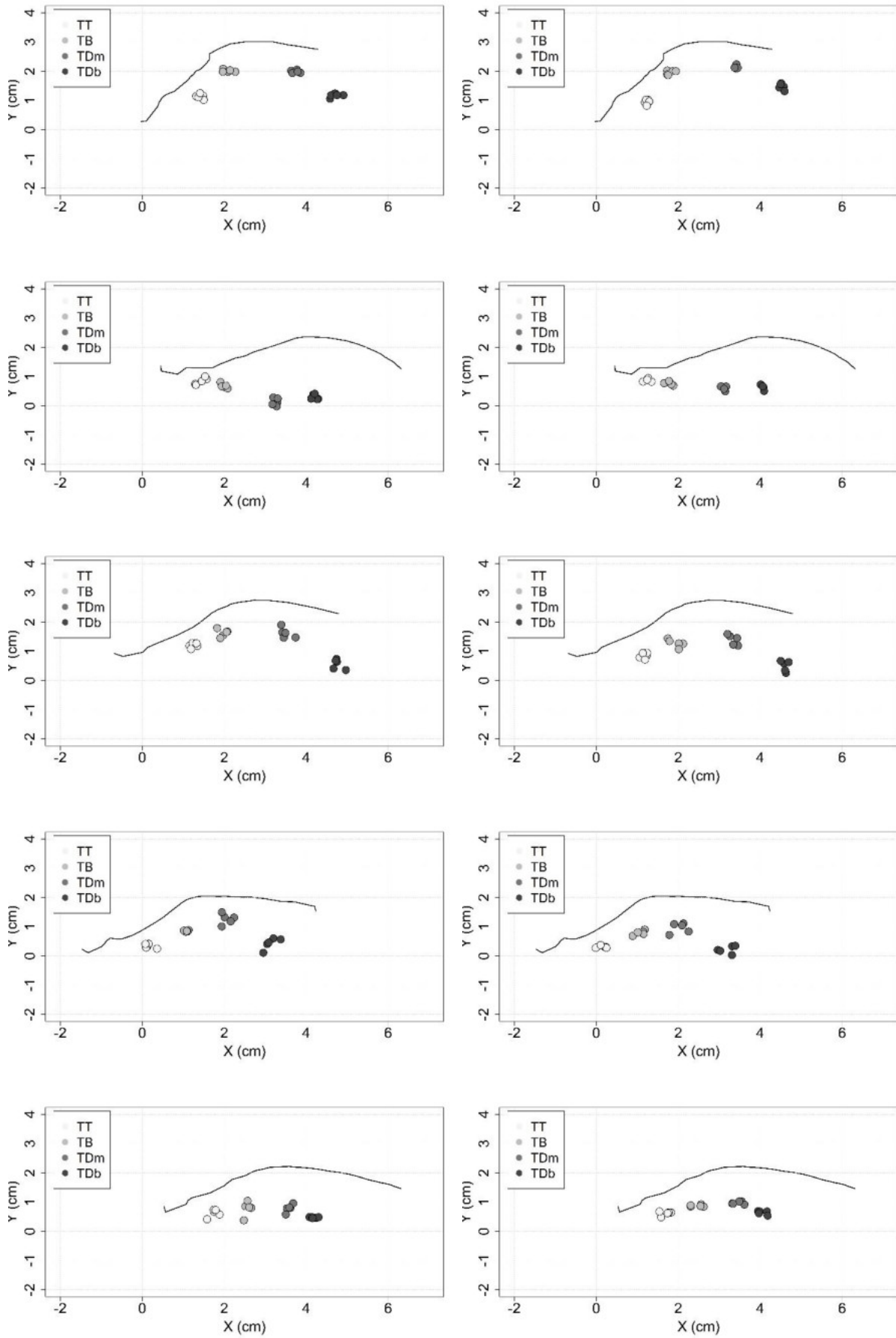




Annexe 5

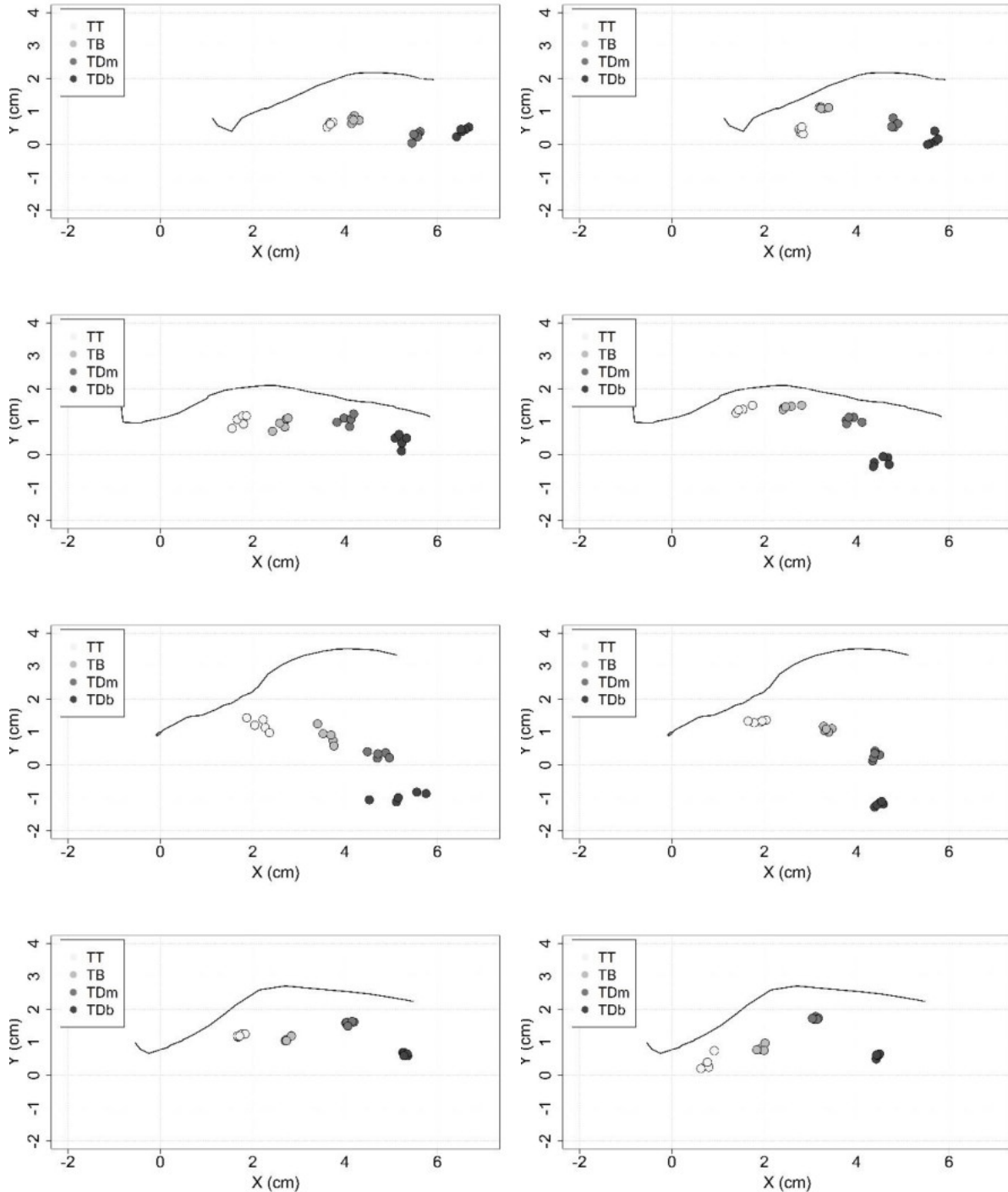
Contours de langue pour /t/ suggérés à partir des quatre bobines pour cinq répétitions des monosyllabes accentués /tiap/ (à gauche) vs /mat/ (à droite) pour les locuteurs (de haut en bas) AD, IH, IM, KB, MK, MTf, MTm, TA et TU

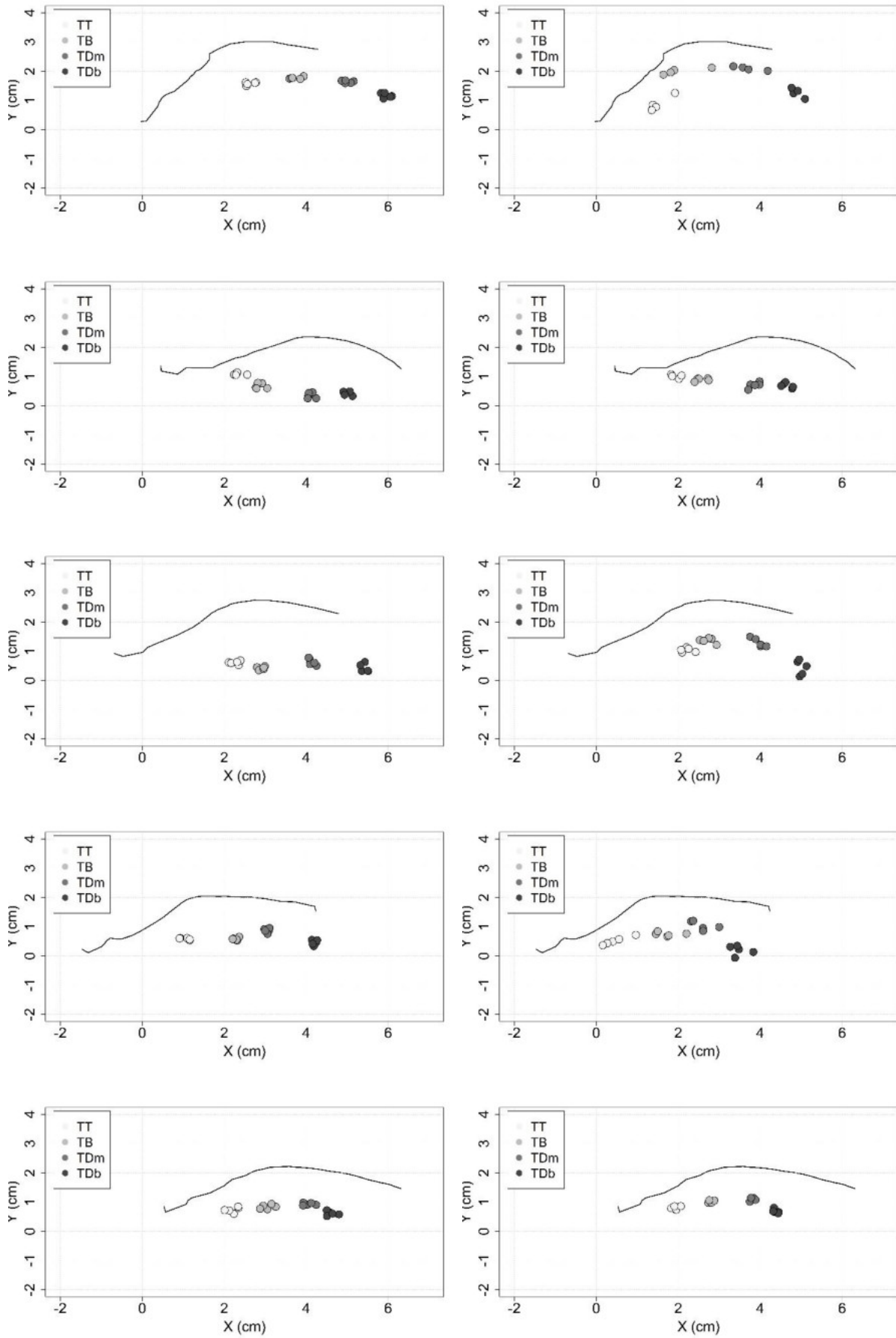




Annexe 6

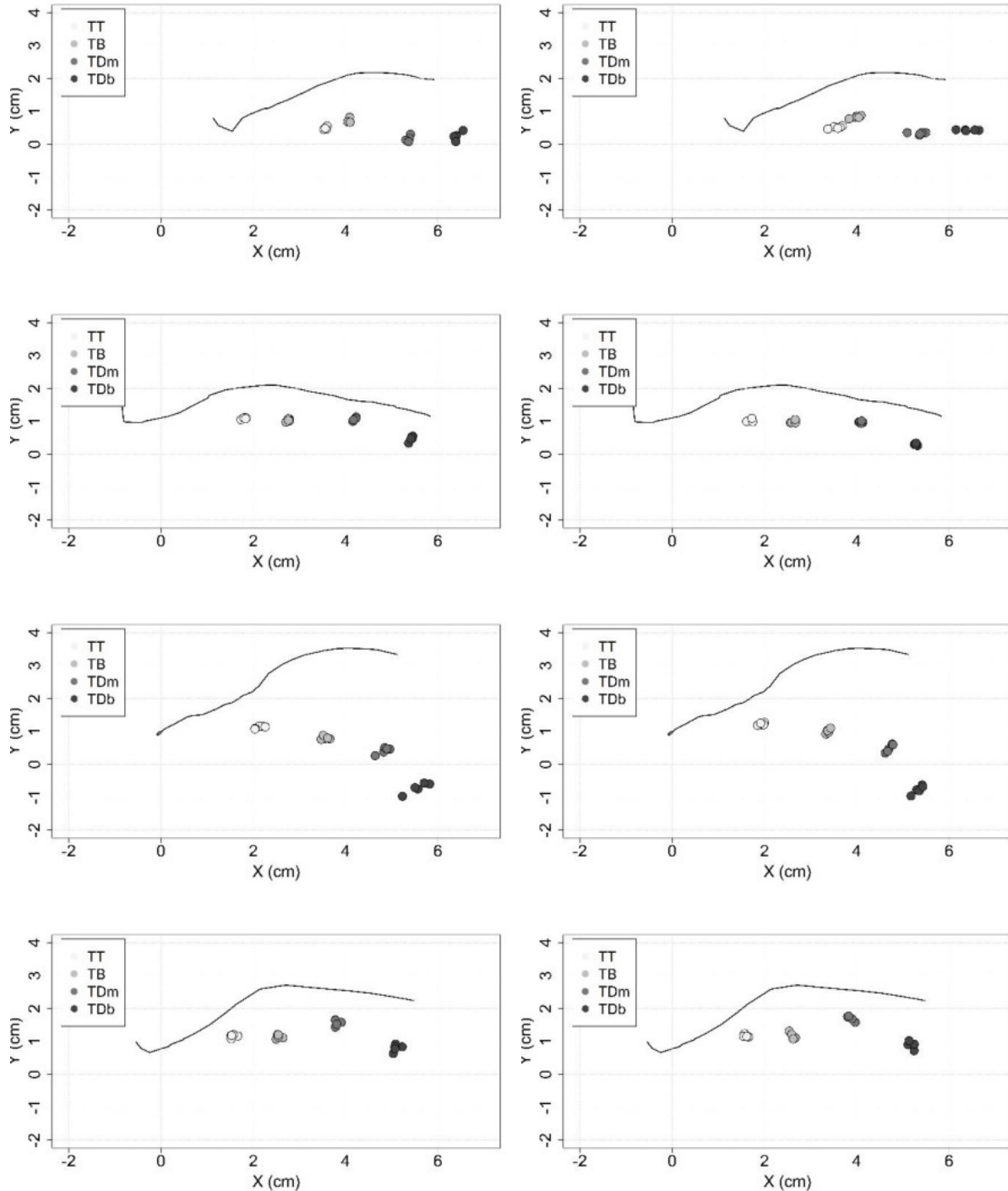
Contours de langue pour /ʃ/ et /ʃi:/ suggérés à partir des quatre bobines pour cinq répétitions des monosyllabes accentués /voʃ/ (à gauche) vs /liɛʃi:/ (à droite) pour les locuteurs (de haut en bas) AD, IH, IM, KB, MK, MTf, MTm, TA et TU

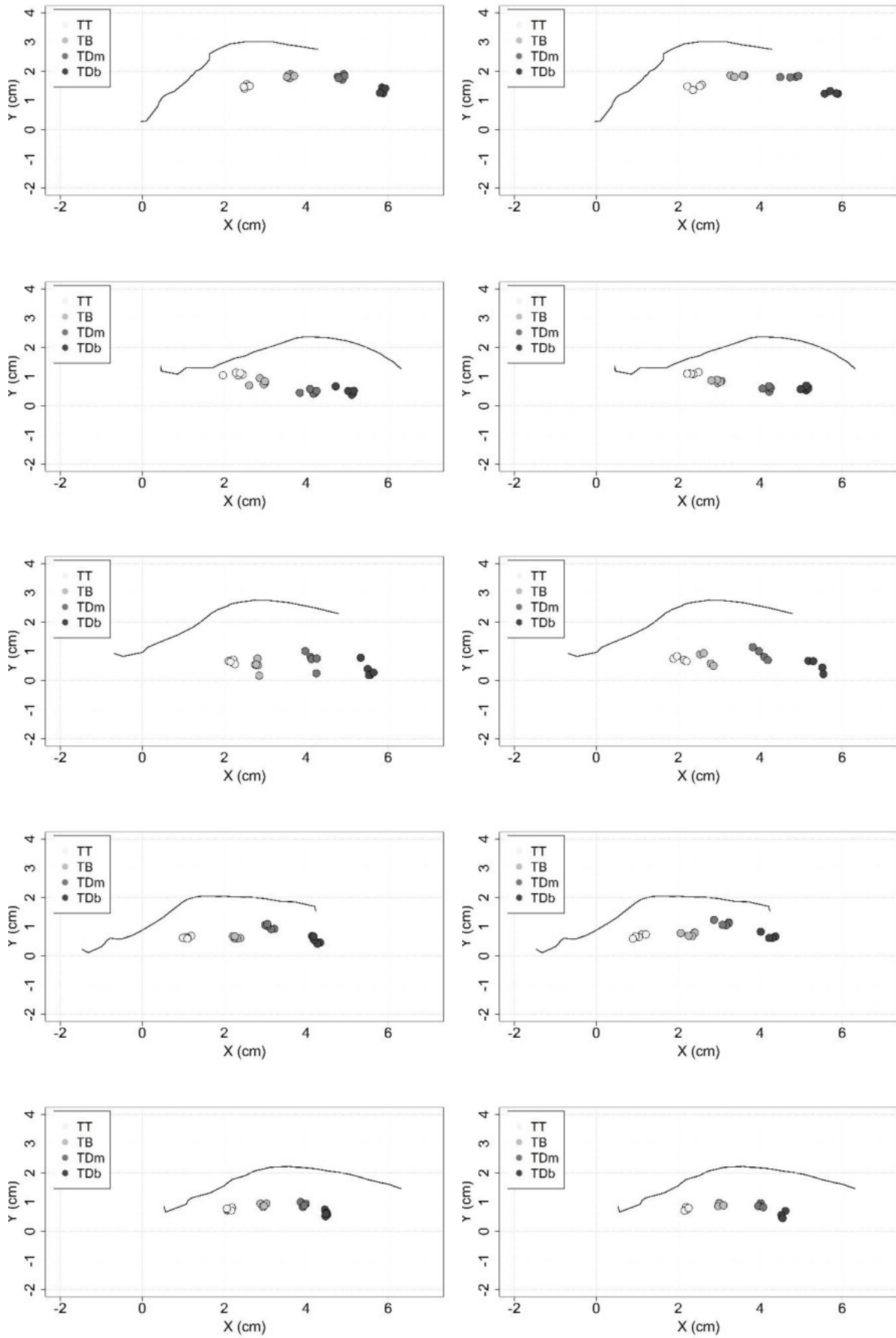




Annexe 7

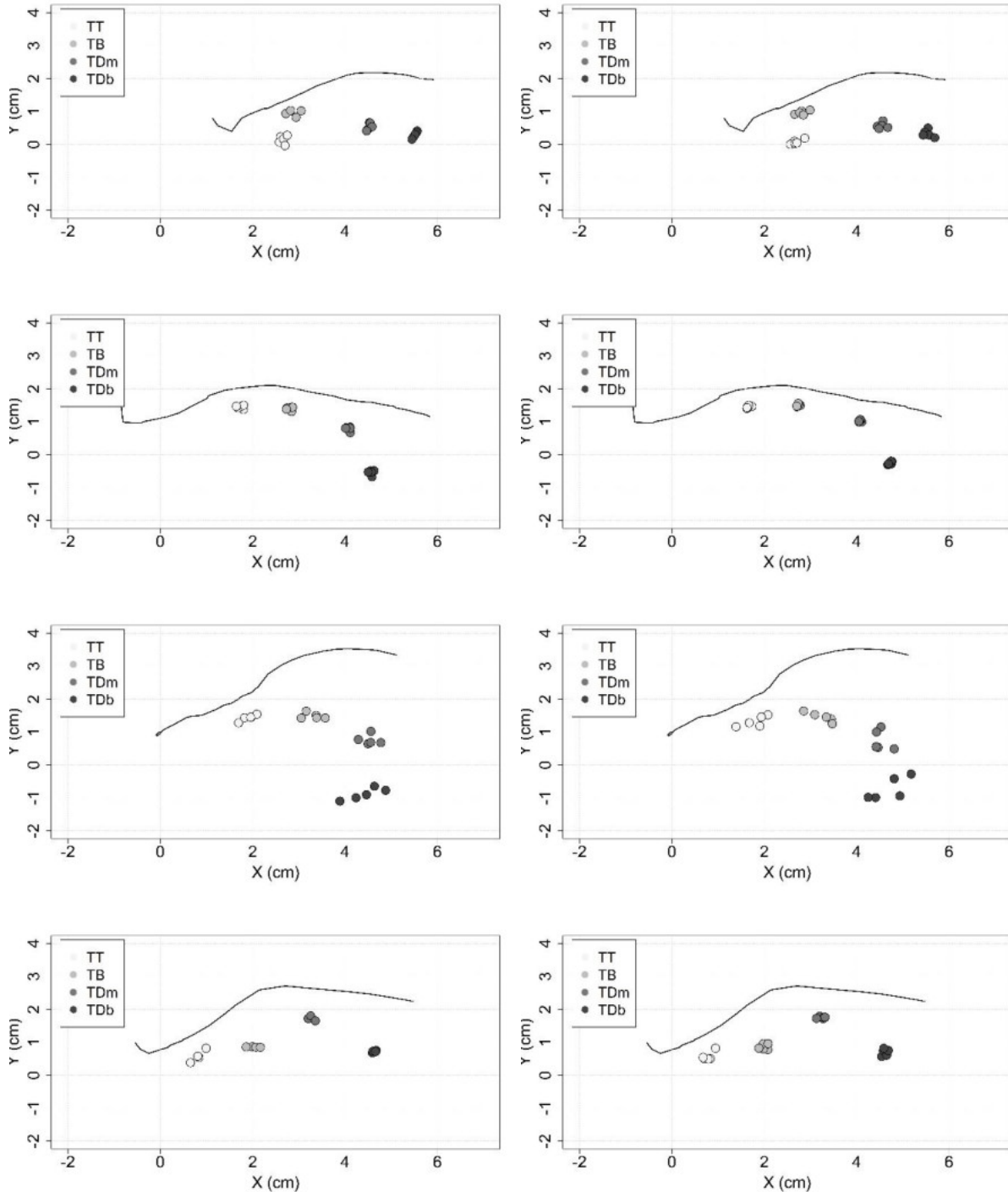
Contours de langue pour /j/ suggérés à partir des quatre bobines pour cinq répétitions dans /jesti/ (à gauche) vs /jes.ti/ (à droite) pour les locuteurs (de haut en bas) AD, IH, IM, KB, MK, MTf, MTm, TA et TU

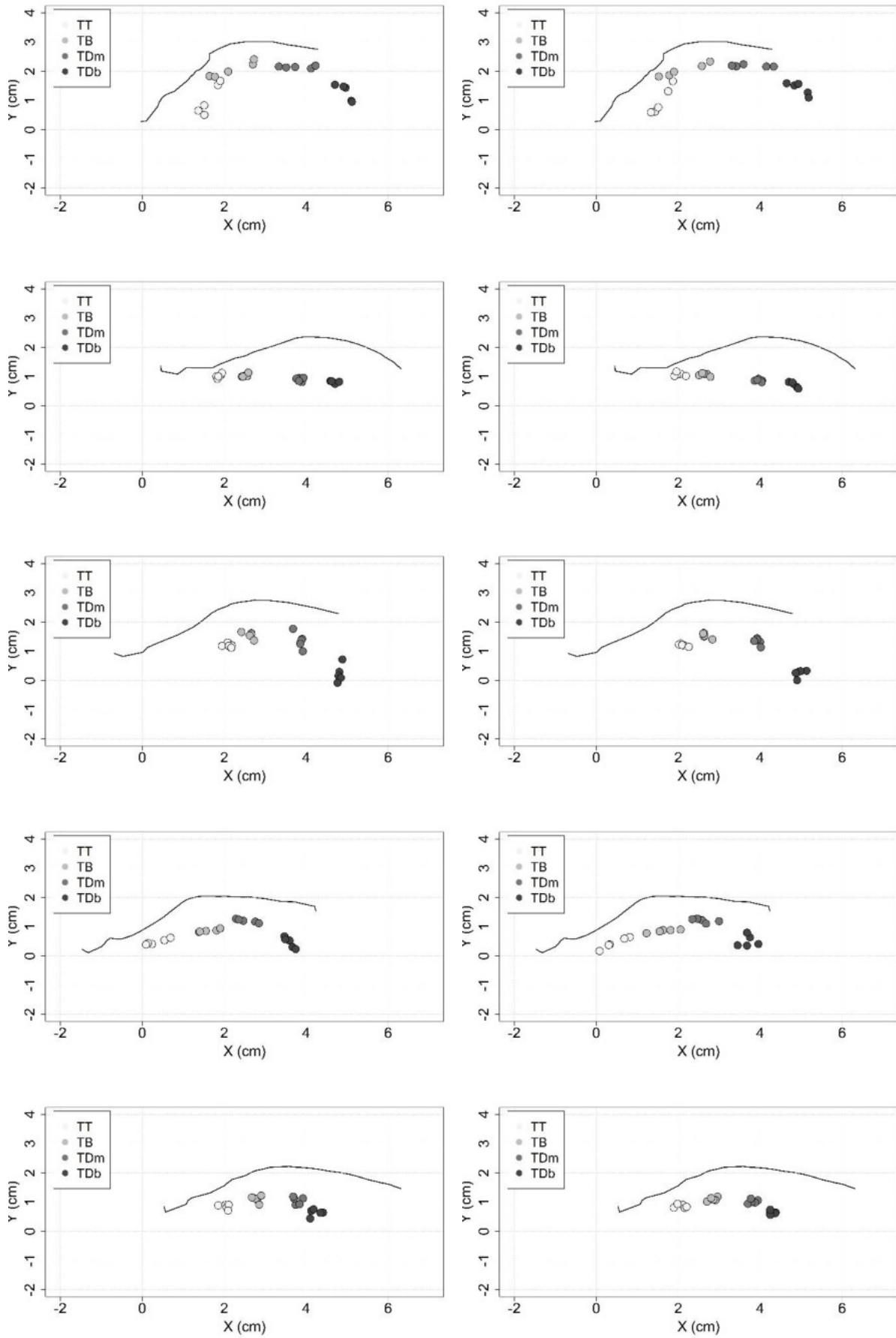




Annexe 8

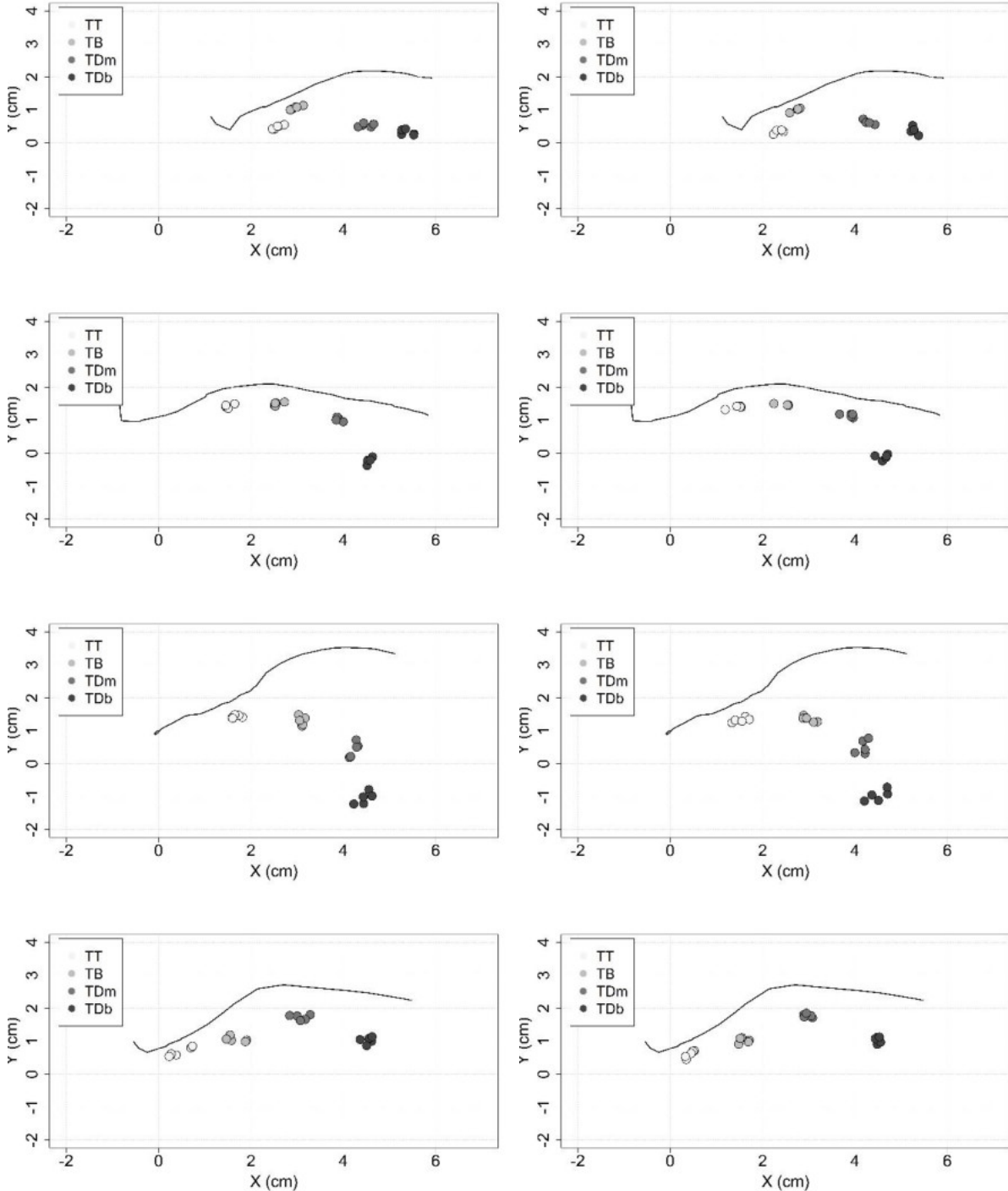
Contours de langue pour /ʃi:/ suggérés à partir des quatre bobines pour cinq répétitions dans /ʃi:it / (à gauche) vs /ʃi:i.ta / (à droite) pour les locuteurs (de haut en bas) AD, IH, IM, KB, MK, MTf, MTm, TA et TU

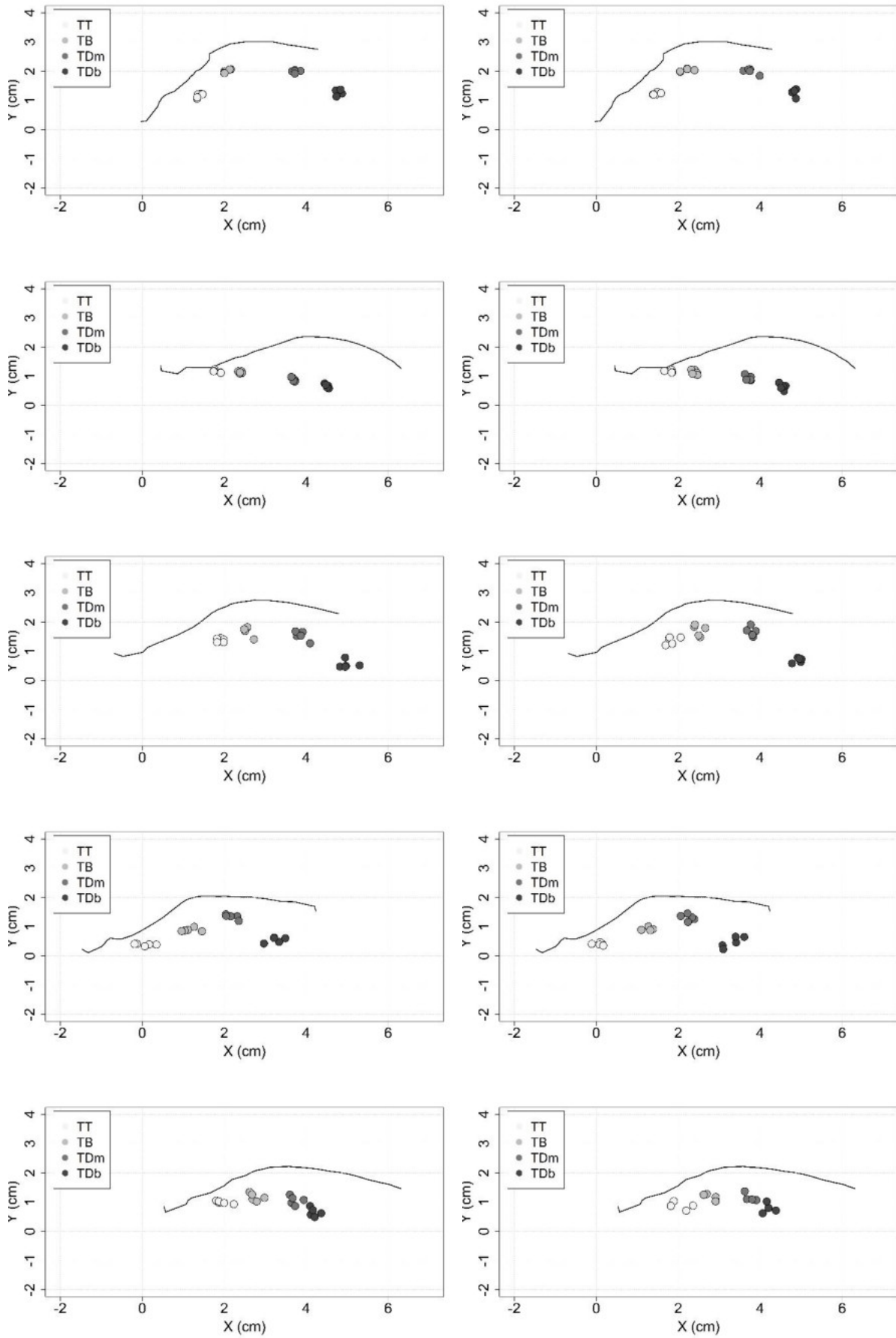




Annexe 9

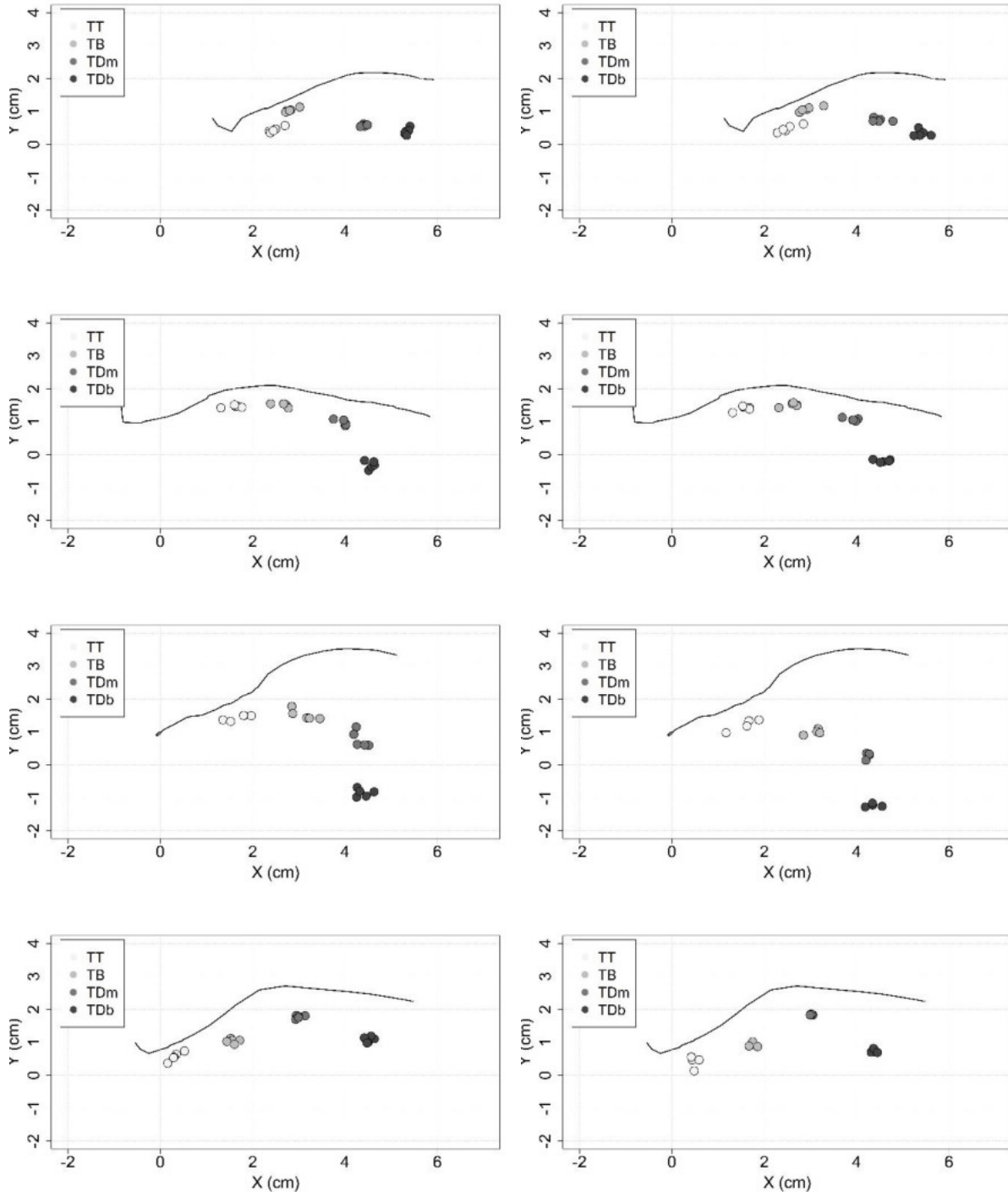
Contours de langue pour /tʃ/ suggérés à partir des quatre bobines pour cinq répétitions des dissyllabes /'tʃer.ti/ (à gauche) ~/'tʃer.ti/ (à droite) pour les locuteurs (de haut en bas) AD, IH, IM, KB, MK, MTf, MTm, TA et TU

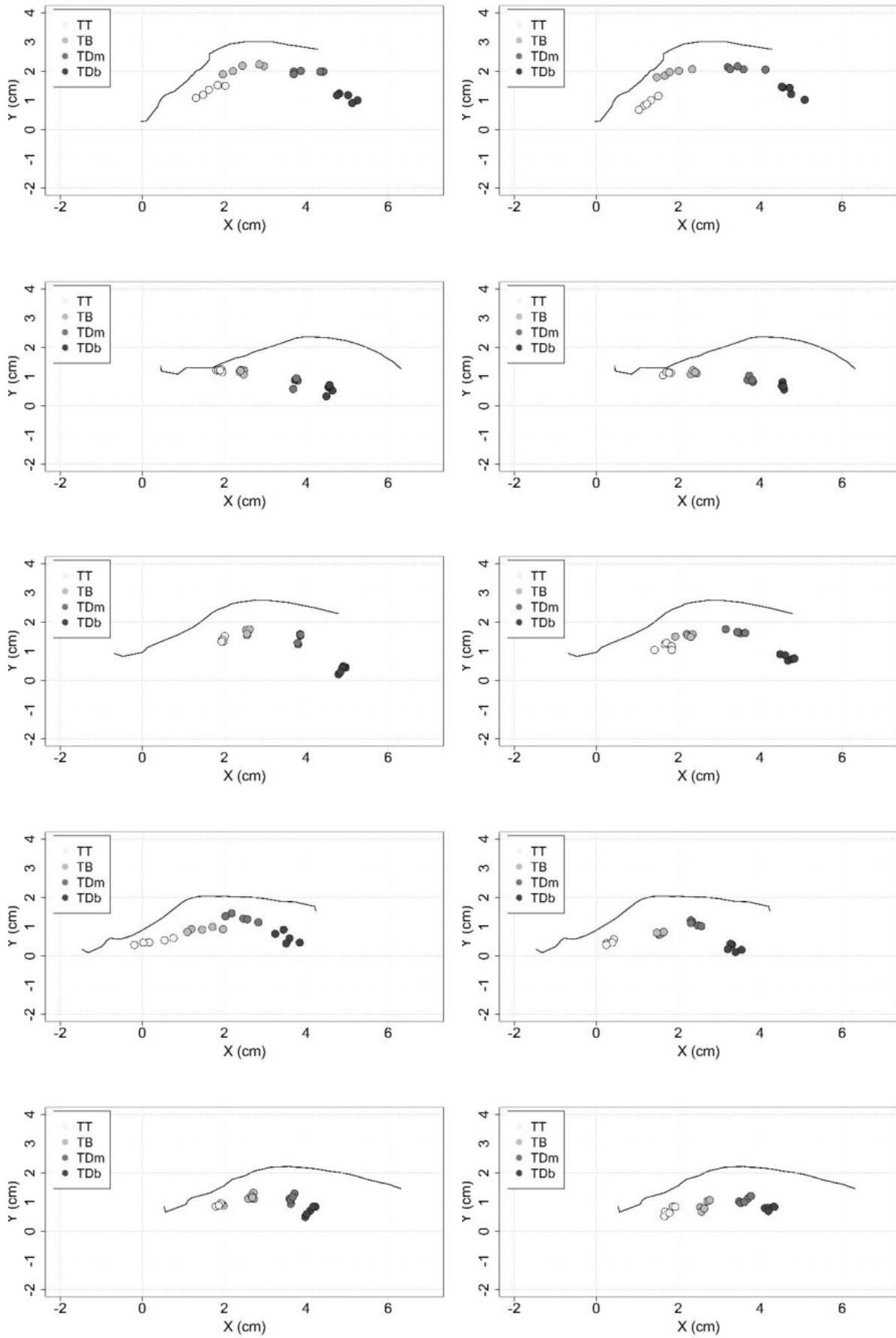




Annexe 10

Contours de langue pour /tʃ/ suggérés à partir des quatre bobines pour cinq répétitions des dissyllabes /tʃem/ (à gauche) ~ /mʲetʃ/ (à droite) pour les locuteurs (de haut en bas) AD, IH, IM, KB, MK, MTf, MTm, TA et TU





Annexe 11

Ecart temporel (Δt , ms) entre le temps de référence et le temps où chaque bobine atteint sa position maximale. Le repère temporel de référence correspond au moment à partir duquel la mandibule remonte pour réaliser l'articulation de la consonne (position la plus basse de la mandibule correspondant à la cible de la production vocalique).

	Modalité Accent*Onset				
	t	t ⁱ	t ^f	Ƀ	ʃ:
<i>TT</i>	107,78	114,93	123,63	143,99	177,47
<i>TB</i>	120,67	126,87	142,23	137,85	190,29
<i>TD_m</i>	113,67	142,82	163,34	150,5	178,16
<i>TD_b</i>	108,78	147,63	175,29	164,36	183,82
	Modalité Atone*Onset				
	t ⁱ	t ^f	Ƀ	ʃ:	
<i>TT</i>	119,07	125,49	131,91	160,32	
<i>TB</i>	126,62	136,2	130,34	174,2	
<i>TD_m</i>	151,18	149,69	130,35	152,23	
<i>TD_b</i>	132,86	159,52	146,35	173,41	
	Modalité Accent*Coda				
	t ⁱ	t ^f	Ƀ	ʃ:	
<i>TT</i>	115,78	105,22	150,78	166,78	
<i>TB</i>	123,44	107,78	140,89	157,78	
<i>TD_m</i>	131,33	104,78	152,67	160,44	
<i>TD_b</i>	120,11	127	161,22	164,44	

Annexe 12

Z-scores et p-values associées pour les estimations des différences entre les moyennes des écarts temporels pour TT, TB, TD_m and TD_b pour les consonnes /t t̥ tʃ j ʃ:/ selon la modalité Accent*Onset

		Estimate	SE	Z value	P-value
/t/	TD _b - TD _m	-4,8889	7,4231	-0,6586	0,9994
	TD _b - TB	-11,8889	7,4431	-1,5973	0,702
	TD _b - TT	1	7,2715	0,1375	1
	TD _m - TB	-7	7,3204	-0,9562	0,9834
	TD _m - TT	5,8889	7,4513	0,7903	0,9964
	TB - TT	12,8889	6,7354	1,9136	0,4694
/t̥/	TD _b - TD _m	4,93333	6,22588	0,79239	1
	TD _b - TB	20,8251	6,26347	3,32485	0,1499
	TD _b - TT	32,76603	6,207	5,27888	<0,0001
	TD _m - TB	15,89177	6,17014	2,57559	0,72544
	TD _m - TT	27,8327	6,19336	4,49396	0,00148
	TB - TT	11,94093	5,86515	2,03591	0,98278
/tʃ/	TD _b - TD _m	11,95538	6,7666	1,76682	0,99881
	TD _b - TB	33,09613	6,82354	4,85029	0,00023
	TD _b - TT	51,67693	6,73795	7,66953	<0,0001
	TD _m - TB	21,14075	6,68192	3,16388	0,23422
	TD _m - TT	39,72155	6,71723	5,91338	<0,0001
	TB - TT	18,5808	6,21272	2,99077	0,35676
/j/	TD _b - TD _m	13,73826	6,6387	2,06942	0,97793
	TD _b - TB	26,47507	6,69117	3,95671	0,0171
	TD _b - TT	20,36224	6,6123	3,07945	0,2918
	TD _m - TB	12,73681	6,5607	1,94138	0,99264
	TD _m - TT	6,62398	6,59322	1,00467	1
	TB - TT	-6,11283	6,12971	-0,99724	1
/ʃ:/	TD _b - TD _m	5,8322	7,52328	0,77522	1
	TD _b - TB	-6,35441	7,60539	-0,83551	1
	TD _b - TT	6,48296	7,48189	0,86649	1
	TD _m - TB	-12,18661	7,40077	-1,64667	0,99975
	TD _m - TT	0,65076	7,45191	0,08733	1
	TB - TT	12,83738	6,7126	1,91243	0,99429

Annexe 13

Z-scores et p-values associées pour les estimations des différences entre les moyennes des écarts temporels pour TT, TB, TD_m and TD_b pour les comparaisons inter-consonnes selon la modalité Accent*Onset

		Estimate	SE	Z value	P-value
/t/ - /tʰ/	<i>TD_b</i>	-38,8489	11,2926	-3,4402	0,0088
/t/ - /tʃ/		-66,5081	11,6246	-5,7213	<0,0001
/t/ - /ʃ/		-55,5774	11,419	-4,8671	<0,0001
/t/ - /ʃʰ:/		-75,0409	11,9636	-6,2725	<0,0001
/t/ - /tʰ/	<i>TD_m</i>	-29,1496	11,2926	-2,5813	0,1212
/t/ - /tʃ/		-49,6709	11,6246	-4,2729	<0,0001
/t/ - /ʃ/		-36,835	11,419	-3,2258	0,0184
/t/ - /ʃʰ:/		-64,4949	11,9636	-5,3909	<0,0001
/t/ - /tʰ/	<i>TB</i>	-6,2032	11,2926	-0,5493	0,9999
/t/ - /tʃ/		-21,5671	11,6246	-1,8553	0,5116
/t/ - /ʃ/		-17,1869	11,419	-1,5051	0,7657
/t/ - /ʃʰ:/		-69,6252	11,9636	-5,8198	<0,0001
/t/ - /tʰ/	<i>TT</i>	-7,1572	11,2926	-0,6338	0,9996
/t/ - /tʃ/		-15,8536	11,6246	-1,3638	0,851
/t/ - /ʃ/		-36,213	11,419	-3,1713	0,0231
/t/ - /ʃʰ:/		-69,6946	11,9636	-5,8256	<0,0001
/tʰ/ - /tʃ/	<i>TD_b</i>	-27,63419	9,31939	-2,96524	0,37356
/tʰ/ - /ʃ/		-16,70783	9,24109	-1,80799	0,99811
/tʰ/ - /ʃʰ:/		-36,2544	9,79861	-3,69995	0,04199
/tʃ/ - /ʃ/		10,92636	9,55786	1,14318	1
/tʃ/ - /ʃʰ:/		-8,6202	10,09802	-0,85365	1
/ʃ/ - /ʃʰ:/		-19,54657	10,02581	-1,94962	0,99179
/tʰ/ - /tʃ/	<i>TD_m</i>	-20,61214	9,31939	-2,21175	0,94442
/tʰ/ - /ʃ/		-7,90289	9,2411	-0,85519	1
/tʰ/ - /ʃʰ:/		-35,35552	9,79861	-3,60822	0,06053
/tʃ/ - /ʃ/		12,70925	9,55786	1,32972	1
/tʃ/ - /ʃʰ:/		-14,74338	10,09802	-1,46003	0,99999
/ʃ/ - /ʃʰ:/		-27,45263	10,02581	-2,73819	0,5809
/tʰ/ - /tʃ/	<i>TB</i>	-15,36316	9,31939	-1,64852	0,9997
/tʰ/ - /ʃ/		-11,05786	9,2411	-1,1966	1

/tj/ - /ʃ:/		-63,43391	9,79861	-6,47377	<0,0001
/ʧ/ - /ʃ/		4,30531	9,55786	0,45045	1
/ʧ/ - /ʃ:/		-48,07074	10,09802	-4,76041	0,00063
/ʃ/ - /ʃ:/		-52,37605	10,02581	-5,22412	<0,0001
<hr/>					
/tj/ - /ʧ/	<i>TT</i>	-8,72329	9,31939	-0,93604	1
/tj/ - /ʃ/		-29,11161	9,2411	-3,15023	0,24157
/tj/ - /ʃ:/		-62,53746	9,79861	-6,38228	<0,0001
/ʧ/ - /ʃ/		-20,38832	9,55786	-2,13315	0,96603
/ʧ/ - /ʃ:/		-53,81417	10,09802	-5,32918	<0,0001
/ʃ/ - /ʃ:/		-33,42585	10,02581	-3,33398	0,14395

Annexe 14

Z-scores et p-values associées pour les estimations des différences entre les moyennes des écarts temporels pour TT, TB, TD_m and TD_b pour les consonnes /t t̥ ʃ j ʃ:/ selon la modalité Atone*Onset

		Estimate	SE	Z value	P-value
/t̥/	TD _b - TD _m	-18,31668	7,79011	-2,35127	0,88208
	TD _b - TB	6,23766	7,88067	0,79151	1
	TD _b - TT	13,79509	7,74443	1,78129	0,99852
	TD _m - TB	24,55435	7,65486	3,20768	0,20821
	TD _m - TT	32,11177	7,71134	4,16423	0,0075
	TB - TT	7,55742	6,89207	1,09654	1
/ʃ/	TD _b - TD _m	9,83421	8,00373	1,2287	1
	TD _b - TB	23,32457	8,10092	2,87925	0,45428
	TD _b - TT	34,02818	7,95468	4,27775	0,00402
	TD _m - TB	13,49036	7,85848	1,71666	0,99931
	TD _m - TT	24,19396	7,91915	3,05512	0,3101
	TB - TT	10,7036	7,03681	1,52109	0,99997
/ʃ:/	TD _b - TD _m	16,00172	7,83314	2,04282	0,98267
	TD _b - TB	16,01207	7,92504	2,02044	0,98497
	TD _b - TT	14,43924	7,78677	1,85433	0,99692
	TD _m - TB	0,01035	7,69586	0,00134	1
	TD _m - TT	-1,56248	7,75319	-0,20153	1
	TB - TT	-1,57283	6,92116	-0,22725	1
/ʃ:/	TD _b - TD _m	21,18333	9,26991	2,28517	0,91686
	TD _b - TB	-0,78907	9,40446	-0,0839	1
	TD _b - TT	13,08858	9,20188	1,42238	0,99999
	TD _m - TB	-21,9724	9,06822	-2,42301	0,84018
	TD _m - TT	-8,09474	9,15255	-0,88442	1
	TB - TT	13,87765	7,9111	1,7542	0,99891

Annexe 15

Z-scores et p-values associées pour les estimations des différences entre les moyennes des écarts temporels pour TT, TB, TD_m and TD_b pour les comparaisons inter-consonnes selon la modalité Atone*Onset

		Estimate	SE	Z value	P-value
/tj/ - /tʃ/	<i>TD_b</i>	-26,66116	10,99808	-2,42416	0,84079
/tj/ - /ʃ/		-13,48627	10,89457	-1,23789	1
/tj/ - /ʃj:/		-40,55132	11,81098	-3,43336	0,10775
/tʃ/ - /ʃ/		13,17489	11,0251	1,19499	1
/tʃ/ - /ʃj:/		-13,89016	11,93149	-1,16416	1
/ʃ/ - /ʃj:/		-27,06506	11,83452	-2,28696	0,91582
/tj/ - /tʃ/	<i>TD_m</i>	1,48974	10,99808	0,13545	1
/tj/ - /ʃ/		20,83214	10,89457	1,91216	0,99428
/tj/ - /ʃj:/		-1,05131	11,81098	-0,08901	1
/tʃ/ - /ʃ/		19,3424	11,0251	1,7544	0,99889
/tʃ/ - /ʃj:/		-2,54105	11,93149	-0,21297	1
/ʃ/ - /ʃj:/		-21,88345	11,83452	-1,84912	0,99701
/tj/ - /tʃ/	<i>TB</i>	-9,57425	10,99808	-0,87054	1
/tj/ - /ʃ/		-3,71186	10,89457	-0,34071	1
/tj/ - /ʃj:/		-47,57806	11,81098	-4,02829	0,01261
/tʃ/ - /ʃ/		5,86239	11,02509	0,53173	1
/tʃ/ - /ʃj:/		-38,00381	11,93149	-3,18517	0,22185
/ʃ/ - /ʃj:/		-43,8662	11,83452	-3,70663	0,04413
/tj/ - /tʃ/	<i>TT</i>	-6,42807	10,99808	-0,58447	1
/tj/ - /ʃ/		-12,84211	10,89457	-1,17876	1
/tj/ - /ʃj:/		-41,25783	11,81098	-3,49318	0,0902
/tʃ/ - /ʃ/		-6,41404	11,0251	-0,58177	1
/tʃ/ - /ʃj:/		-34,82976	11,93149	-2,91914	0,42376
/ʃ/ - /ʃj:/		-28,41572	11,83452	-2,40109	0,85552

Annexe 16

Z-scores et p-values associées pour les estimations des différences entre les moyennes des écarts temporels pour TT, TB, TD_m and TD_b pour les consonnes /t t̥ ʈ ʃ j ʃ:/ selon la modalité Accent*Coda

		Estimate	SE	Z value	P-value
/t̥/	TD _b - TD _m	-11,22222	7,74271	-1,44939	0,99999
	TD _b - TB	-3,33333	7,83178	-0,42562	1
	TD _b - TT	4,33333	7,69778	0,56293	1
	TD _m - TB	7,88889	7,6097	1,03669	1
	TD _m - TT	15,55556	7,66524	2,02936	0,98417
	TB - TT	7,66667	6,86006	1,11758	1
/ʈ/	TD _b - TD _m	22,22222	7,95289	2,79423	0,52629
	TD _b - TB	19,22222	8,04851	2,38829	0,86296
	TD _b - TT	21,77778	7,90464	2,75506	0,56235
	TD _m - TB	-3	7,81	-0,38412	1
	TD _m - TT	-0,44444	7,86968	-0,05648	1
	TB - TT	2,55556	7,00227	0,36496	1
/ʃ/	TD _b - TD _m	8,55556	7,73676	1,10583	1
	TD _b - TB	20,33333	7,82564	2,5983	0,70739
	TD _b - TT	10,44444	7,69192	1,35785	1
	TD _m - TB	11,77778	7,60403	1,54889	0,99994
	TD _m - TT	1,88889	7,65945	0,24661	1
	TB - TT	-9,88889	6,85605	-1,44236	0,99999
/ʃ:/	TD _b - TD _m	4	9,19966	0,4348	1
	TD _b - TB	6,66667	9,33222	0,71437	1
	TD _b - TT	-2,33333	9,13266	-0,25549	1
	TD _m - TB	2,66667	9,001	0,29626	1
	TD _m - TT	-6,33333	9,08406	-0,69719	1
	TB - TT	-9	7,86195	-1,14475	1

Annexe 17

Z-scores et p-values associées pour les estimations des différences entre les moyennes des écarts temporels pour TT, TB, TD_m and TD_b pour les comparaisons inter-consonnes selon la modalité Accent*Coda

		Estimate	SE	Z value	P-value
/tj/ - /tʃ/	<i>TD_b</i>	-6,88889	10,93587	-0,62994	1
/tj/ - /ʃ/		-41,11111	10,8037	-3,80528	0,02871
/tj/ - /ʃj:/		-44,33333	11,73516	-3,77782	0,03295
/tʃ/ - /ʃ/		-34,22222	10,9323	-3,13038	0,25495
/tʃ/ - /ʃj:/		-37,44444	11,85366	-3,15889	0,23932
/ʃ/ - /ʃj:/		-3,22222	11,73183	-0,27466	1
/tj/ - /tʃ/	<i>TD_m</i>	26,55556	10,93587	2,4283	0,83744
/tj/ - /ʃ/		-21,33333	10,8037	-1,97463	0,98968
/tj/ - /ʃj:/		-29,11111	11,73516	-2,48068	0,80088
/tʃ/ - /ʃ/		-47,88889	10,9323	-4,38049	0,00301
/tʃ/ - /ʃj:/		-55,66667	11,85366	-4,69616	0,00073
/ʃ/ - /ʃj:/		-7,77778	11,73183	-0,66296	1
/tj/ - /tʃ/	<i>TB</i>	15,66667	10,93587	1,43259	0,99999
/tj/ - /ʃ/		-17,44444	10,8037	-1,61467	0,99984
/tj/ - /ʃj:/		-34,33333	11,73516	-2,92568	0,40989
/tʃ/ - /ʃ/		-33,11111	10,9323	-3,02874	0,32629
/tʃ/ - /ʃj:/		-50	11,85366	-4,21811	0,00556
/ʃ/ - /ʃj:/		-16,88889	11,73183	-1,43958	0,99999
/tj/ - /tʃ/	<i>TT</i>	10,55556	10,93587	0,96522	1
/tj/ - /ʃ/		-35	10,8037	-3,23963	0,19209
/tj/ - /ʃj:/		-51	11,73516	-4,34592	0,00319
/tʃ/ - /ʃ/		-45,55556	10,9323	-4,16706	0,00686
/tʃ/ - /ʃj:/		-61,55556	11,85366	-5,19296	<0,0001
/ʃ/ - /ʃj:/		-16	11,73183	-1,36381	1

Annexe 18

Questionnaire sociolinguistique renseigné par les locuteurs de l'étude USI

1. Nom, Prénom/Инициалы
2. Age/Возраст
3. Genre/Пол
4. Niveau d'étude/Образование
5. Métier exercé/Профессия
6. Lieu de naissance/Где родились
7. Lieu de résidence, depuis.../Населенный пункт в котором проживаете, в течении сколько лет
8. Contexte linguistique de l'éducation/В каком окружении воспитывались (мама, бабушка и т. д.)
9. Autre lieux de résidence (travail, études, pendant combien de temps)/В каких других населенных пунктах проживали, в течении сколько лет, было ли это связано с работой, учебой и т. д.
10. L2, niveau/Какими языками владеете, на каком уровне
11. Utilisez-vous une ou des langues étrangères au quotidien/Какими пользуетесь регулярно, в каком контексте

Annexe 19

Formulaire de consentement éclairé distribué aux participants de l'étude USI



gipsa-lab

INFORMATION DOCUMENT and CONSENT OF PARTICIPATION

Handed in to the persons solicited to participate in this research

Researcher in charge: Ekaterina Biteeva, Phd student, GIPSA-lab

Place of recording:

Faculty of Philology
Lomonosov Moscow State University
Leninskije Gory, Humanities I
119992 Moscow
Russian Federation

General framework:

Ultrasound recording of Russian language native speakers

Methodology:

We carry out this research in order to obtain information on tongue movements during speech production using ultrasound system. You will be equipped with a micro-convex transducer (probe) and a probe stabilisation headset. The probe stabilisation headset maintains the probe in the midsagittal plane and restricts rotational and translational movement within the midsagittal plane. You will be asked to keep your head still during the experiment and to repeat the stimuli displayed on a screen in front of you aloud at a normal speech rate. The stimuli will be presented in random order 6 times. The duration of experiment is about 40 minutes. You can stop the experiment at any time. The procedure is non-invasive and harmless.

Contraindication: ultrasound gel intolerance

Last name:

First name:

Age:

Mother Language:

I have read and understood the instructions and I willingly agree to participate in this study.

I hereby authorise to use my picture and the recorded data for research purposes throughout the whole duration of this study.

Date

Signature

Annexe 20

Nombre de contours (max 6) relevés pour chaque consonne par locuteur, par voyelle et par instant dans l'étude USI. La colonne 1 liste les contours identifiés à partir de la consonne correspondante. Par exemple, dans « p a mid », « p » = consonne, « a » = voyelle postconsonantique et « mid » = instant temporel.

Contour	ABI	AD	EB	EK	IT	KB	KBM	NG	RDN	URV
p a mid	6	5	0	0	5	6	6	6	6	6
p a off	6	5	0	0	5	6	6	6	6	6
p a on	6	5	0	0	5	6	6	6	6	6
p e mid	6	0	0	6	0	6	0	0	0	0
p e off	6	0	0	0	0	6	0	0	0	0
p e on	6	0	0	6	0	6	0	0	0	0
p i mid	6	6	0	6	0	6	6	6	5	0
p i off	6	6	0	6	0	6	6	6	5	0
p i on	6	6	0	6	0	6	6	6	5	0
p o mid	6	0	0	6	0	6	0	5	0	6
p o off	6	0	0	6	0	6	0	5	0	6
p o on	6	0	0	6	0	6	0	5	6	6
p u mid	6	0	0	6	0	6	6	6	0	6
p u off	6	0	0	5	0	6	3	6	0	6
p u on	6	0	0	6	0	6	6	6	0	6
p ^j a mid	5	5	0	6	3	5	6	6	6	5
p ^j a off	5	5	0	6	3	5	6	6	6	5
p ^j a on	6	5	0	6	3	5	6	6	6	5
p ^j e mid	6	5	0	6	0	6	0	0	0	0
p ^j e off	6	6	0	5	0	6	0	0	0	0
p ^j e on	6	6	0	6	0	6	0	0	0	0
p ^j i mid	6	6	5	6	0	6	6	5	6	0
p ^j i off	6	6	4	6	0	6	6	5	6	0
p ^j i on	6	6	5	6	0	6	6	5	6	0
p ^j o mid	6	6	0	6	0	6	6	5	5	6
p ^j o off	6	6	0	6	0	6	6	5	6	6
p ^j o on	6	6	0	6	0	6	6	5	5	6
p ^j u mid	6	6	5	6	0	6	6	4	6	6
p ^j u off	6	6	5	6	0	6	6	4	6	6
p ^j u on	6	6	5	6	0	6	6	4	6	6
ʃ e mid	6	0	0	0	0	6	0	6	0	5
ʃ e off	6	0	0	0	0	6	0	6	0	5
ʃ e on	6	0	0	0	0	6	0	6	0	4
ʃ i mid	6	0	0	0	0	6	0	6	0	6
ʃ i off	0	0	0	0	0	6	0	6	0	6
ʃ i on	6	0	0	0	0	6	0	6	0	5
ʃ o mid	6	0	0	0	0	6	0	5	0	0

f o off	0	0	0	0	0	6	0	5	0	0
f o on	6	0	0	0	0	6	0	5	0	0
f i: e mid	6	5	0	0	0	6	0	4	0	4
f i: e off	6	5	0	0	0	6	0	4	0	4
f i: e on	6	5	0	0	0	6	0	4	0	3
f i: i mid	6	6	0	0	0	6	0	0	0	5
f i: i off	6	6	0	0	0	6	0	0	0	6
f i: i on	6	6	0	0	0	6	0	0	0	6
f i: o mid	3	0	0	0	0	6	0	4	0	0
f i: o off	3	0	0	0	0	6	0	4	0	0
f i: o on	3	0	0	0	0	6	0	5	0	0
t a mid	6	6	6	6	5	6	6	6	6	6
t a off	6	6	6	6	5	6	6	6	6	6
t a on	6	6	6	6	5	6	6	6	6	6
t e mid	6	3	0	6	0	6	6	4	0	5
t e off	6	3	0	6	0	6	6	4	0	5
t e on	6	3	0	6	0	6	6	4	0	5
t i mid	6	6	6	6	0	6	6	6	6	6
t i off	6	6	6	6	0	6	6	6	6	6
t i on	6	6	6	6	0	6	6	6	6	6
t o mid	6	0	0	6	0	6	0	6	0	6
t o off	6	0	0	6	0	6	0	6	0	6
t o on	6	0	0	6	0	6	0	6	0	6
t u mid	6	0	0	6	0	6	6	6	5	5
t u off	6	0	0	6	0	6	6	6	5	6
t u on	6	0	0	6	0	6	6	6	5	5
tʃ a mid	6	6	6	6	4	6	6	5	6	4
tʃ a off	6	6	6	6	4	6	6	5	6	4
tʃ a on	6	6	6	6	4	6	6	5	6	4
tʃ e mid	6	6	0	6	0	5	5	5	0	5
tʃ e off	6	5	0	6	0	5	3	5	0	5
tʃ e on	6	6	0	6	0	5	6	5	0	5
tʃ i mid	6	6	6	0	0	6	6	6	6	6
tʃ i off	6	6	6	0	0	6	6	6	6	6
tʃ i on	6	6	6	0	0	6	6	6	6	6
tʃ o mid	6	0	0	6	0	6	0	6	0	0
tʃ o off	6	0	0	6	0	6	0	6	0	0
tʃ o on	6	0	0	6	0	6	0	5	0	0
tʃ u mid	6	0	0	6	0	6	6	6	5	6
tʃ u off	6	0	0	6	0	6	6	6	5	6
tʃ u on	6	0	0	6	0	4	6	6	5	6
Total	445	250	101	316	51	460	263	372	211	312

Annexe 21

Script R pour la classification des contours linguaux réalisée à l'aide de la distance de Frechet (Auteur S. Gerber, 2020)

```
## tableau de donnees ##
### importer tableau
setwd("D:\\Users\\gerbers\\Desktop\\projet_recherche\\equipe_sld\\ekaterina_biteeva\\do
nnees")
tab <- read.table("tab_mean.csv",sep=";",dec=".",header=TRUE,na.strings="NA")
### nombre de NA par id
for(i in 1:nrow(tab)) {tab$vm[i] <- sum(is.na(tab[i,]))}
### nvlle structure
x <- as.vector(t(as.matrix(tab[,2:43])))
y <- as.vector(t(as.matrix(tab[,44:85])))
id <- rep(tab[,1], each = 42)
vm <- rep(tab[,86],each = 42)
tab0 <- data.frame(id=id,x=x,y=y,vm=vm)
tab0$id <- as.character(tab0$id)
stop1 <- regexpr("_",tab0$id)
stop2 <- stop1 + regexpr("_",substr(tab0$id,stop1+1,nchar(tab0$id)))
stop3 <- stop2 + regexpr("_",substr(tab0$id,stop2+1,nchar(tab0$id)))
tab0$Sujet <- as.factor(substr(tab0$id,1,stop1-1))
tab0$Consonne <- as.factor(substr(tab0$id,stop1+1,stop2-1))
tab0$Contexte.voc. <- as.factor(substr(tab0$id,stop2+1,stop3-1))
tab0$Instant <- as.factor(substr(tab0$id,stop3+1,nchar(tab0$id)))
tab0$id <- as.factor(tab0$id)
### Region
tab0$Region <- rep(seq(1,42,1),nlevels(tab0$id))
tab0$Region[tab0$Region>0 & tab0$Region<=14] <- 1
tab0$Region[tab0$Region>14 & tab0$Region<=28] <- 2
tab0$Region[tab0$Region>28 & tab0$Region<=42] <- 3
tab0$Region <- as.factor(as.character(tab0$Region))
### selection ligne
tab0 <- subset(tab0, Sujet != "mm")
tab0$Sujet <- as.factor(as.character(tab0$Sujet))
### packages utilises
library(SimilarityMeasures)
library(cluster)
library(FactoMineR)
library(doBy)
## statistiques descriptives##
for(i in levels(tab0$Sujet)) {for(j in levels(tab0$Consonne)) {for(k in levels(tab0$Contexte.voc.)) {
plot(y~x,data=tab0,subset=which(Sujet ==i & Consonne==j & Contexte.voc.==
k),ylim=c(0,max(tab0$y,na.rm=TRUE)),xlim=c(0,max(tab0$x,na.rm=TRUE)))
title(paste(i,j,k))
legend("bottomright", legend = levels(tab0$Sujet), col = seq(1,nlevels(tab0$Sujet),1), pch = "---",
bty = "o", horiz = FALSE,pt.cex=1.5)
windows()}}}}
## calcul distance Frechet ##
vecteur_nb_classe <- c(3,4,4,3,3,4,2,4,4,3,4,4,3,3,3,4,4,5,3,5,4,3,4,4,4,4,4,4,4)
w <- 1
for(suj in levels(tab0$Sujet)) {for(reg in levels(tab0$Region)) {
```



```

#### selection lignes (choisir region + sujet)
tab1 <- subset(tab0, Sujet == suj)
tab1 <- subset(tab1, Region==reg)
tab1 <- subset(tab1, Instant=="on" | Instant=="mid" | Instant=="off")
tab1 <- subset(tab1, vm == 0)
tab1$Sujet <- as.factor(as.character(tab1$Sujet))
tab1$Instant <- as.factor(as.character(tab1$Instant))
tab1$Consonne <- as.factor(as.character(tab1$Consonne))
tab1$Region <- as.factor(as.character(tab1$Region))
#### nvlle variable
table(tab1$Consonne,tab1$Contexte.voc.,tab1$Instant)
tab1$comb <- as.factor(paste(tab1$Consonne,tab1$Instant, tab1$Contexte.voc.))
tab1 <- orderBy(~comb,tab1)
#### matrice de distance
mat_distance <- matrix(rep(0,nlevels(tab1$comb)^2),ncol=nlevels(tab1$comb))
colnames(mat_distance) <- levels(tab1$comb)
for(k in 1:(nlevels(tab1$comb)-1)) {for(l in k:nlevels(tab1$comb)) {
i <- levels(tab1$comb)[k]
j <- levels(tab1$comb)[l]
tmp1 <- subset(tab1, comb==i)
tmp2 <- subset(tab1, comb==j)
path1 <- matrix(c(tmp1$x,tmp1$y),ncol=2)
path2 <- matrix(c(tmp2$x,tmp2$y),ncol=2)
mat_distance[k,l] <- Frechet(path1,path2)
}}
mat_distance <- mat_distance +t(mat_distance)
## cah ##
#### classification
dd <- as.dist(mat_distance)
classif <- agnes(dd, method="ward")
classif2 <- as.hclust(classif)
#### dendogramme
setwd("D:\\Users\\gerbers\\Desktop\\projet_recherche\\equipe_sld\\ekaterina_biteeva\\re
sultats\\graphiques")
pdf(paste("dendogramme_",suj,"_region_",reg,".pdf",sep=""))
plot(classif2)
dev.off()
#### regroupement (choisir nombre de classes, k=?)
setwd("D:\\Users\\gerbers\\Desktop\\projet_recherche\\equipe_sld\\ekaterina_biteeva\\re
sultats\\graphiques")
pdf(paste(suj,"_region_",reg,".pdf",sep=""))
plot(rev(classif2$height),type="h",ylab="hauteurs",main=paste(suj,"region", reg))
dev.off()
classes <- cutree(classif, k=vecteur_nb_classe[w])
tab1$classes <- as.vector(matrix(rep(classes,each=14),ncol=length(classes)))
tab1$classes <- as.factor(as.character(tab1$classes))
w <- w+1
#### explication groupe
tab_cah <- tab1[,c("Consonne","Contexte.voc.,"Instant","Region","classes")]
test <- catdes(tab_cah,num.var=ncol(tab_cah),,proba = 0.001)
####

```

```

if(reg==1){test2<- data.frame(comb=levels(tab1$comb),classes=classes)}
if(reg!=1){test2 <- cbind.data.frame(test2,classes)}
}
### changer structure tableau
colnames(test2)[2] <- "R1"
colnames(test2)[3] <- "R2"
colnames(test2)[4] <- "R3"
test2$comb <- as.character(test2$comb)
stop1 <- regexpr(" ",test2$comb)
stop2 <- stop1 + regexpr(" ",substr(test2$comb,stop1+1,nchar(test2$comb)))
test2$Consonne <- as.factor(substr(test2$comb,1,stop1-1))
test2$Instant <- as.factor(substr(test2$comb,stop1+1,stop2-1))
test2$Contexte.voc. <- as.factor(substr(test2$comb,stop2+1,stop2+1))
test2$comb2 <- as.factor(substr(test2$comb,1,stop2-1))
test2$comb <- as.factor(test2$comb)
### structure (c,i) - (v,r)
mat <-
matrix(rep(NA,nlevels(test2$comb2)*3*nlevels(test2$Contexte.voc.)),nrow=nlevels(test2$comb2)
)
for(ligne in 1:nrow(test2)){for(colonne in 2:4){
mat[as.numeric(test2$comb2)[ligne],(3*as.numeric(test2$Contexte.voc.)-4+colonne)[ligne]] <-
test2[ligne,colonne]}}
mat1 <- cbind.data.frame(levels(test2$comb2),as.data.frame(mat))
tab_colnames_mat <- expand.grid(region=c(1,2,3),levels(test2$Contexte.voc.))
colnames(mat1) <- c("consonne_instant",paste(tab_colnames_mat[,2],tab_colnames_mat[,1]))
### structure(c,i,r) - v
mat2 <-
matrix(rep(NA,nlevels(test2$comb2)*3*nlevels(test2$Contexte.voc.)),ncol=nlevels(test2$Contexte.voc.))
for(ligne in 1:nrow(test2)){for(colonne in 2:4){
mat2[(3*as.numeric(test2$comb2)[ligne])-4+colonne],as.numeric(test2$Contexte.voc.)[ligne]] <-
test2[ligne,colonne]}}
tab_colnames_mat2 <- expand.grid(region=c(1,2,3),levels(test2$comb2))
mat2 <-
cbind.data.frame(paste(tab_colnames_mat2[,2],tab_colnames_mat2[,1]),as.data.frame(mat2))
colnames(mat2) <- c("consonne_instant_region",levels(test2$Contexte.voc.))
### exporter tableau
setwd("D:\\Users\\gerbers\\Desktop\\projet_recherche\\equipe_sld\\ekaterina_biteeva\\resultats\\tableaux")
write.table(mat1,paste("classif_",levels(tab1$Sujet),"_ci.csv",sep=""),sep=";",row.names=FALSE)
write.table(test2[,1:4],paste("classif_",levels(tab1$Sujet),"_civ.csv",sep=""),sep=";",row.names=FALSE)
write.table(mat2,paste("classif_",levels(tab1$Sujet),"_cir.csv",sep=""),sep=";",row.names=FALSE)
}

```

Annexe 22

Tables (22a – 22i) de classification des contours par locuteur. Le code de la colonne 1 (C_I) correspond à la combinaison Consonne_Instant, celui de la ligne 1 indique la combinaison Voyelle_Région. Les valeurs des cellules indiquent le numéro du groupe dans lequel le contour a été affecté par la classification CAH. « NA » indique une valeur manquante. « on » signifie l'instant Onset, « mid » - Midpoint et « off » - Offset.

Table 22 a : Classification des contours pour le locuteur AD

C_I	a_1	a_2	a_3	e_1	e_2	e_3	i_1	i_2	i_3	o_1	o_2	o_3	u_1	u_2	u_3
p mid	1	1	1	NA	NA	NA	1	2	2	NA	NA	NA	NA	NA	NA
p off	2	1	1	NA	NA	NA	1	2	2	NA	NA	NA	NA	NA	NA
p on	1	1	1	NA	NA	NA	1	2	2	NA	NA	NA	NA	NA	NA
p ^j mid	2	1	1	3	3	3	3	3	4	2	1	1	3	3	3
p ^j off	2	1	1	2	1	1	2	1	4	2	1	1	3	3	3
p ^j on	3	3	3	3	3	3	3	3	4	2	1	1	3	3	3
f ^j : mid	NA	NA	NA	3	3	3	3	3	4	NA	NA	NA	NA	NA	NA
f ^j : off	NA	NA	NA	3	1	1	2	1	4	NA	NA	NA	NA	NA	NA
f ^j : on	NA	NA	NA	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
t mid	2	1	1	2	1	1	2	1	4	NA	NA	NA	NA	NA	NA
t off	2	1	1	2	1	1	2	1	4	NA	NA	NA	NA	NA	NA
t on	2	1	1	2	1	1	2	1	4	NA	NA	NA	NA	NA	NA
t ^j mid	2	1	1	3	3	3	3	3	4	NA	NA	NA	NA	NA	NA
t ^j off	2	1	1	2	1	1	3	3	4	NA	NA	NA	NA	NA	NA
t ^j on	2	1	1	3	3	3	3	3	4	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Tables 22 b et c : Classification des contours pour les locuteurs EB (à gauche) et IT (à droite)

C_I	a_1	a_2	a_3	i_1	i_2	i_3	u_1	u_2	u_3
p ^j mid	NA	NA	NA	1	1	1	1	1	1
p ^j off	NA	NA	NA	1	1	1	1	1	1
p ^j on	NA	NA	NA	1	1	1	1	1	1
t mid	2	2	2	1	3	3	NA	NA	NA
t off	2	2	2	1	3	3	NA	NA	NA
t on	2	2	2	1	3	3	NA	NA	NA
t ^j mid	1	4	4	1	1	1	NA	NA	NA
t ^j off	2	4	4	1	1	1	NA	NA	NA
t ^j on	1	4	4	1	1	1	NA	NA	NA

C_I	a_1	a_2	a_3
p mid	1	1	1
p off	2	2	1
p on	1	1	1
p ^j mid	3	3	2
p ^j off	2	2	2
p ^j on	3	3	3
t mid	2	2	2
t off	2	2	2
t on	2	2	2
t ^j mid	3	3	2
t ^j off	3	3	2
t ^j on	3	3	3

Table 22 d : Classification des contours pour le locuteur EK

C_I	a_1	a_2	a_3	e_1	e_2	e_3	i_1	i_2	i_3	o_1	o_2	o_3	u_1	u_2	u_3
p mid	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1	1	1	1	1	2	1	1	1
p off	NA	NA	NA	NA	NA	NA	2	1	1	2	1	2	2	1	1
p on	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1	1	1	1	1	2	1	1	1
p ^j mid	3	2	3	3	3	4	3	3	4	3	4	2	3	3	4
p ^j off	2	2	3	2	1	2	3	4	1	2	1	2	3	3	4
p ^j on	3	2	3	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4
t mid	1	2	3	3	4	2	3	4	1	1	1	2	1	1	1
t off	1	2	3	3	4	2	3	4	1	1	4	2	1	4	1
t on	2	2	3	2	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1	1
t ^j mid	3	2	3	3	3	4	NA	NA	NA	3	4	2	3	4	4
t ^j off	1	2	3	3	4	2	NA	NA	NA	1	4	2	1	4	1
t ^j on	3	2	3	3	3	4	NA	NA	NA	3	3	4	3	3	4

Table 22 e : Classification des contours pour le locuteur KB

C_I	a_1	a_2	a_3	e_1	e_2	e_3	i_1	i_2	i_3	o_1	o_2	o_3	u_1	u_2	u_3
p mid	NA	NA	NA	1	1	1	2	2	2	2	3	3	2	3	2
p off	NA	NA	NA	1	1	1	2	2	2	2	3	3	2	3	2
p on	NA	NA	NA	1	1	4	1	2	2	3	2	3	2	2	2
p ^j mid	1	3	1	4	4	4	4	1	5	1	3	1	4	4	5
p ^j off	2	3	1	1	3	1	2	2	2	2	3	1	4	4	5
p ^j on	1	1	1	4	4	5	4	4	5	1	1	1	4	4	5
f mid	NA	NA	NA	4	4	4	4	4	4	2	2	3	NA	NA	NA
f off	NA	NA	NA	4	4	5	4	1	4	2	2	3	NA	NA	NA
f on	NA	NA	NA	4	4	4	4	1	4	2	2	3	NA	NA	NA
f ^j : mid	NA	NA	NA	4	4	4	4	4	5	2	3	3	NA	NA	NA
f ^j : off	NA	NA	NA	4	4	4	4	1	5	2	2	3	NA	NA	NA
f ^j : on	NA	NA	NA	4	4	4	4	4	5	4	4	4	NA	NA	NA
t mid	1	3	1	1	1	4	4	1	5	3	2	3	3	2	2
t off	2	3	1	1	1	4	4	1	5	3	2	3	1	2	2
t on	2	3	1	1	1	4	4	1	5	2	3	3	2	2	2
t ^j mid	1	3	1	4	4	4	4	4	5	1	1	1	1	2	2
t ^j off	1	3	1	1	1	4	4	4	5	3	2	3	1	2	2
t ^j on	1	1	1	4	4	4	4	4	5	1	4	4	4	4	4

Table 22 f : Classification des contours pour le locuteur KBM

C_I	a_1	a_2	a_3	e_1	e_2	e_3	i_1	i_2	i_3	o_1	o_2	o_3	u_1	u_2	u_3
p mid	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1	1	1	NA	NA	NA	1	2	1
p off	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1	1	1	NA	NA	NA	1	2	1
p on	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1	2	1	NA	NA	NA	1	2	1
p ^j mid	2	3	2	NA	NA	NA	3	4	3	2	3	3	2	3	3
p ^j off	2	5	4	NA	NA	NA	3	1	3	2	5	4	2	3	3
p ^j on	2	3	2	NA	NA	NA	3	4	3	2	3	2	2	3	3
t mid	1	1	4	2	5	4	2	3	3	NA	NA	NA	1	2	1
t off	1	1	4	2	5	4	2	3	3	NA	NA	NA	1	2	1
t on	1	1	4	2	5	4	2	5	3	NA	NA	NA	1	1	1
t ^j mid	3	1	2	2	3	2	2	3	3	NA	NA	NA	3	1	3
t ^j off	1	1	4	2	5	4	2	3	3	NA	NA	NA	1	1	1
t ^j on	3	4	2	2	3	2	2	3	2	NA	NA	NA	3	4	3

Table 22 g : Classification des contours pour le locuteur NG

C_I	a_1	a_2	a_3	e_1	e_2	e_3	i_1	i_2	i_3	o_1	o_2	o_3	u_1	u_2	u_3
p mid	1	1	1	NA	NA	NA	1	2	2	1	2	3	1	2	2
p off	1	1	1	NA	NA	NA	1	2	2	1	3	3	1	2	2
p on	1	1	1	NA	NA	NA	1	2	2	1	2	3	1	2	2
p ^j mid	1	1	1	NA	NA	NA	2	3	2	1	3	3	2	4	4
p ^j off	1	1	1	NA	NA	NA	1	2	2	1	3	3	2	4	4
p ^j on	2	3	1	NA	NA	NA	2	4	2	1	3	3	2	4	4
f mid	NA	NA	NA	2	3	4	2	3	2	1	2	3	NA	NA	NA
f off	NA	NA	NA	2	4	4	3	3	2	1	2	3	NA	NA	NA
f on	NA	NA	NA	3	3	3	3	3	2	3	2	3	NA	NA	NA
f ^j : mid	NA	NA	NA	2	4	4	NA	NA	NA	1	2	3	NA	NA	NA
f ^j : off	NA	NA	NA	3	3	3	NA	NA	NA	1	2	3	NA	NA	NA
f ^j : on	NA	NA	NA	2	4	4	NA	NA	NA	2	3	4	NA	NA	NA
t mid	1	1	1	3	3	4	2	3	2	1	2	1	1	2	2
t off	1	1	1	3	3	3	2	3	2	1	2	1	1	2	2
t on	1	1	1	3	3	4	2	3	2	1	2	1	1	2	2
t ^j mid	1	1	1	2	3	3	2	4	2	1	2	1	2	3	2
t ^j off	1	1	1	2	3	3	2	4	2	1	2	1	1	2	2
t ^j on	1	3	1	2	4	4	2	4	2	2	3	3	2	3	2

Table 22 h : Classification des contours pour le locuteur RDN

C_I	a_1	a_2	a_3	i_1	i_2	i_3	o_1	o_2	o_3	u_1	u_2	u_3
p mid	1	1	1	2	2	2	NA	NA	NA	NA	NA	NA
p off	3	1	1	2	2	2	NA	NA	NA	NA	NA	NA
p on	1	1	1	2	2	2	NA	NA	NA	NA	NA	NA
p ^j mid	4	3	3	4	4	3	1	3	1	4	4	3
p ^j off	3	1	1	3	3	4	3	1	1	4	4	3
p ^j on	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	3
t mid	1	1	1	4	3	4	NA	NA	NA	1	3	4
t off	1	1	1	3	3	4	NA	NA	NA	1	3	4
t on	3	1	1	3	3	4	NA	NA	NA	3	3	4
t ^j mid	1	3	1	4	4	3	NA	NA	NA	1	3	4
t ^j off	1	3	1	4	4	3	NA	NA	NA	1	3	4
t ^j on	4	3	3	4	4	3	NA	NA	NA	4	4	3

Table 22 i : Classification des contours pour le locuteur URV

C_I	a_1	a_2	a_3	e_1	e_2	e_3	i_1	i_2	i_3	o_1	o_2	o_3	u_1	u_2	u_3
p mid	1	1	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1	2	1	2	2	2
p off	2	1	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	2	2	1	2	2	2
p on	1	1	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1	2	2	1	2	2
p ^j mid	2	1	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	2	1	1	3	3	3
p ^j off	2	1	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	2	1	1	3	3	3
p ^j on	4	4	4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	4	4	4	3	3	3
ʃ mid	NA	NA	NA	3	4	3	2	4	4	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ʃ off	NA	NA	NA	3	3	3	2	4	4	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ʃ on	NA	NA	NA	3	4	4	3	4	4	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ʃ ^j : mid	NA	NA	NA	3	4	3	3	4	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ʃ ^j : off	NA	NA	NA	3	4	3	2	4	4	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ʃ ^j : on	NA	NA	NA	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
t mid	1	1	1	4	4	4	3	4	4	1	2	2	1	2	2
t off	1	1	1	2	4	4	2	4	4	1	2	2	2	2	2
t on	1	1	1	4	4	4	3	4	4	1	2	2	1	2	2
t ^j mid	1	4	1	4	4	4	3	3	3	NA	NA	NA	4	4	4
t ^j off	1	1	1	4	4	4	3	4	3	NA	NA	NA	4	4	4
t ^j on	4	4	4	3	4	3	3	3	3	NA	NA	NA	4	4	4

Tables (22j – 22s) de classification des contours par locuteur. Le code de la colonne 1 (C_I_R) correspond à la combinaison Consonne_Instant_Région, la ligne 1 indique la voyelle. Les valeurs des cellules indiquent le numéro du groupe dans lequel le contour a été affecté par la classification CAH.

Table 22 j : Classification des contours pour le locuteur ABI

C_I_R	a	e	i	o	u
p mid 1	1	2	2	2	1
p mid 2	1	2	3	1	3
p mid 3	1	1	2	1	2
p off 1	1	2	2	2	1
p off 2	1	2	3	1	3
p off 3	1	1	2	1	2
p on 1	1	2	2	1	1
p on 2	1	2	3	3	3
p on 3	3	1	2	3	2
p ^j mid 1	1	3	3	2	3
p ^j mid 2	1	4	3	1	2
p ^j mid 3	1	1	2	1	4
p ^j off 1	1	2	2	2	3
p ^j off 2	1	1	3	1	2
p ^j off 3	1	1	2	1	4
p ^j on 1	3	3	3	2	3
p ^j on 2	2	4	4	1	2
p ^j on 3	1	4	4	1	4
f mid 1	NA	3	NA	NA	NA
f mid 2	NA	4	NA	NA	NA
f mid 3	NA	4	NA	NA	NA
f off 1	NA	3	NA	NA	NA
f off 2	NA	4	NA	NA	NA
f off 3	NA	4	NA	NA	NA
f on 1	NA	3	NA	NA	NA
f on 2	NA	2	NA	NA	NA
f on 3	NA	1	NA	NA	NA
f ^j : mid 1	NA	3	3	1	NA
f ^j : mid 2	NA	4	4	3	NA
f ^j : mid 3	NA	4	4	1	NA
f ^j : off 1	NA	3	3	1	NA
f ^j : off 2	NA	4	2	3	NA
f ^j : off 3	NA	4	2	3	NA
f ^j : on 1	NA	3	3	3	NA

ʃ ^j : on 2	NA	4	4	2	NA
ʃ ^j : on 3	NA	4	4	1	NA
t mid 1	1	2	3	2	2
t mid 2	1	1	2	3	3
t mid 3	1	1	4	3	2
t off 1	1	2	3	2	2
t off 2	1	1	2	3	3
t off 3	1	1	4	3	2
t on 1	1	2	3	2	2
t on 2	1	2	2	3	3
t on 3	1	1	4	3	2
tʃ mid 1	1	3	3	2	2
tʃ mid 2	1	4	4	3	3
tʃ mid 3	1	1	4	3	2
tʃ off 1	1	2	3	2	2
tʃ off 2	1	2	4	3	3
tʃ off 3	1	1	4	3	2
tʃ on 1	3	3	3	2	3
tʃ on 2	1	4	4	2	2
tʃ on 3	1	4	4	1	2

Table 22 k : Classification des contours pour le locuteur AD

C_I_R	a	e	i	o	u
p mid 1	1	NA	1	NA	NA
p mid 2	1	NA	2	NA	NA
p mid 3	1	NA	2	NA	NA
p off 1	2	NA	1	NA	NA
p off 2	1	NA	2	NA	NA
p off 3	1	NA	2	NA	NA
p on 1	1	NA	1	NA	NA
p on 2	1	NA	2	NA	NA
p on 3	1	NA	2	NA	NA
p ^j mid 1	2	3	3	2	3
p ^j mid 2	1	3	3	1	3
p ^j mid 3	1	3	4	1	3
p ^j off 1	2	2	2	2	3
p ^j off 2	1	1	1	1	3
p ^j off 3	1	1	4	1	3
p ^j on 1	3	3	3	2	3

p ^j on 2	3	3	3	1	3
p ^j on 3	3	3	4	1	3
f ^j : mid 1	NA	3	3	NA	NA
f ^j : mid 2	NA	3	3	NA	NA
f ^j : mid 3	NA	3	4	NA	NA
f ^j : off 1	NA	3	2	NA	NA
f ^j : off 2	NA	1	1	NA	NA
f ^j : off 3	NA	1	4	NA	NA
f ^j : on 1	NA	3	3	NA	NA
f ^j : on 2	NA	3	3	NA	NA
f ^j : on 3	NA	3	3	NA	NA
t mid 1	2	2	2	NA	NA
t mid 2	1	1	1	NA	NA
t mid 3	1	1	4	NA	NA
t off 1	2	2	2	NA	NA
t off 2	1	1	1	NA	NA
t off 3	1	1	4	NA	NA
t on 1	2	2	2	NA	NA
t on 2	1	1	1	NA	NA
t on 3	1	1	4	NA	NA
t ^h mid 1	2	3	3	NA	NA
t ^h mid 2	1	3	3	NA	NA
t ^h mid 3	1	3	4	NA	NA
t ^h off 1	2	2	3	NA	NA
t ^h off 2	1	1	3	NA	NA
t ^h off 3	1	1	4	NA	NA
t ^h on 1	2	3	3	NA	NA
t ^h on 2	1	3	3	NA	NA
t ^h on 3	1	3	4	NA	NA

Table 22 I : Classification des contours pour le locuteur EB

C_I_R	a	i	u
p ^j mid 1	NA	1	1
p ^j mid 2	NA	1	1
p ^j mid 3	NA	1	1
p ^j off 1	NA	1	1
p ^j off 2	NA	1	1
p ^j off 3	NA	1	1
p ^j on 1	NA	1	1

p ^j on 2	NA	1	1
p ^j on 3	NA	1	1
t mid 1	2	1	NA
t mid 2	2	3	NA
t mid 3	2	3	NA
t off 1	2	1	NA
t off 2	2	3	NA
t off 3	2	3	NA
t on 1	2	1	NA
t on 2	2	3	NA
t on 3	2	3	NA
t ^j mid 1	1	1	NA
t ^j mid 2	4	1	NA
t ^j mid 3	4	1	NA
t ^j off 1	2	1	NA
t ^j off 2	4	1	NA
t ^j off 3	4	1	NA
t ^j on 1	1	1	NA
t ^j on 2	4	1	NA
t ^j on 3	4	1	NA

Table 22 m : Classification des contours pour le locuteur EK

C_I_R	a	e	i	o	u
p mid 1	NA	NA	1	1	1
p mid 2	NA	NA	1	1	1
p mid 3	NA	NA	1	2	1
p off 1	NA	NA	2	2	2
p off 2	NA	NA	1	1	1
p off 3	NA	NA	1	2	1
p on 1	NA	NA	1	1	1
p on 2	NA	NA	1	1	1
p on 3	NA	NA	1	2	1
p ^j mid 1	3	3	3	3	3
p ^j mid 2	2	3	3	4	3
p ^j mid 3	3	4	4	2	4
p ^j off 1	2	2	3	2	3
p ^j off 2	2	1	4	1	3
p ^j off 3	3	2	1	2	4
p ^j on 1	3	3	3	3	3

p ^j on 2	2	3	3	3	3
p ^j on 3	3	4	4	4	4
t mid 1	1	3	3	1	1
t mid 2	2	4	4	1	1
t mid 3	3	2	1	2	1
t off 1	1	3	3	1	1
t off 2	2	4	4	4	4
t off 3	3	2	1	2	1
t on 1	2	2	2	2	2
t on 2	2	1	1	1	1
t on 3	3	2	1	2	1
t ^j mid 1	3	3	NA	3	3
t ^j mid 2	2	3	NA	4	4
t ^j mid 3	3	4	NA	2	4
t ^j off 1	1	3	NA	1	1
t ^j off 2	2	4	NA	4	4
t ^j off 3	3	2	NA	2	1
t ^j on 1	3	3	NA	3	3
t ^j on 2	2	3	NA	3	3
t ^j on 3	3	4	NA	4	4

Table 22 n : Classification des contours pour le locuteur IT

C_I_R	a
p mid 1	1
p mid 2	1
p mid 3	1
p off 1	2
p off 2	2
p off 3	1
p on 1	1
p on 2	1
p on 3	1
p ^j mid 1	3
p ^j mid 2	3
p ^j mid 3	2
p ^j off 1	2
p ^j off 2	2
p ^j off 3	2
p ^j on 1	3

p ^j on 2	3
p ^j on 3	3
t mid 1	2
t mid 2	2
t mid 3	2
t off 1	2
t off 2	2
t off 3	2
t on 1	2
t on 2	2
t on 3	2
t ^j mid 1	3
t ^j mid 2	3
t ^j mid 3	2
t ^j off 1	3
t ^j off 2	3
t ^j off 3	2
t ^j on 1	3
t ^j on 2	3
t ^j on 3	3

Table 22 o : Classification des contours pour le locuteur KB

C_I_R	a	e	i	o	u
p mid 1	NA	1	2	2	2
p mid 2	NA	1	2	3	3
p mid 3	NA	1	2	3	2
p off 1	NA	1	2	2	2
p off 2	NA	1	2	3	3
p off 3	NA	1	2	3	2
p on 1	NA	1	1	3	2
p on 2	NA	1	2	2	2
p on 3	NA	4	2	3	2
p ^j mid 1	1	4	4	1	4
p ^j mid 2	3	4	1	3	4
p ^j mid 3	1	4	5	1	5
p ^j off 1	2	1	2	2	4
p ^j off 2	3	3	2	3	4
p ^j off 3	1	1	2	1	5
p ^j on 1	1	4	4	1	4

p ^j on 2	1	4	4	1	4
p ^j on 3	1	5	5	1	5
∫ mid 1	NA	4	4	2	NA
∫ mid 2	NA	4	4	2	NA
∫ mid 3	NA	4	4	3	NA
∫ off 1	NA	4	4	2	NA
∫ off 2	NA	4	1	2	NA
∫ off 3	NA	5	4	3	NA
∫ on 1	NA	4	4	2	NA
∫ on 2	NA	4	1	2	NA
∫ on 3	NA	4	4	3	NA
ɸ ^j : mid 1	NA	4	4	2	NA
ɸ ^j : mid 2	NA	4	4	3	NA
ɸ ^j : mid 3	NA	4	5	3	NA
ɸ ^j : off 1	NA	4	4	2	NA
ɸ ^j : off 2	NA	4	1	2	NA
ɸ ^j : off 3	NA	4	5	3	NA
ɸ ^j : on 1	NA	4	4	4	NA
ɸ ^j : on 2	NA	4	4	4	NA
ɸ ^j : on 3	NA	4	5	4	NA
t mid 1	1	1	4	3	3
t mid 2	3	1	1	2	2
t mid 3	1	4	5	3	2
t off 1	2	1	4	3	1
t off 2	3	1	1	2	2
t off 3	1	4	5	3	2
t on 1	2	1	4	2	2
t on 2	3	1	1	3	2
t on 3	1	4	5	3	2
t ^j mid 1	1	4	4	1	1
t ^j mid 2	3	4	4	1	2
t ^j mid 3	1	4	5	1	2
t ^j off 1	1	1	4	3	1
t ^j off 2	3	1	4	2	2
t ^j off 3	1	4	5	3	2
t ^j on 1	1	4	4	1	4
t ^j on 2	1	4	4	4	4
t ^j on 3	1	4	5	4	4

Table 22 p : Classification des contours pour le locuteur KBM

C_I_R	a	e	i	o	u
p mid 1	NA	NA	1	NA	1
p mid 2	NA	NA	1	NA	2
p mid 3	NA	NA	1	NA	1
p off 1	NA	NA	1	NA	1
p off 2	NA	NA	1	NA	2
p off 3	NA	NA	1	NA	1
p on 1	NA	NA	1	NA	1
p on 2	NA	NA	2	NA	2
p on 3	NA	NA	1	NA	1
p ^j mid 1	2	NA	3	2	2
p ^j mid 2	3	NA	4	3	3
p ^j mid 3	2	NA	3	3	3
p ^j off 1	2	NA	3	2	2
p ^j off 2	5	NA	1	5	3
p ^j off 3	4	NA	3	4	3
p ^j on 1	2	NA	3	2	2
p ^j on 2	3	NA	4	3	3
p ^j on 3	2	NA	3	2	3
t mid 1	1	2	2	NA	1
t mid 2	1	5	3	NA	2
t mid 3	4	4	3	NA	1
t off 1	1	2	2	NA	1
t off 2	1	5	3	NA	2
t off 3	4	4	3	NA	1
t on 1	1	2	2	NA	1
t on 2	1	5	5	NA	1
t on 3	4	4	3	NA	1
t ^j mid 1	3	2	2	NA	3
t ^j mid 2	1	3	3	NA	1
t ^j mid 3	2	2	3	NA	3
t ^j off 1	1	2	2	NA	1
t ^j off 2	1	5	3	NA	1
t ^j off 3	4	4	3	NA	1
t ^j on 1	3	2	2	NA	3
t ^j on 2	4	3	3	NA	4
t ^j on 3	2	2	2	NA	3

Table 22 q : Classification des contours pour le locuteur NG

C_I_R	a	e	i	o	u
p mid 1	1	NA	1	1	1
p mid 2	1	NA	2	2	2
p mid 3	1	NA	2	3	2
p off 1	1	NA	1	1	1
p off 2	1	NA	2	3	2
p off 3	1	NA	2	3	2
p on 1	1	NA	1	1	1
p on 2	1	NA	2	2	2
p on 3	1	NA	2	3	2
p ^j mid 1	1	NA	2	1	2
p ^j mid 2	1	NA	3	3	4
p ^j mid 3	1	NA	2	3	4
p ^j off 1	1	NA	1	1	2
p ^j off 2	1	NA	2	3	4
p ^j off 3	1	NA	2	3	4
p ^j on 1	2	NA	2	1	2
p ^j on 2	3	NA	4	3	4
p ^j on 3	1	NA	2	3	4
f mid 1	NA	2	2	1	NA
f mid 2	NA	3	3	2	NA
f mid 3	NA	4	2	3	NA
f off 1	NA	2	3	1	NA
f off 2	NA	4	3	2	NA
f off 3	NA	4	2	3	NA
f on 1	NA	3	3	3	NA
f on 2	NA	3	3	2	NA
f on 3	NA	3	2	3	NA
f ^j : mid 1	NA	2	NA	1	NA
f ^j : mid 2	NA	4	NA	2	NA
f ^j : mid 3	NA	4	NA	3	NA
f ^j : off 1	NA	3	NA	1	NA
f ^j : off 2	NA	3	NA	2	NA
f ^j : off 3	NA	3	NA	3	NA
f ^j : on 1	NA	2	NA	2	NA
f ^j : on 2	NA	4	NA	3	NA
f ^j : on 3	NA	4	NA	4	NA
t mid 1	1	3	2	1	1
t mid 2	1	3	3	2	2

t mid 3	1	4	2	1	2
t off 1	1	3	2	1	1
t off 2	1	3	3	2	2
t off 3	1	3	2	1	2
t on 1	1	3	2	1	1
t on 2	1	3	3	2	2
t on 3	1	4	2	1	2
t ^j mid 1	1	2	2	1	2
t ^j mid 2	1	3	4	2	3
t ^j mid 3	1	3	2	1	2
t ^j off 1	1	2	2	1	1
t ^j off 2	1	3	4	2	2
t ^j off 3	1	3	2	1	2
t ^j on 1	1	2	2	2	2
t ^j on 2	3	4	4	3	3
t ^j on 3	1	4	2	3	2

Table 22 r : Classification des contours pour le locuteur RDN

C_I_R	a	i	o	u
p mid 1	1	2	NA	NA
p mid 2	1	2	NA	NA
p mid 3	1	2	NA	NA
p off 1	3	2	NA	NA
p off 2	1	2	NA	NA
p off 3	1	2	NA	NA
p on 1	1	2	NA	NA
p on 2	1	2	NA	NA
p on 3	1	2	NA	NA
p ^j mid 1	4	4	1	4
p ^j mid 2	3	4	3	4
p ^j mid 3	3	3	1	3
p ^j off 1	3	3	3	4
p ^j off 2	1	3	1	4
p ^j off 3	1	4	1	3
p ^j on 1	4	4	4	4
p ^j on 2	4	4	4	4
p ^j on 3	3	3	3	3
t mid 1	1	4	NA	1
t mid 2	1	3	NA	3

t mid 3	1	4	NA	4
t off 1	1	3	NA	1
t off 2	1	3	NA	3
t off 3	1	4	NA	4
t on 1	3	3	NA	3
t on 2	1	3	NA	3
t on 3	1	4	NA	4
t ^h mid 1	1	4	NA	1
t ^h mid 2	3	4	NA	3
t ^h mid 3	1	3	NA	4
t ^h off 1	1	4	NA	1
t ^h off 2	3	4	NA	3
t ^h off 3	1	3	NA	4
t ^h on 1	4	4	NA	4
t ^h on 2	3	4	NA	4
t ^h on 3	3	3	NA	3

Table 22 s : Classification des contours pour le locuteur URV

C_I_R	a	e	i	o	u
p mid 1	1	NA	NA	1	2
p mid 2	1	NA	NA	2	2
p mid 3	1	NA	NA	1	2
p off 1	2	NA	NA	2	2
p off 2	1	NA	NA	2	2
p off 3	1	NA	NA	1	2
p on 1	1	NA	NA	1	1
p on 2	1	NA	NA	2	2
p on 3	1	NA	NA	2	2
p ^j mid 1	2	NA	NA	2	3
p ^j mid 2	1	NA	NA	1	3
p ^j mid 3	1	NA	NA	1	3
p ^j off 1	2	NA	NA	2	3
p ^j off 2	1	NA	NA	1	3
p ^j off 3	1	NA	NA	1	3
p ^j on 1	4	NA	NA	4	3
p ^j on 2	4	NA	NA	4	3
p ^j on 3	4	NA	NA	4	3
f mid 1	NA	3	2	NA	NA
f mid 2	NA	4	4	NA	NA

∫ mid 3	NA	3	4	NA	NA
∫ off 1	NA	3	2	NA	NA
∫ off 2	NA	3	4	NA	NA
∫ off 3	NA	3	4	NA	NA
∫ on 1	NA	3	3	NA	NA
∫ on 2	NA	4	4	NA	NA
∫ on 3	NA	4	4	NA	NA
∫ ^j : mid 1	NA	3	3	NA	NA
∫ ^j : mid 2	NA	4	4	NA	NA
∫ ^j : mid 3	NA	3	3	NA	NA
∫ ^j : off 1	NA	3	2	NA	NA
∫ ^j : off 2	NA	4	4	NA	NA
∫ ^j : off 3	NA	3	4	NA	NA
∫ ^j : on 1	NA	3	3	NA	NA
∫ ^j : on 2	NA	3	3	NA	NA
∫ ^j : on 3	NA	3	3	NA	NA
t mid 1	1	4	3	1	1
t mid 2	1	4	4	2	2
t mid 3	1	4	4	2	2
t off 1	1	2	2	1	2
t off 2	1	4	4	2	2
t off 3	1	4	4	2	2
t on 1	1	4	3	1	1
t on 2	1	4	4	2	2
t on 3	1	4	4	2	2
t ^j mid 1	1	4	3	NA	4
t ^j mid 2	4	4	3	NA	4
t ^j mid 3	1	4	3	NA	4
t ^j off 1	1	4	3	NA	4
t ^j off 2	1	4	4	NA	4
t ^j off 3	1	4	3	NA	4
t ^j on 1	4	3	3	NA	4
t ^j on 2	4	4	3	NA	4
t ^j on 3	4	3	3	NA	4

Tables (22t – 22ac) de classification des contours par locuteur. Le code de la colonne 1 (C_I_V) correspond à la combinaison Consonne_Instant_Voyelle, la ligne 1 indique la région linguale : 1-antérieure, 2-médiane et 3-postérieure. Les valeurs des cellules indiquent le numéro du groupe dans lequel le contour a été affecté par la classification CAH.

Table 22 t : Classification des contours pour le locuteur ABI

C_I_V	1	2	3
p mid a	1	1	1
p mid e	2	2	1
p mid i	2	3	2
p mid o	2	1	1
p mid u	1	3	2
p off a	1	1	1
p off e	2	2	1
p off i	2	3	2
p off o	2	1	1
p off u	1	3	2
p on a	1	1	3
p on e	2	2	1
p on i	2	3	2
p on o	1	3	3
p on u	1	3	2
p ^j mid a	1	1	1
p ^j mid e	3	4	1
p ^j mid i	3	3	2
p ^j mid o	2	1	1
p ^j mid u	3	2	4
p ^j off a	1	1	1
p ^j off e	2	1	1
p ^j off i	2	3	2
p ^j off o	2	1	1
p ^j off u	3	2	4
p ^j on a	3	2	1
p ^j on e	3	4	4
p ^j on i	3	4	4
p ^j on o	2	1	1
p ^j on u	3	2	4
f mid e	3	4	4
f off e	3	4	4
f on e	3	2	1

ʃʲ: mid e	3	4	4
ʃʲ: mid i	3	4	4
ʃʲ: mid o	1	3	1
ʃʲ: off e	3	4	4
ʃʲ: off i	3	2	2
ʃʲ: off o	1	3	3
ʃʲ: on e	3	4	4
ʃʲ: on i	3	4	4
ʃʲ: on o	3	2	1
t mid a	1	1	1
t mid e	2	1	1
t mid i	3	2	4
t mid o	2	3	3
t mid u	2	3	2
t off a	1	1	1
t off e	2	1	1
t off i	3	2	4
t off o	2	3	3
t off u	2	3	2
t on a	1	1	1
t on e	2	2	1
t on i	3	2	4
t on o	2	3	3
t on u	2	3	2
tʲ mid a	1	1	1
tʲ mid e	3	4	1
tʲ mid i	3	4	4
tʲ mid o	2	3	3
tʲ mid u	2	3	2
tʲ off a	1	1	1
tʲ off e	2	2	1
tʲ off i	3	4	4
tʲ off o	2	3	3
tʲ off u	2	3	2
tʲ on a	3	1	1
tʲ on e	3	4	4
tʲ on i	3	4	4
tʲ on o	2	2	1
tʲ on u	3	2	2

Table 22 u : Classification des contours pour le locuteur AD

C_I_V	1	2	3
p mid a	1	1	1
p mid i	1	2	2
p off a	2	1	1
p off i	1	2	2
p on a	1	1	1
p on i	1	2	2
p ^j mid a	2	1	1
p ^j mid e	3	3	3
p ^j mid i	3	3	4
p ^j mid o	2	1	1
p ^j mid u	3	3	3
p ^j off a	2	1	1
p ^j off e	2	1	1
p ^j off i	2	1	4
p ^j off o	2	1	1
p ^j off u	3	3	3
p ^j on a	3	3	3
p ^j on e	3	3	3
p ^j on i	3	3	4
p ^j on o	2	1	1
p ^j on u	3	3	3
∫ ^j : mid e	3	3	3
∫ ^j : mid i	3	3	4
∫ ^j : off e	3	1	1
∫ ^j : off i	2	1	4
∫ ^j : on e	3	3	3
∫ ^j : on i	3	3	3
t mid a	2	1	1
t mid e	2	1	1
t mid i	2	1	4
t off a	2	1	1
t off e	2	1	1
t off i	2	1	4
t on a	2	1	1
t on e	2	1	1
t on i	2	1	4
t ^j mid a	2	1	1
t ^j mid e	3	3	3
t ^j mid i	3	3	4
t ^j off a	2	1	1

tʰ off e	2	1	1
tʰ off i	3	3	4
tʰ on a	2	1	1
tʰ on e	3	3	3
tʰ on i	3	3	4

Table 22 v : Classification des contours pour le locuteur EB

C_I_V	1	2	3
pʲ mid i	1	1	1
pʲ mid u	1	1	1
pʲ off i	1	1	1
pʲ off u	1	1	1
pʲ on i	1	1	1
pʲ on u	1	1	1
t mid a	2	2	2
t mid i	1	3	3
t off a	2	2	2
t off i	1	3	3
t on a	2	2	2
t on i	1	3	3
tʰ mid a	1	4	4
tʰ mid i	1	1	1
tʰ off a	2	4	4
tʰ off i	1	1	1
tʰ on a	1	4	4
tʰ on i	1	1	1

Table 22 w : Classification des contours pour le locuteur EK

C_I_V	1	2	3
p mid i	1	1	1
p mid o	1	1	2
p mid u	1	1	1
p off i	2	1	1
p off o	2	1	2
p off u	2	1	1
p on i	1	1	1
p on o	1	1	2
p on u	1	1	1
pʲ mid a	3	2	3

p ^j mid e	3	3	4
p ^j mid i	3	3	4
p ^j mid o	3	4	2
p ^j mid u	3	3	4
p ^j off a	2	2	3
p ^j off e	2	1	2
p ^j off i	3	4	1
p ^j off o	2	1	2
p ^j off u	3	3	4
p ^j on a	3	2	3
p ^j on e	3	3	4
p ^j on i	3	3	4
p ^j on o	3	3	4
p ^j on u	3	3	4
t mid a	1	2	3
t mid e	3	4	2
t mid i	3	4	1
t mid o	1	1	2
t mid u	1	1	1
t off a	1	2	3
t off e	3	4	2
t off i	3	4	1
t off o	1	4	2
t off u	1	4	1
t on a	2	2	3
t on e	2	1	2
t on i	2	1	1
t on o	2	1	2
t on u	2	1	1
t ^j mid a	3	2	3
t ^j mid e	3	3	4
t ^j mid o	3	4	2
t ^j mid u	3	4	4
t ^j off a	1	2	3
t ^j off e	3	4	2
t ^j off o	1	4	2
t ^j off u	1	4	1
t ^j on a	3	2	3
t ^j on e	3	3	4
t ^j on o	3	3	4
t ^j on u	3	3	4

Table 22 x : Classification des contours pour le locuteur IT

C_I_V	1	2	3
p mid a	1	1	1
p off a	2	2	1
p on a	1	1	1
p ^j mid a	3	3	2
p ^j off a	2	2	2
p ^j on a	3	3	3
t mid a	2	2	2
t off a	2	2	2
t on a	2	2	2
t ^j mid a	3	3	2
t ^j off a	3	3	2
t ^j on a	3	3	3

Table 22 y : Classification des contours pour le locuteur KB

C_I_V	1	2	3
p mid e	1	1	1
p mid i	2	2	2
p mid o	2	3	3
p mid u	2	3	2
p off e	1	1	1
p off i	2	2	2
p off o	2	3	3
p off u	2	3	2
p on e	1	1	4
p on i	1	2	2
p on o	3	2	3
p on u	2	2	2
p ^j mid a	1	3	1
p ^j mid e	4	4	4
p ^j mid i	4	1	5
p ^j mid o	1	3	1
p ^j mid u	4	4	5
p ^j off a	2	3	1
p ^j off e	1	3	1
p ^j off i	2	2	2
p ^j off o	2	3	1
p ^j off u	4	4	5
p ^j on a	1	1	1

p ^j on e	4	4	5
p ^j on i	4	4	5
p ^j on o	1	1	1
p ^j on u	4	4	5
∫ mid e	4	4	4
∫ mid i	4	4	4
∫ mid o	2	2	3
∫ off e	4	4	5
∫ off i	4	1	4
∫ off o	2	2	3
∫ on e	4	4	4
∫ on i	4	1	4
∫ on o	2	2	3
∫ ^j : mid e	4	4	4
∫ ^j : mid i	4	4	5
∫ ^j : mid o	2	3	3
∫ ^j : off e	4	4	4
∫ ^j : off i	4	1	5
∫ ^j : off o	2	2	3
∫ ^j : on e	4	4	4
∫ ^j : on i	4	4	5
∫ ^j : on o	4	4	4
t mid a	1	3	1
t mid e	1	1	4
t mid i	4	1	5
t mid o	3	2	3
t mid u	3	2	2
t off a	2	3	1
t off e	1	1	4
t off i	4	1	5
t off o	3	2	3
t off u	1	2	2
t on a	2	3	1
t on e	1	1	4
t on i	4	1	5
t on o	2	3	3
t on u	2	2	2
t ^j mid a	1	3	1
t ^j mid e	4	4	4
t ^j mid i	4	4	5
t ^j mid o	1	1	1
t ^j mid u	1	2	2
t ^j off a	1	3	1

t ⁱ off e	1	1	4
t ⁱ off i	4	4	5
t ⁱ off o	3	2	3
t ⁱ off u	1	2	2
t ⁱ on a	1	1	1
t ⁱ on e	4	4	4
t ⁱ on i	4	4	5
t ⁱ on o	1	4	4
t ⁱ on u	4	4	4

Table 22 z : Classification des contours pour le locuteur KBM

C_I_V	1	2	3
p mid i	1	1	1
p mid u	1	2	1
p off i	1	1	1
p off u	1	2	1
p on i	1	2	1
p on u	1	2	1
p ^j mid a	2	3	2
p ^j mid i	3	4	3
p ^j mid o	2	3	3
p ^j mid u	2	3	3
p ^j off a	2	5	4
p ^j off i	3	1	3
p ^j off o	2	5	4
p ^j off u	2	3	3
p ^j on a	2	3	2
p ^j on i	3	4	3
p ^j on o	2	3	2
p ^j on u	2	3	3
t mid a	1	1	4
t mid e	2	5	4
t mid i	2	3	3
t mid u	1	2	1
t off a	1	1	4
t off e	2	5	4
t off i	2	3	3
t off u	1	2	1
t on a	1	1	4
t on e	2	5	4
t on i	2	5	3

t on u	1	1	1
t ^j mid a	3	1	2
t ^j mid e	2	3	2
t ^j mid i	2	3	3
t ^j mid u	3	1	3
t ^j off a	1	1	4
t ^j off e	2	5	4
t ^j off i	2	3	3
t ^j off u	1	1	1
t ^j on a	3	4	2
t ^j on e	2	3	2
t ^j on i	2	3	2
t ^j on u	3	4	3

Table 22 aa : Classification des contours pour le locuteur NG

C_I_V	1	2	3
p mid a	1	1	1
p mid i	1	2	2
p mid o	1	2	3
p mid u	1	2	2
p off a	1	1	1
p off i	1	2	2
p off o	1	3	3
p off u	1	2	2
p on a	1	1	1
p on i	1	2	2
p on o	1	2	3
p on u	1	2	2
p ^j mid a	1	1	1
p ^j mid i	2	3	2
p ^j mid o	1	3	3
p ^j mid u	2	4	4
p ^j off a	1	1	1
p ^j off i	1	2	2
p ^j off o	1	3	3
p ^j off u	2	4	4
p ^j on a	2	3	1
p ^j on i	2	4	2
p ^j on o	1	3	3
p ^j on u	2	4	4
f mid e	2	3	4
f mid i	2	3	2

ʃ mid o	1	2	3
ʃ off e	2	4	4
ʃ off i	3	3	2
ʃ off o	1	2	3
ʃ on e	3	3	3
ʃ on i	3	3	2
ʃ on o	3	2	3
ʃ ^j : mid e	2	4	4
ʃ ^j : mid o	1	2	3
ʃ ^j : off e	3	3	3
ʃ ^j : off o	1	2	3
ʃ ^j : on e	2	4	4
ʃ ^j : on o	2	3	4
t mid a	1	1	1
t mid e	3	3	4
t mid i	2	3	2
t mid o	1	2	1
t mid u	1	2	2
t off a	1	1	1
t off e	3	3	3
t off i	2	3	2
t off o	1	2	1
t off u	1	2	2
t on a	1	1	1
t on e	3	3	4
t on i	2	3	2
t on o	1	2	1
t on u	1	2	2
tʃ mid a	1	1	1
tʃ mid e	2	3	3
tʃ mid i	2	4	2
tʃ mid o	1	2	1
tʃ mid u	2	3	2
tʃ off a	1	1	1
tʃ off e	2	3	3
tʃ off i	2	4	2
tʃ off o	1	2	1
tʃ off u	1	2	2
tʃ on a	1	3	1
tʃ on e	2	4	4
tʃ on i	2	4	2
tʃ on o	2	3	3
tʃ on u	2	3	2

Table 22 ab : Classification des contours pour le locuteur RDN

C_I_V	1	2	3
p mid a	1	1	1
p mid i	2	2	2
p off a	3	1	1
p off i	2	2	2
p on a	1	1	1
p on i	2	2	2
p ^j mid a	4	3	3
p ^j mid i	4	4	3
p ^j mid o	1	3	1
p ^j mid u	4	4	3
p ^j off a	3	1	1
p ^j off i	3	3	4
p ^j off o	3	1	1
p ^j off u	4	4	3
p ^j on a	4	4	3
p ^j on i	4	4	3
p ^j on o	4	4	3
p ^j on u	4	4	3
t mid a	1	1	1
t mid i	4	3	4
t mid u	1	3	4
t off a	1	1	1
t off i	3	3	4
t off u	1	3	4
t on a	3	1	1
t on i	3	3	4
t on u	3	3	4
t ^j mid a	1	3	1
t ^j mid i	4	4	3
t ^j mid u	1	3	4
t ^j off a	1	3	1
t ^j off i	4	4	3
t ^j off u	1	3	4
t ^j on a	4	3	3
t ^j on i	4	4	3
t ^j on u	4	4	3

Table 22 ac : Classification des contours pour le locuteur URV

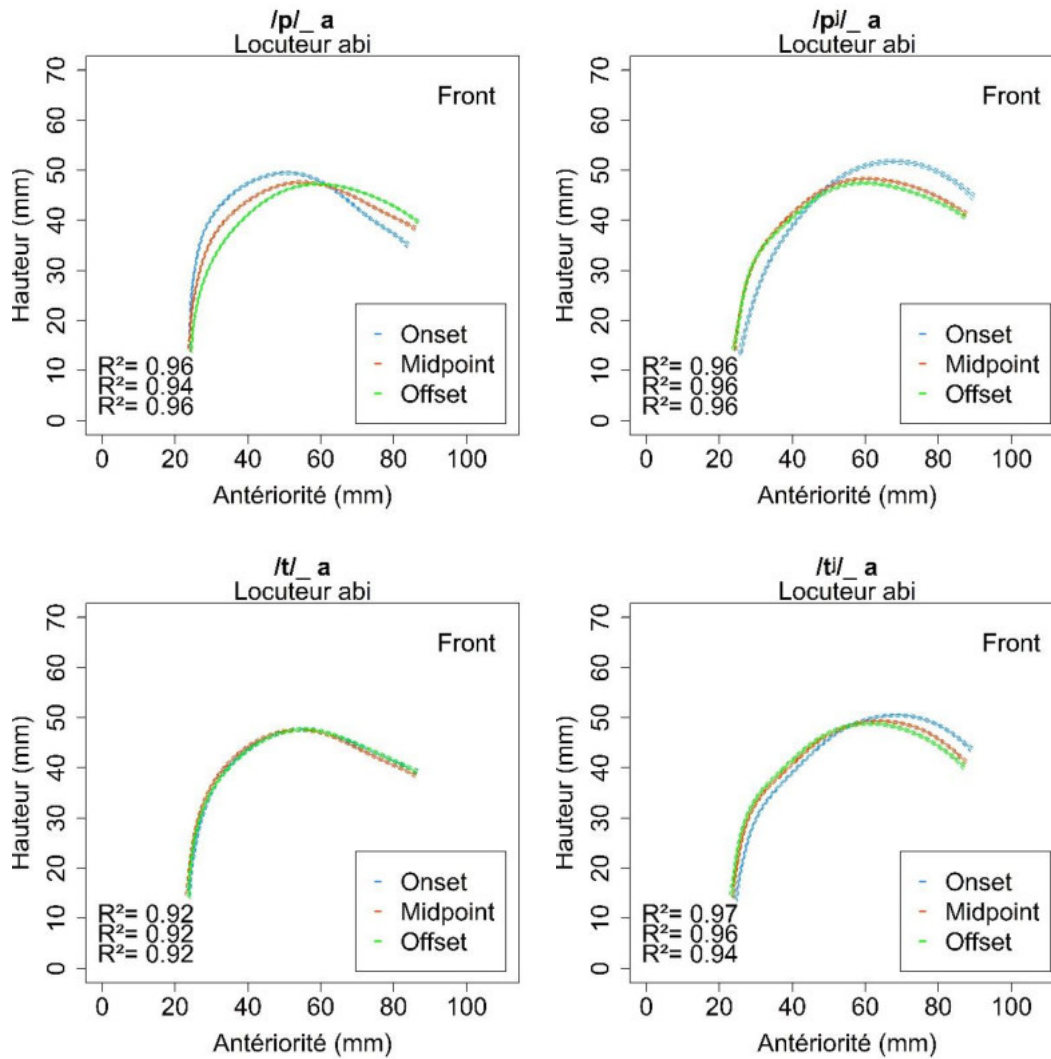
C_I_V	1	2	3
p mid a	1	1	1
p mid o	1	2	1
p mid u	2	2	2
p off a	2	1	1
p off o	2	2	1
p off u	2	2	2
p on a	1	1	1
p on o	1	2	2
p on u	1	2	2
p ^j mid a	2	1	1
p ^j mid o	2	1	1
p ^j mid u	3	3	3
p ^j off a	2	1	1
p ^j off o	2	1	1
p ^j off u	3	3	3
p ^j on a	4	4	4
p ^j on o	4	4	4
p ^j on u	3	3	3
f mid e	3	4	3
f mid i	2	4	4
f off e	3	3	3
f off i	2	4	4
f on e	3	4	4
f on i	3	4	4
f ^j : mid e	3	4	3
f ^j : mid i	3	4	3
f ^j : off e	3	4	3
f ^j : off i	2	4	4
f ^j : on e	3	3	3
f ^j : on i	3	3	3
t mid a	1	1	1
t mid e	4	4	4
t mid i	3	4	4
t mid o	1	2	2
t mid u	1	2	2
t off a	1	1	1
t off e	2	4	4
t off i	2	4	4
t off o	1	2	2
t off u	2	2	2

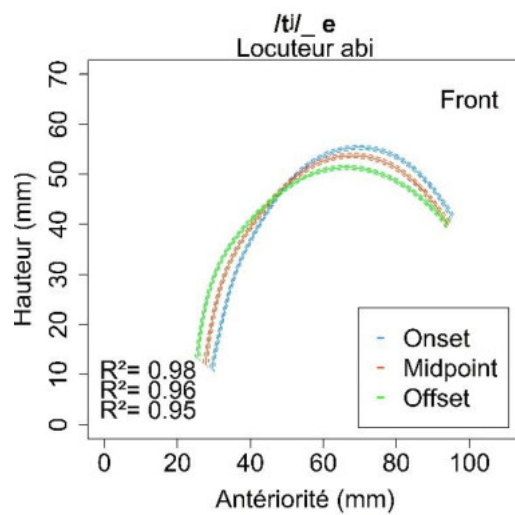
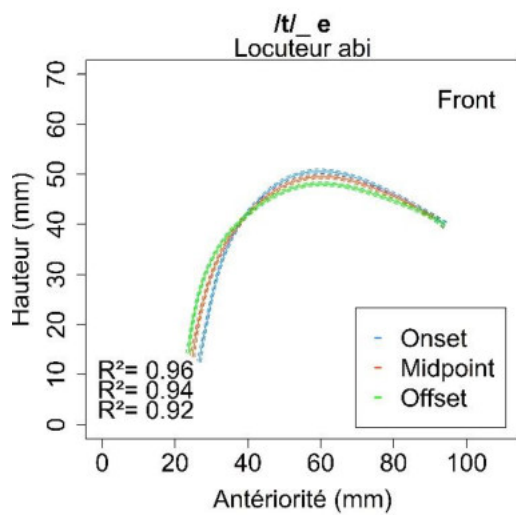
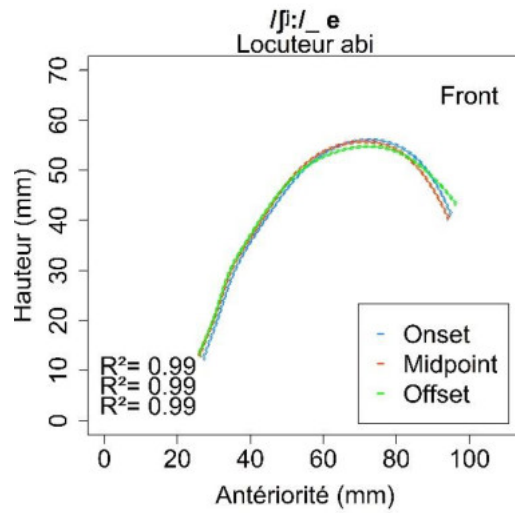
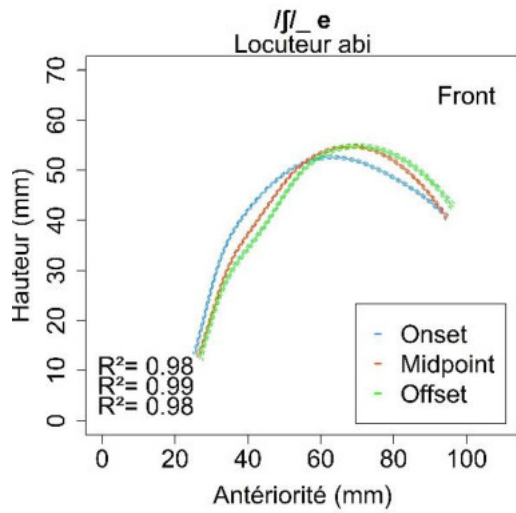
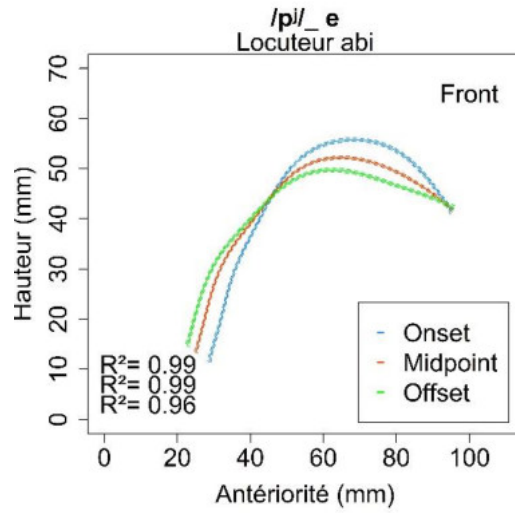
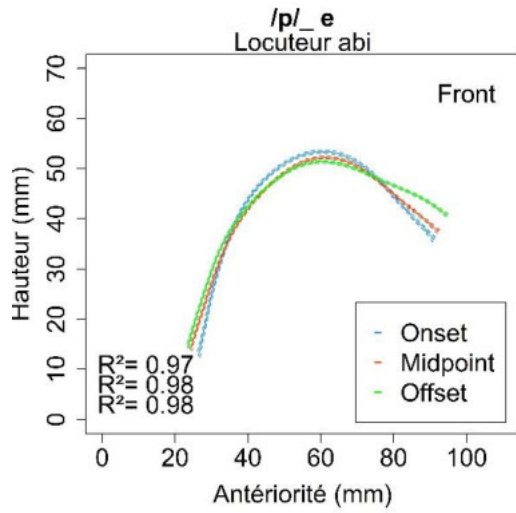
t on a	1	1	1
t on e	4	4	4
t on i	3	4	4
t on o	1	2	2
t on u	1	2	2
t̃ mid a	1	4	1
t̃ mid e	4	4	4
t̃ mid i	3	3	3
t̃ mid u	4	4	4
t̃ off a	1	1	1
t̃ off e	4	4	4
t̃ off i	3	4	3
t̃ off u	4	4	4
t̃ on a	4	4	4
t̃ on e	3	4	3
t̃ on i	3	3	3
t̃ on u	4	4	4

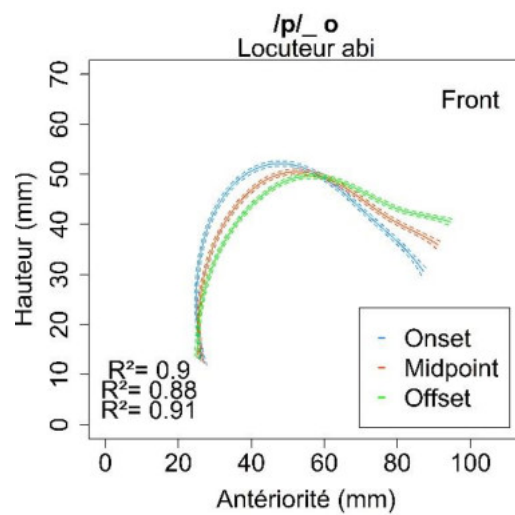
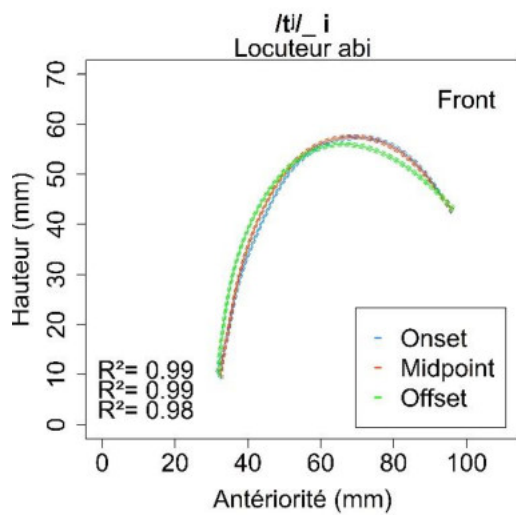
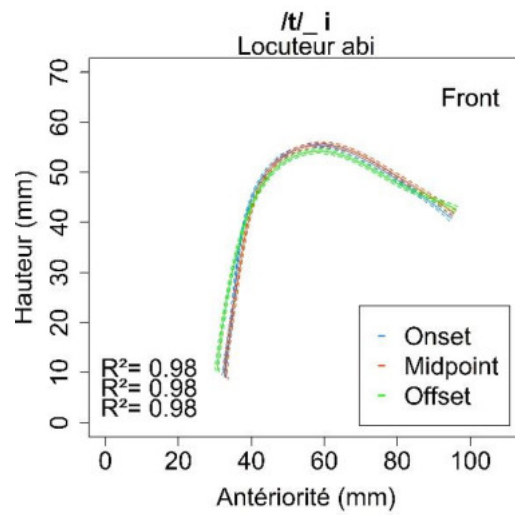
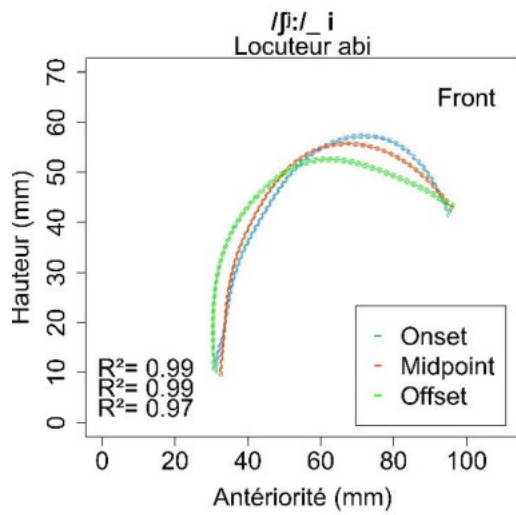
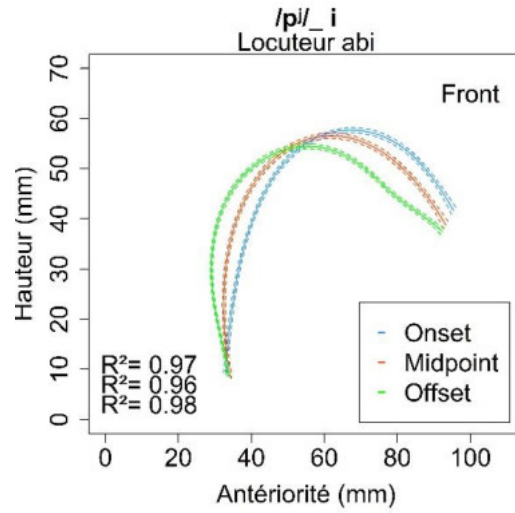
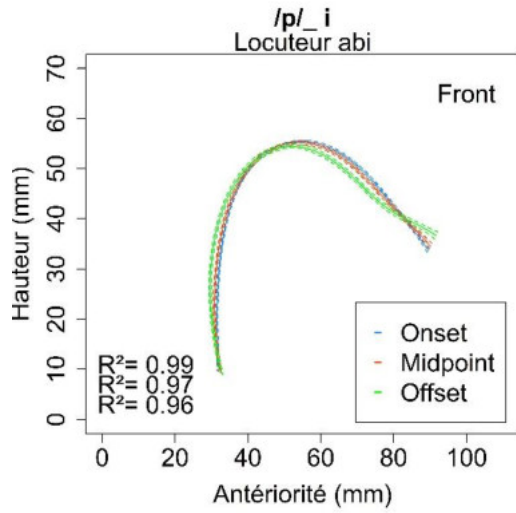
Annexe 23

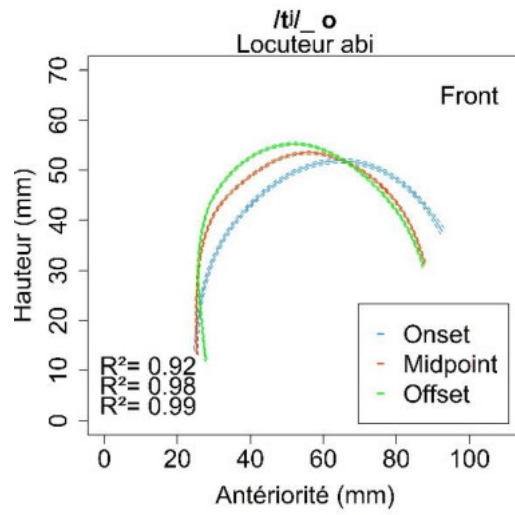
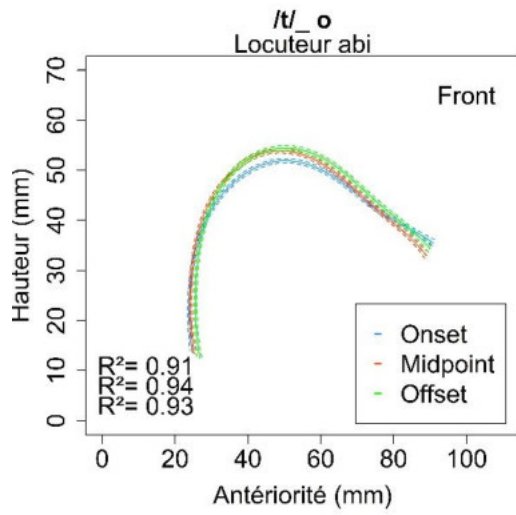
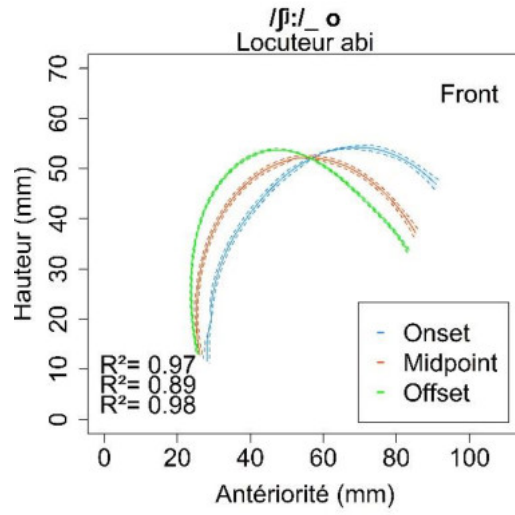
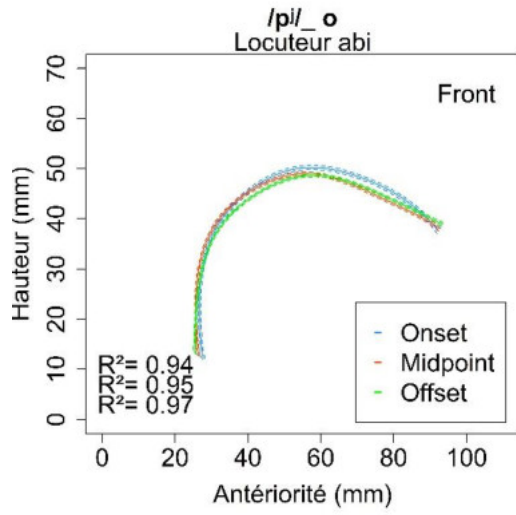
Superpositions des contours linguaux obtenus par SSANOVA à partir des contours tracés manuellement pour une même consonne labiale ou coronale extraits aux 3 instants temporels (onset, midpoint et offset) présentées par locuteur et par contexte vocalique /a e i o u/

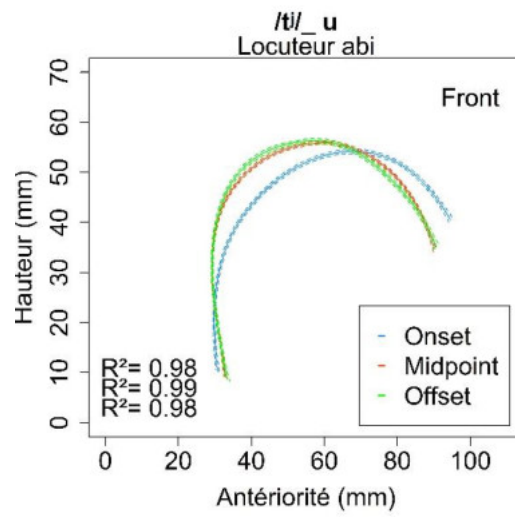
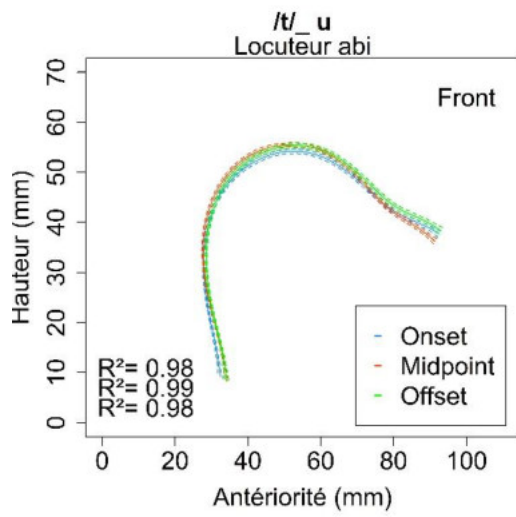
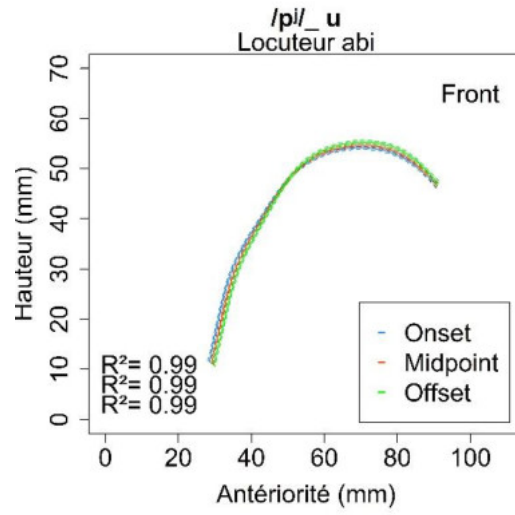
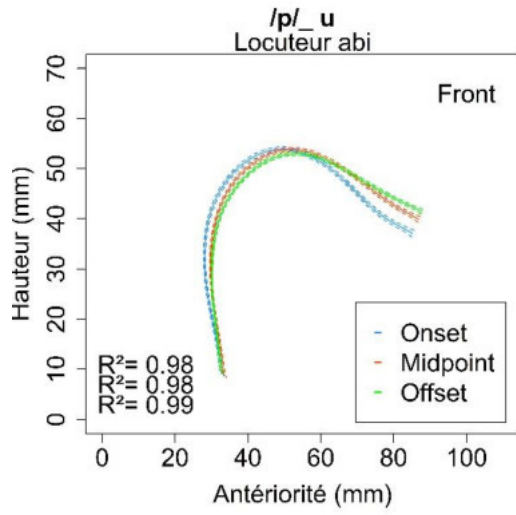
Locuteur ABI



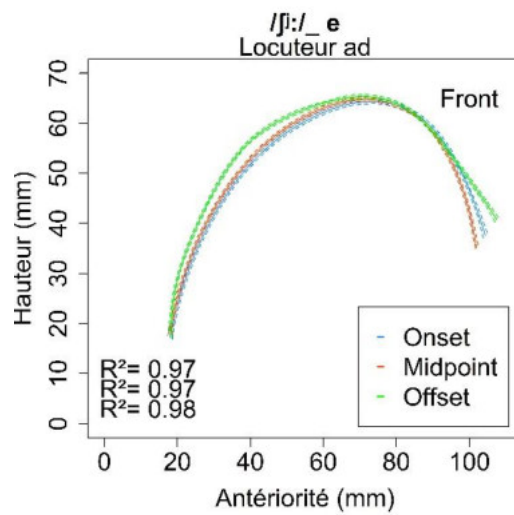
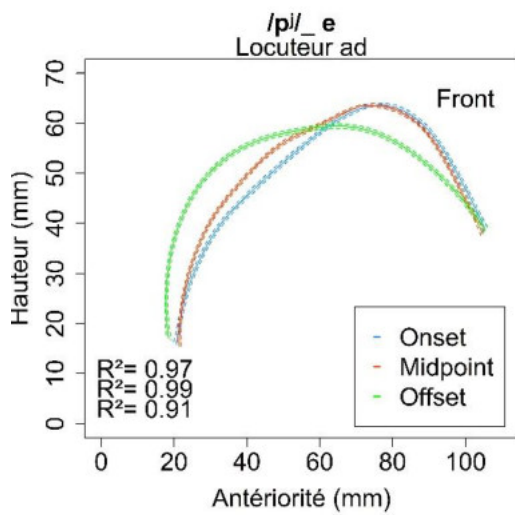
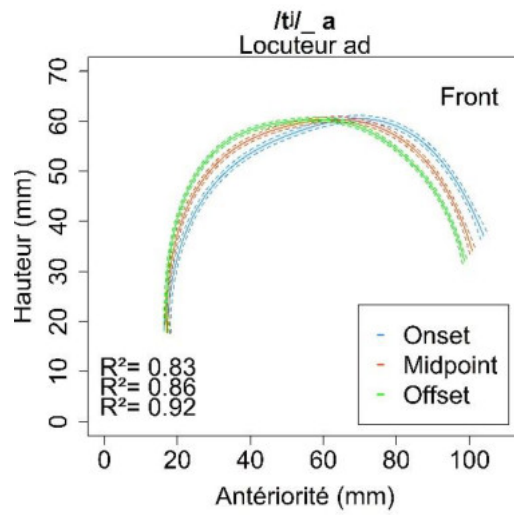
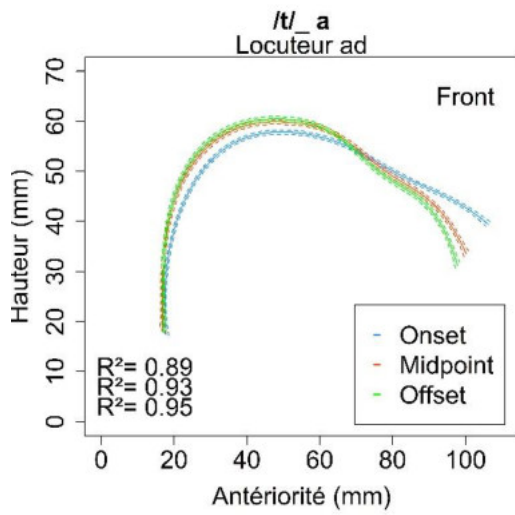
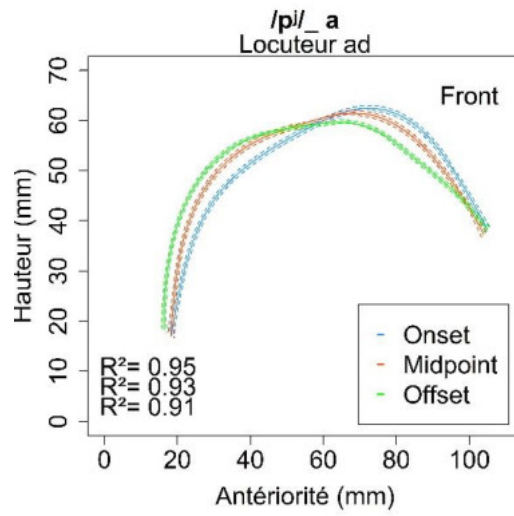
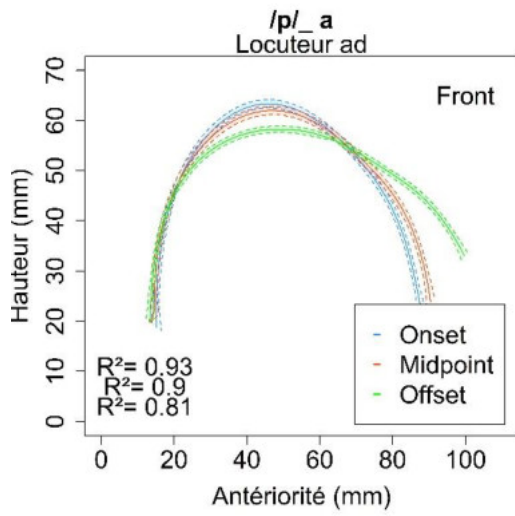


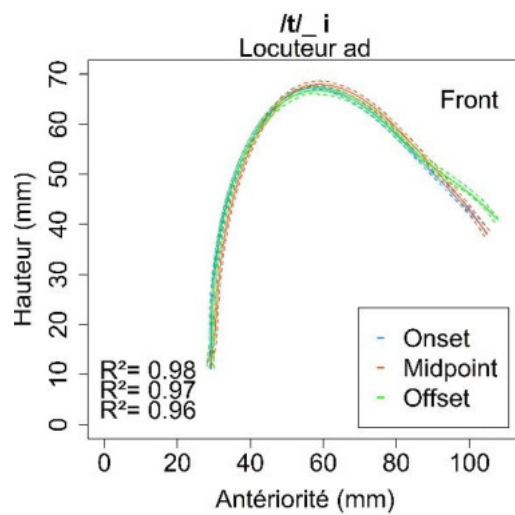
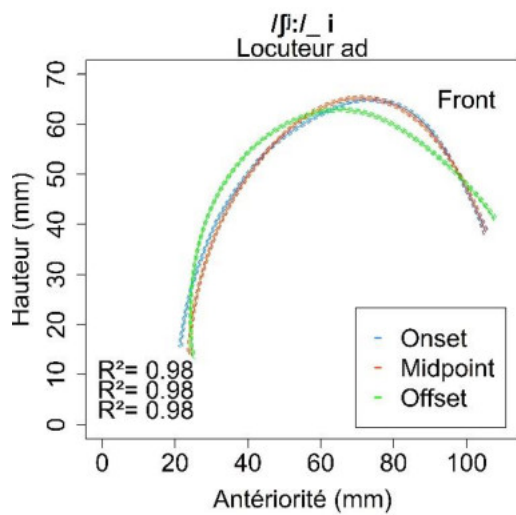
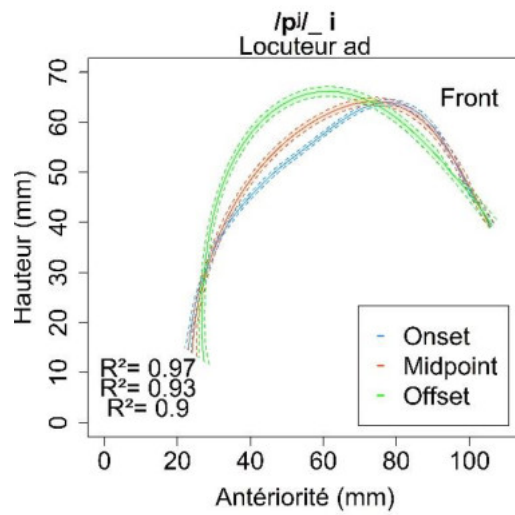
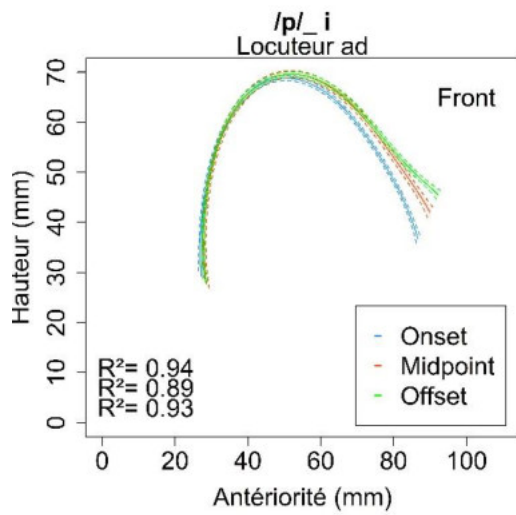
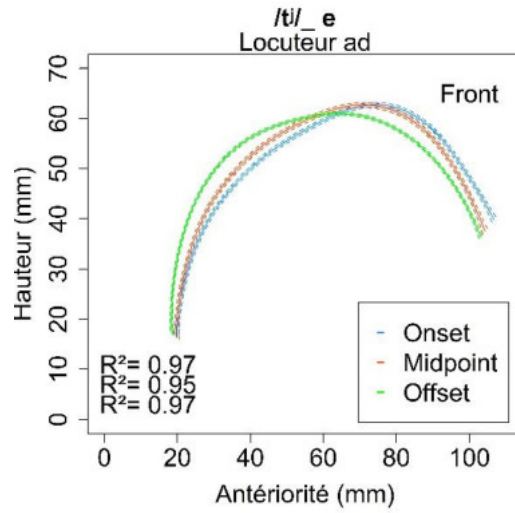
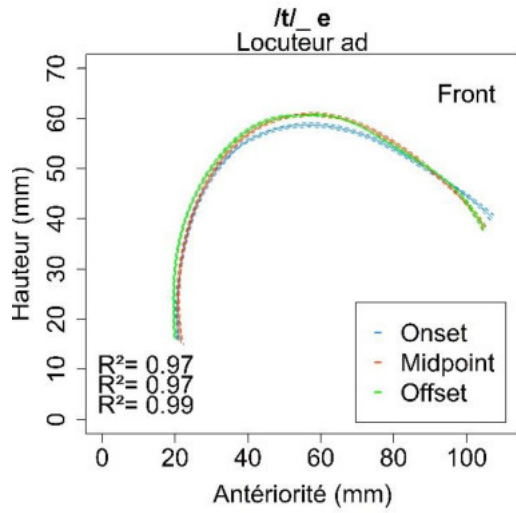


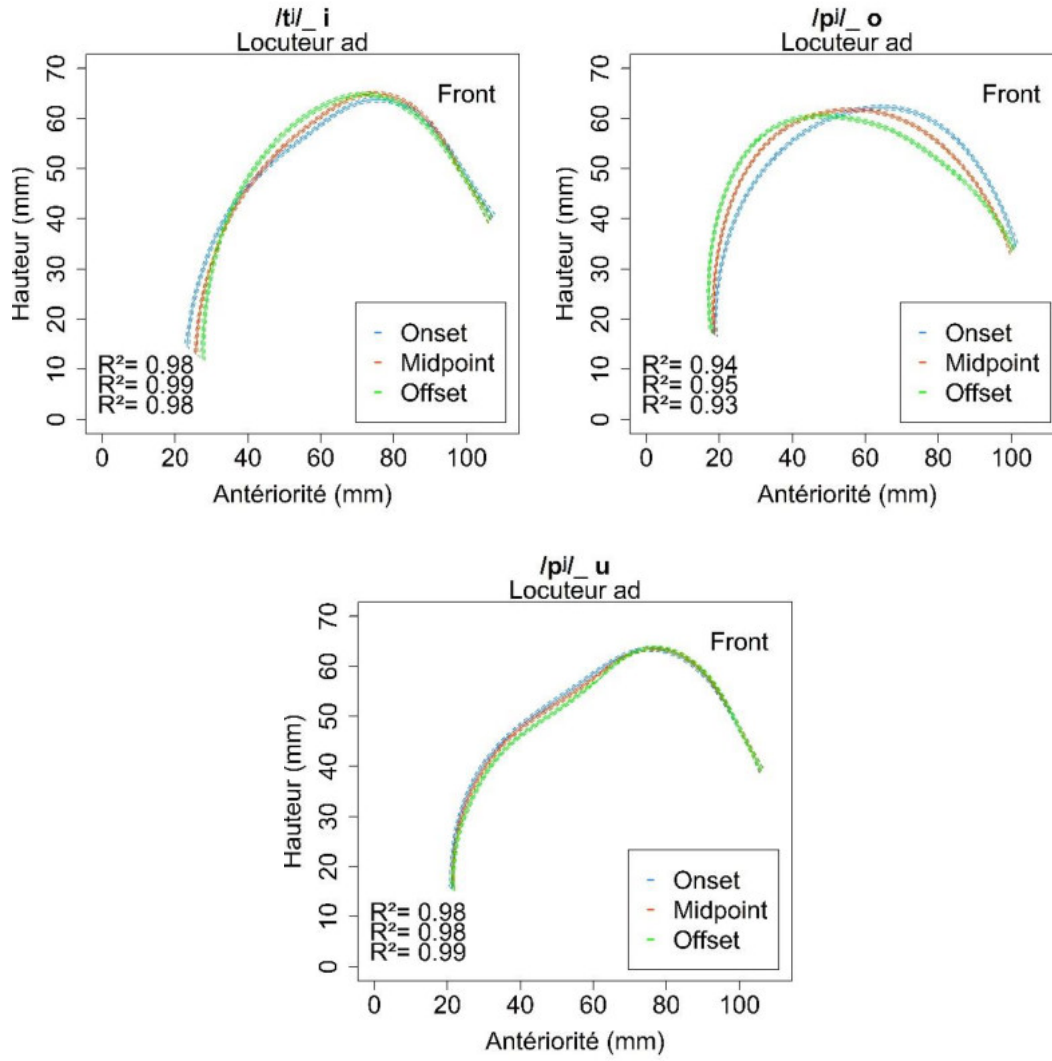




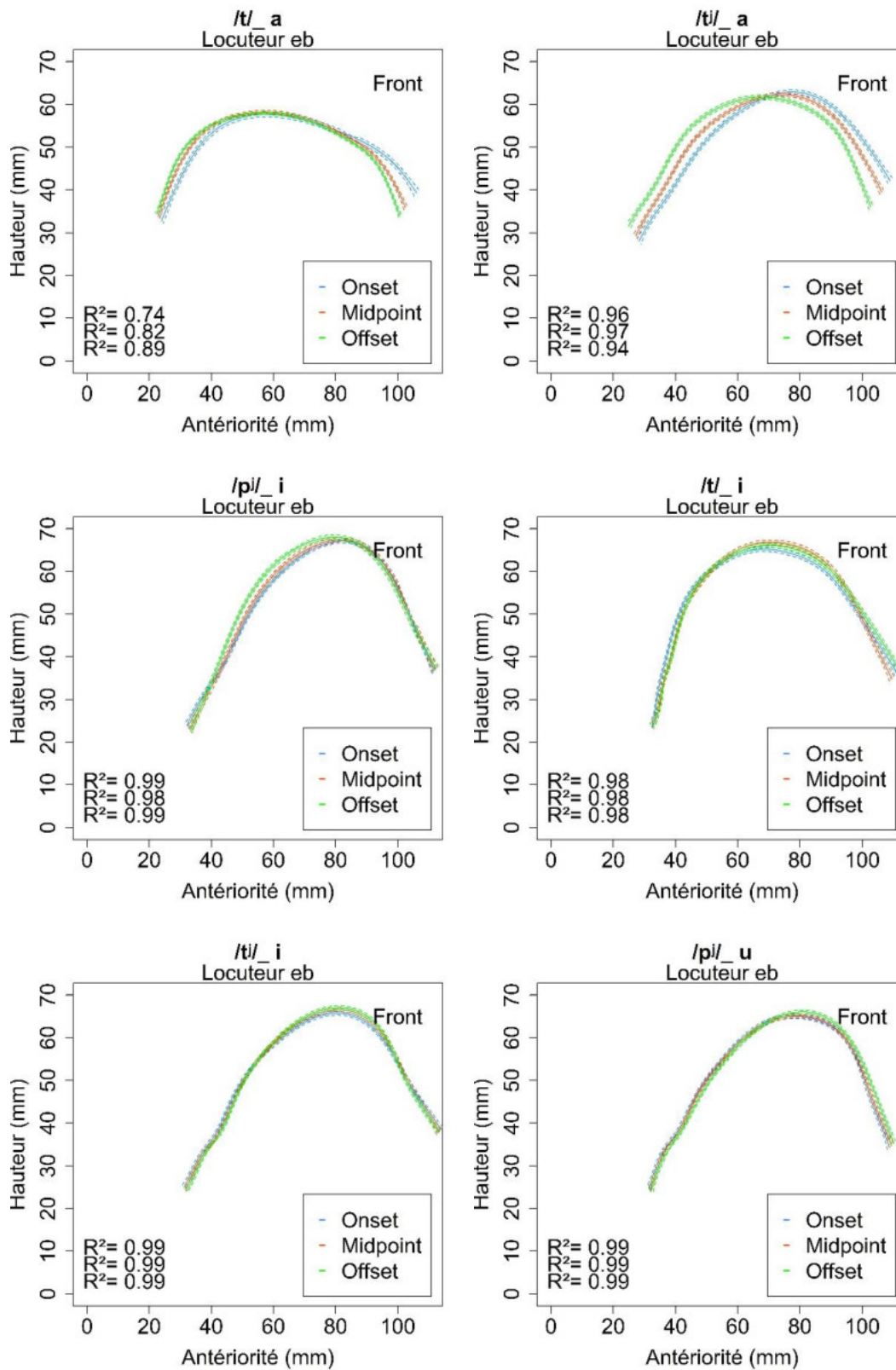
Locuteur AD



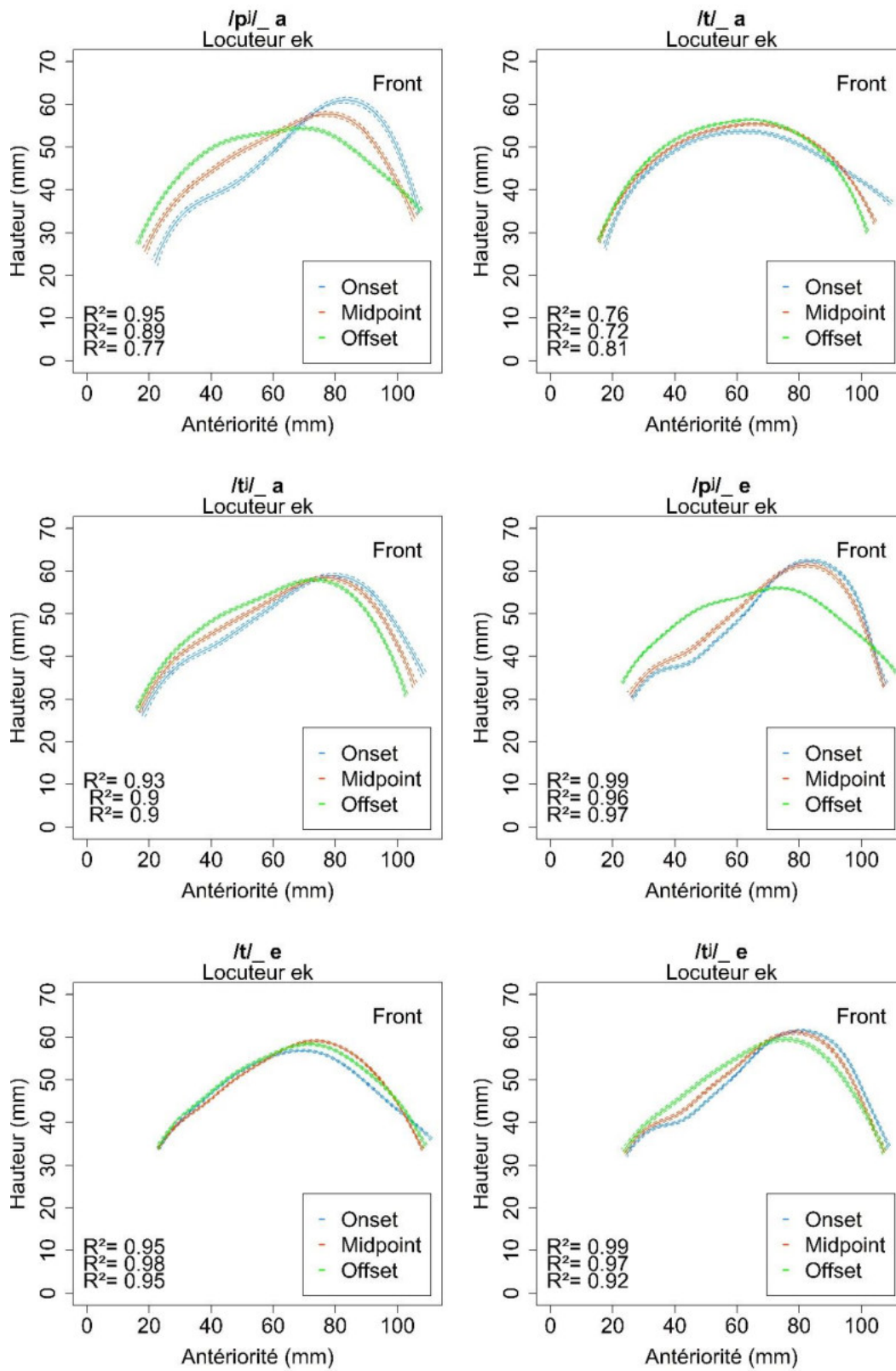


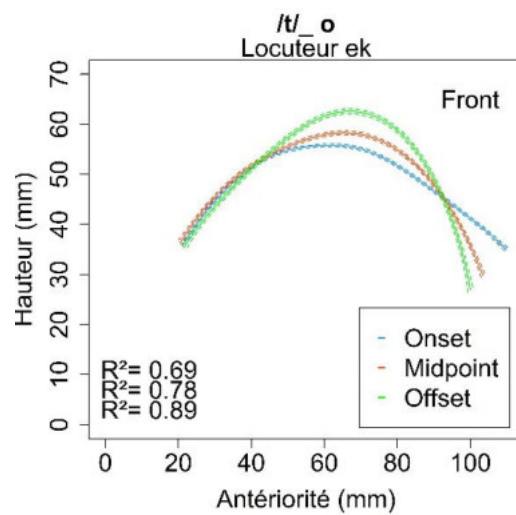
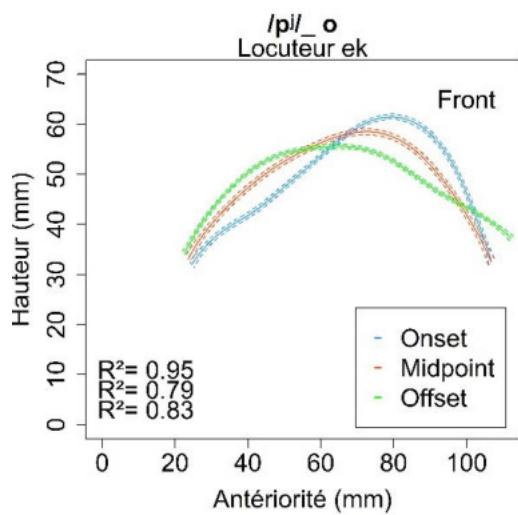
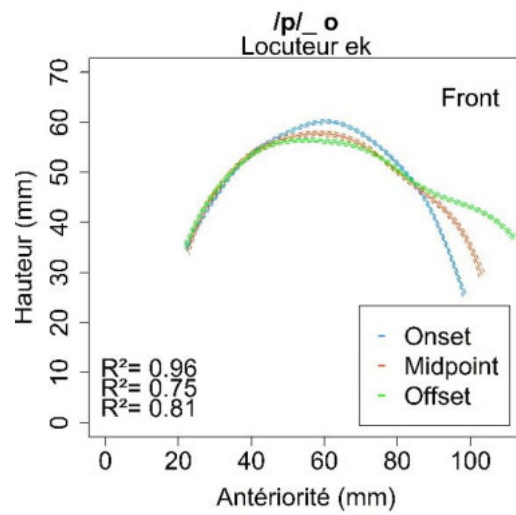
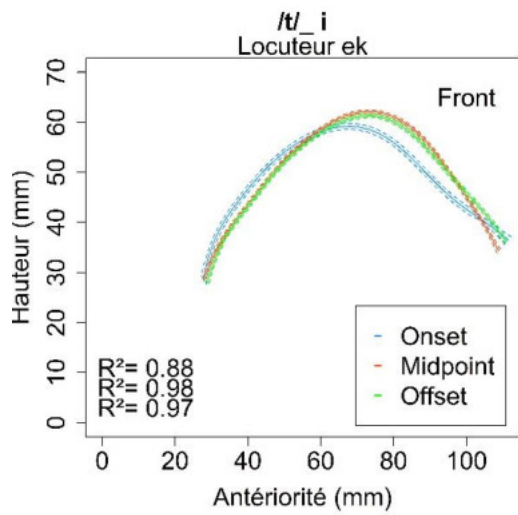
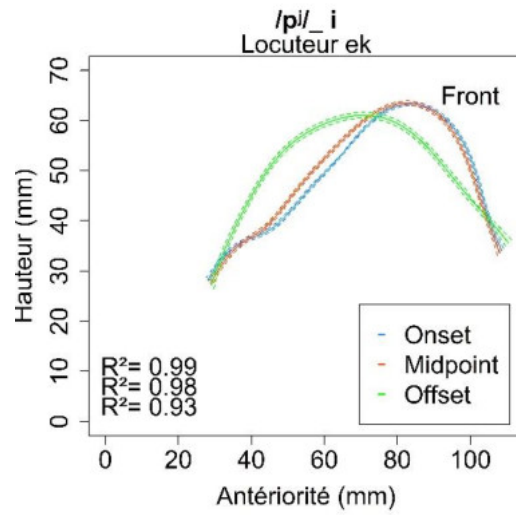
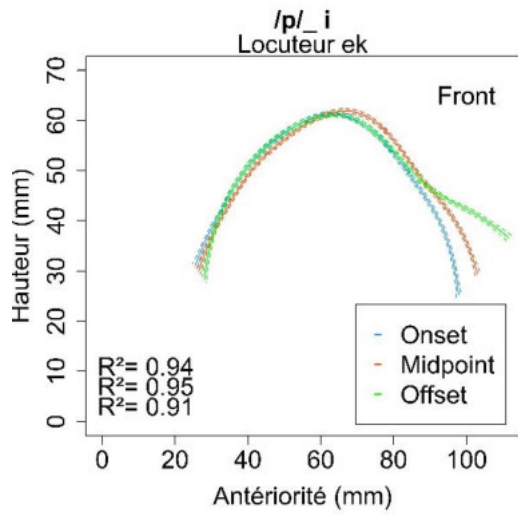


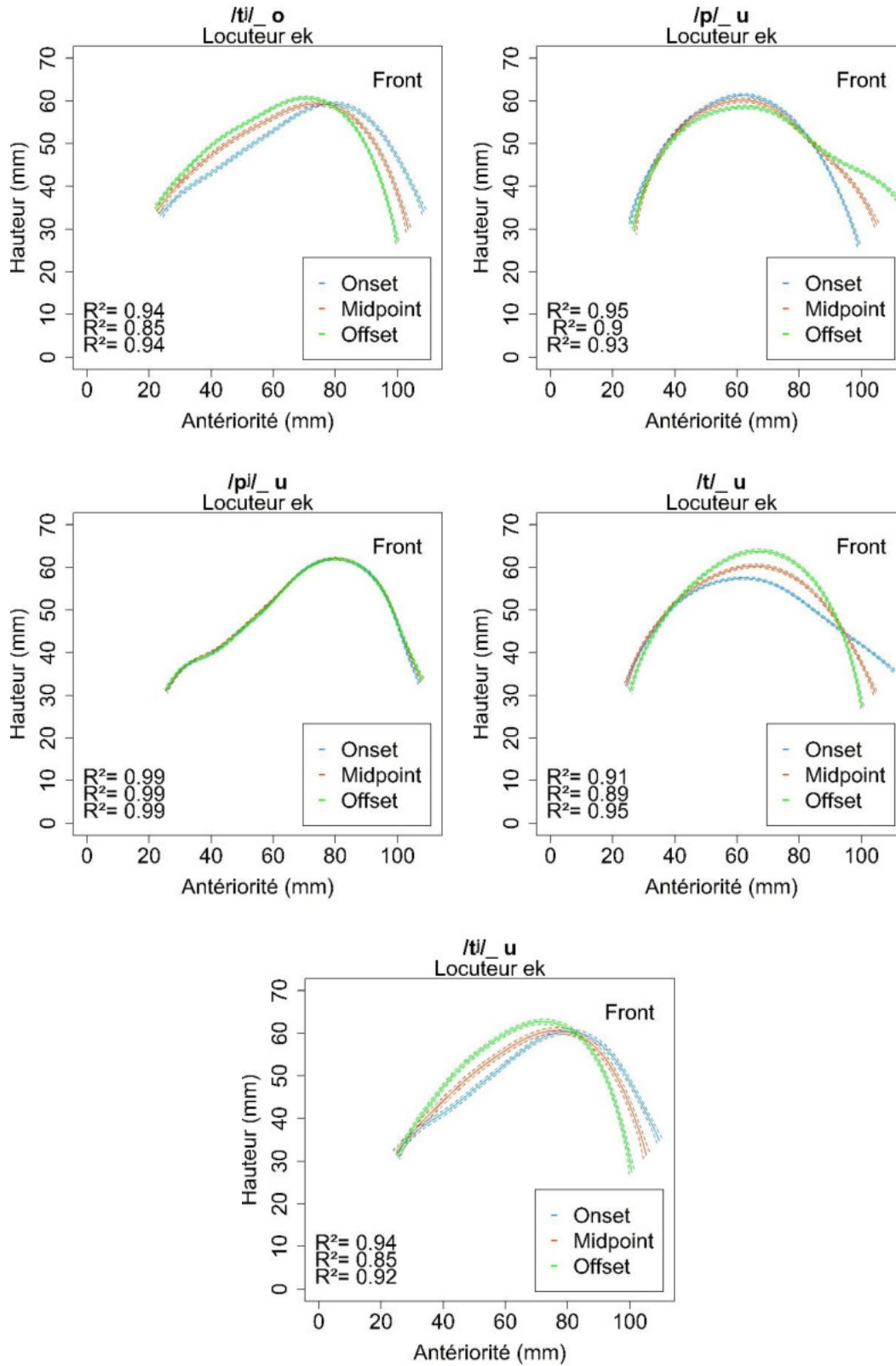
Locuteur EB



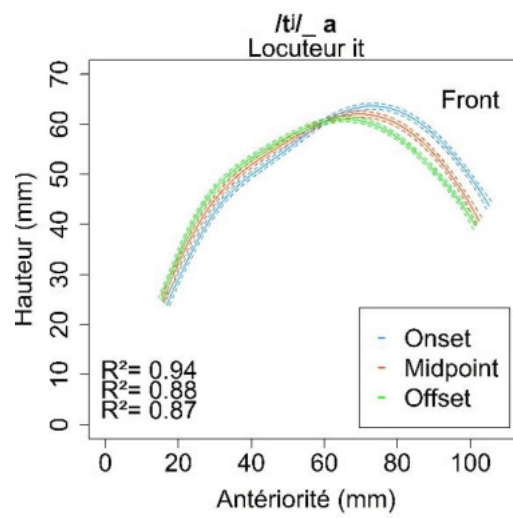
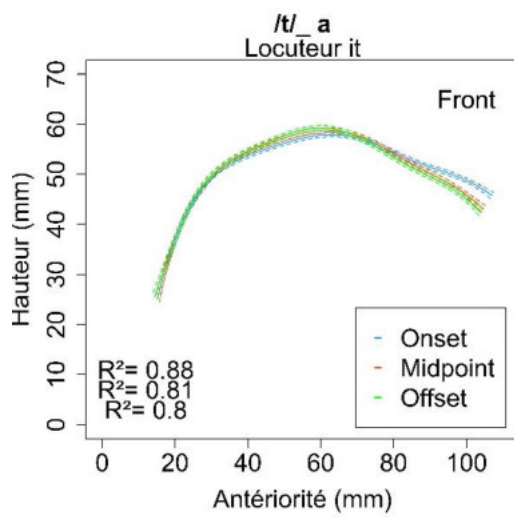
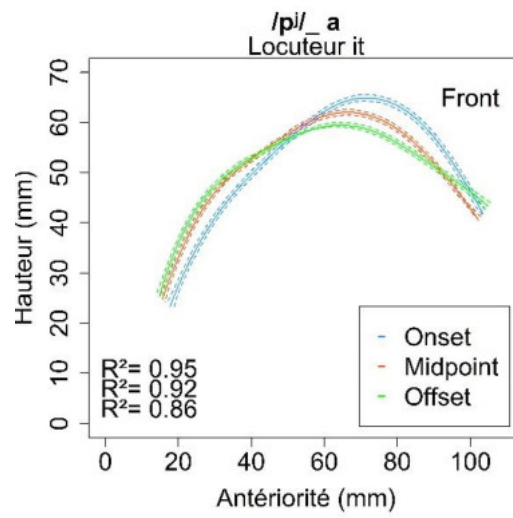
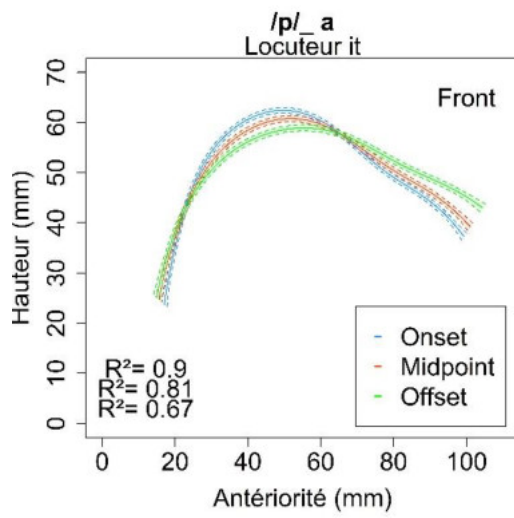
Locuteur EK



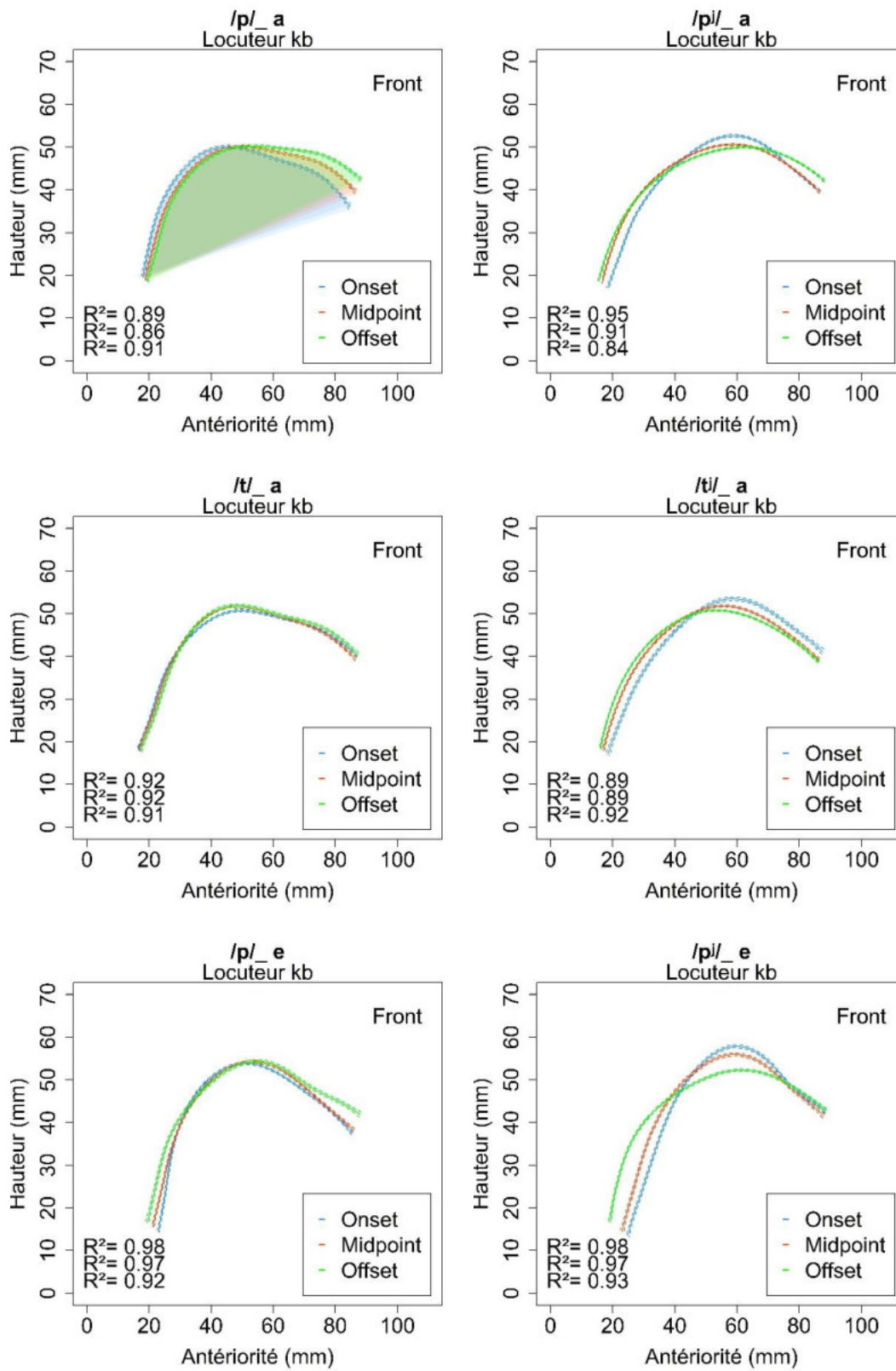


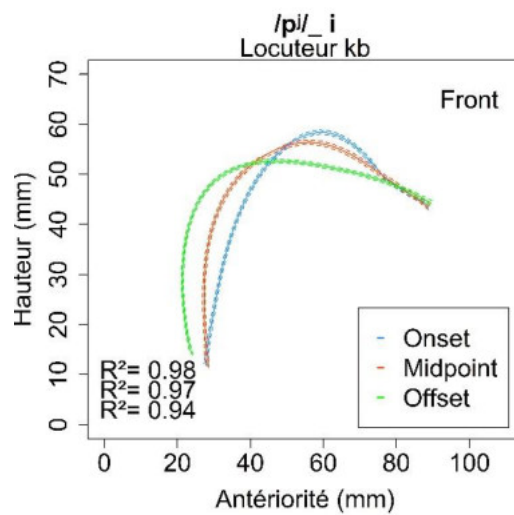
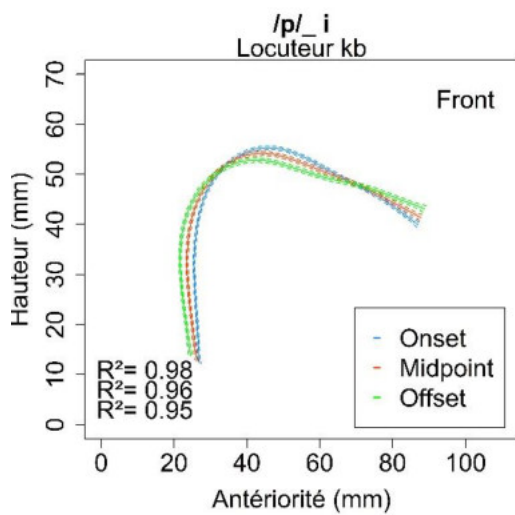
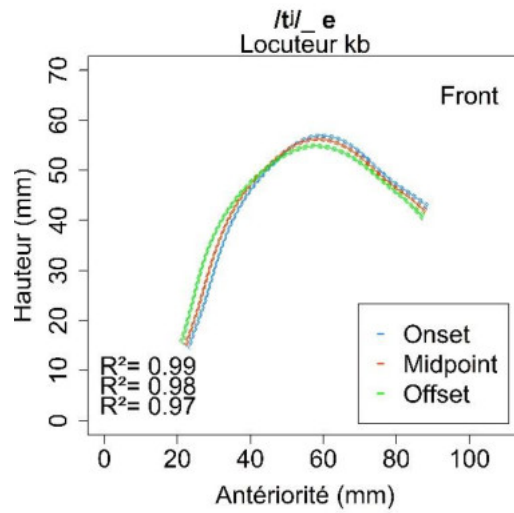
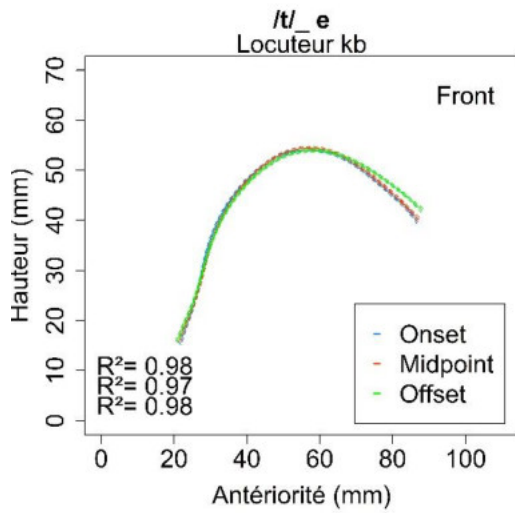
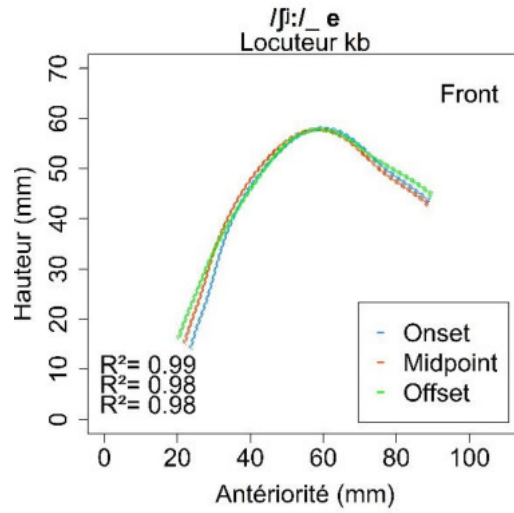
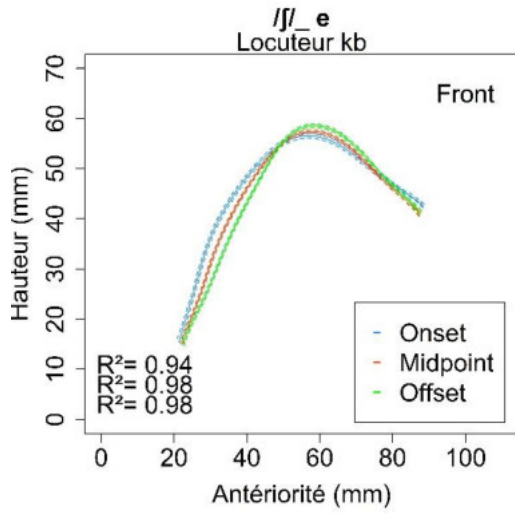


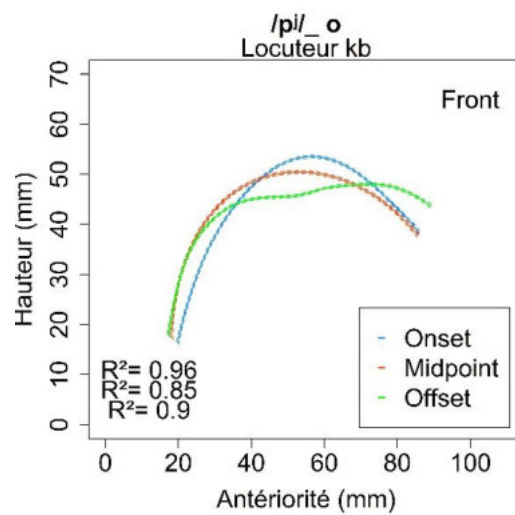
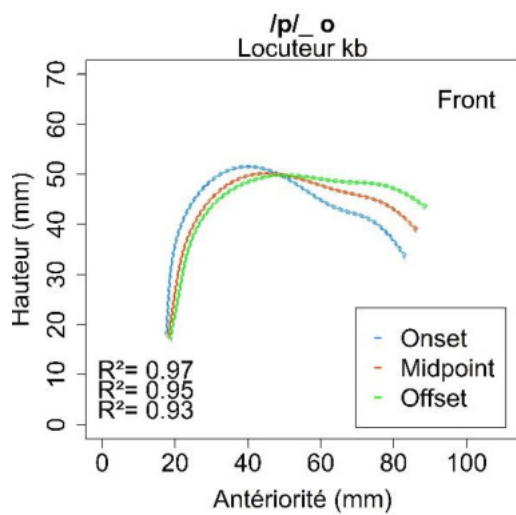
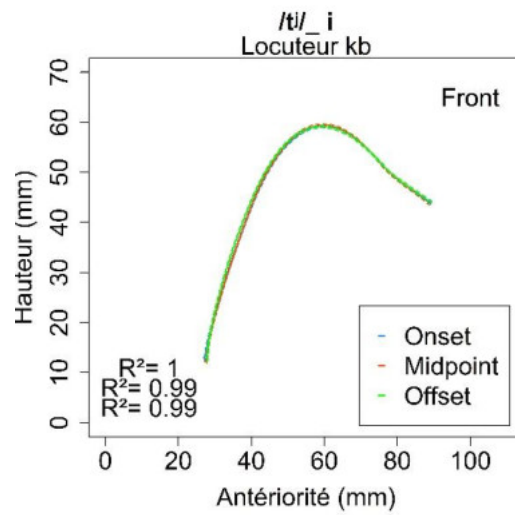
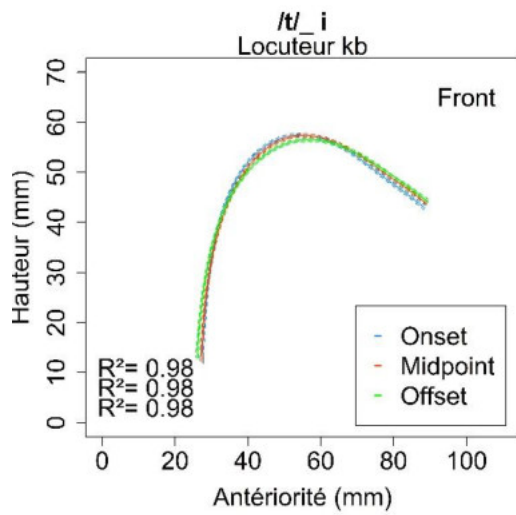
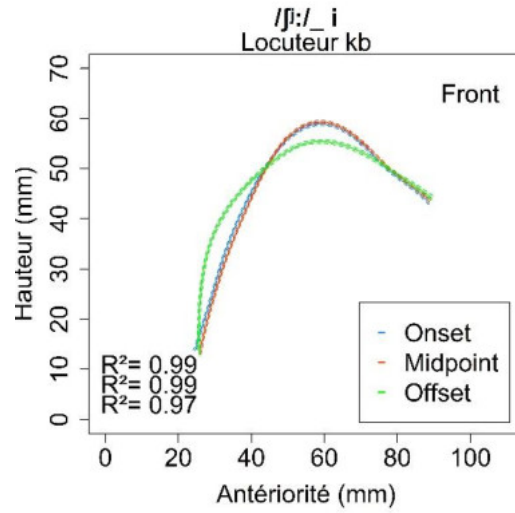
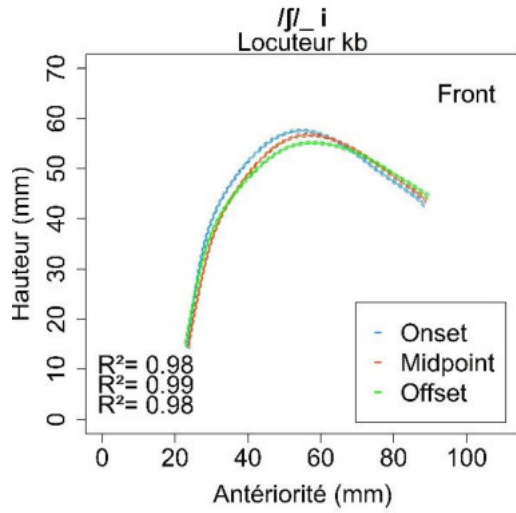
Locuteur IT

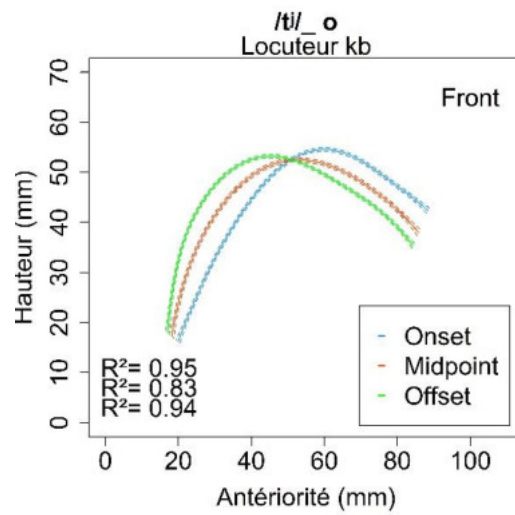
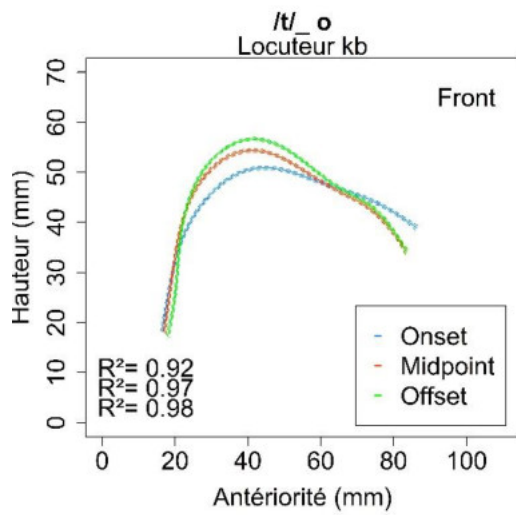
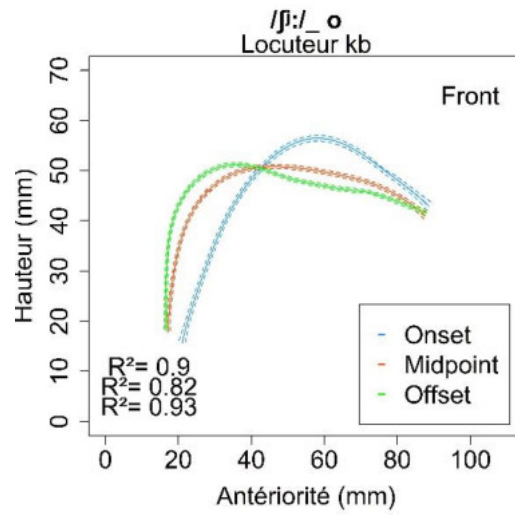
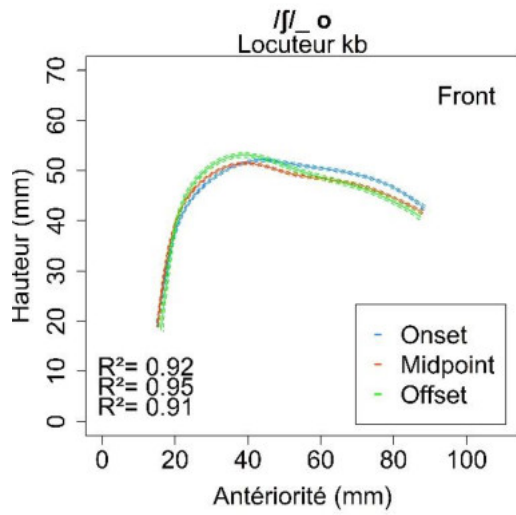


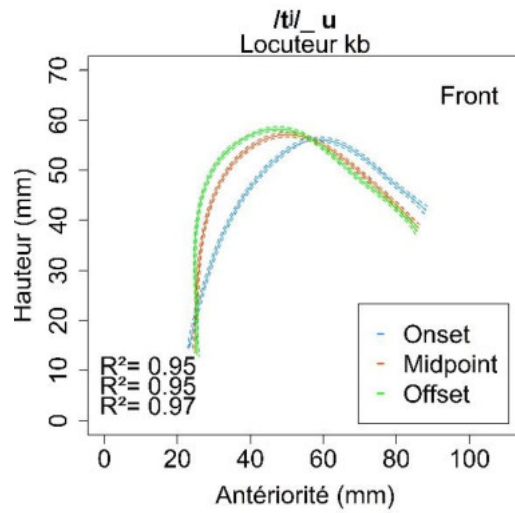
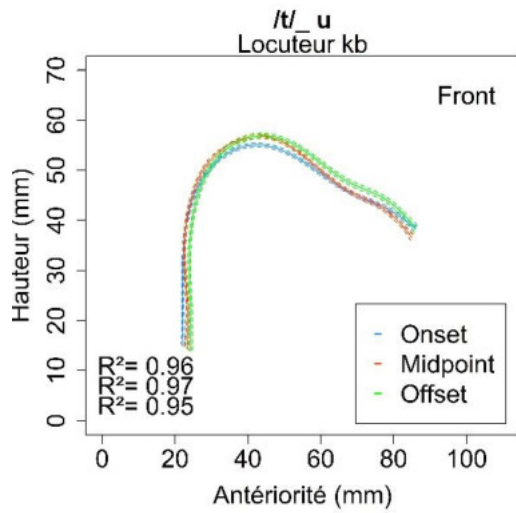
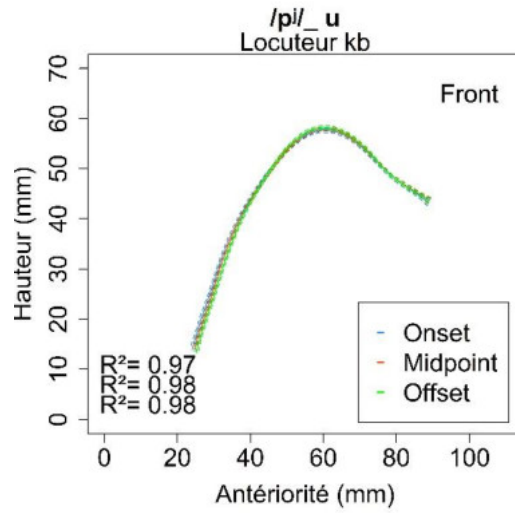
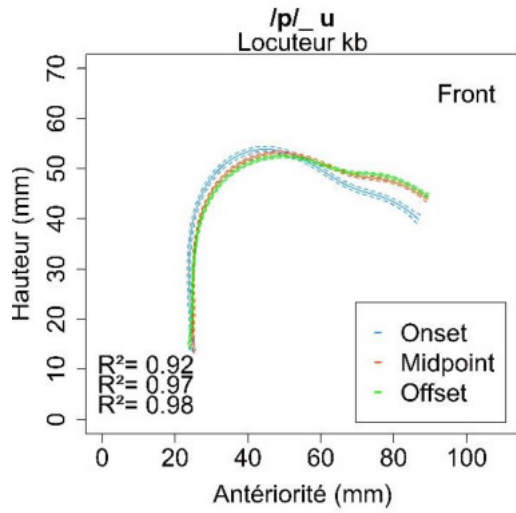
Locuteur KB



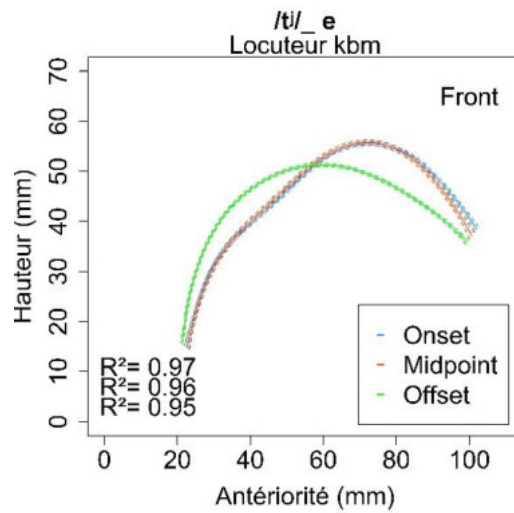
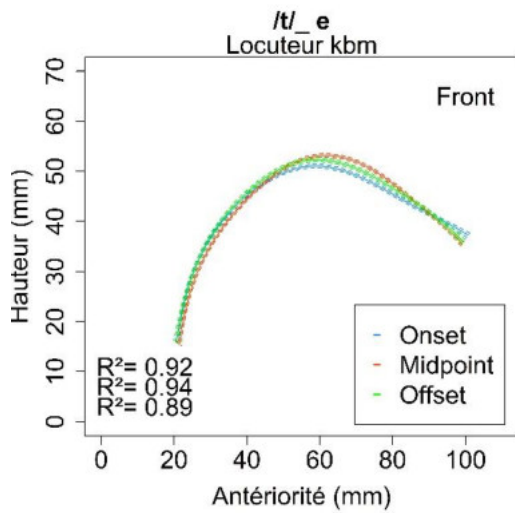
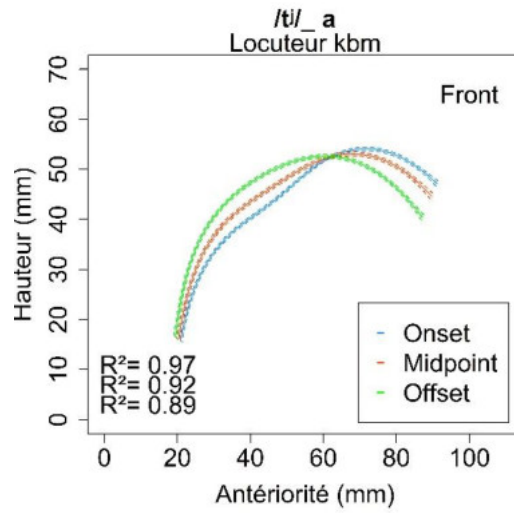
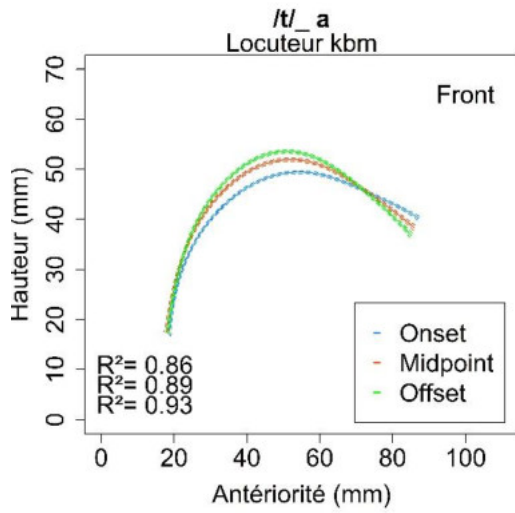
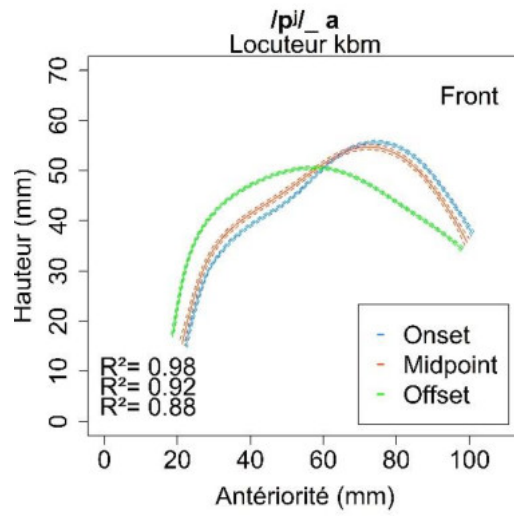
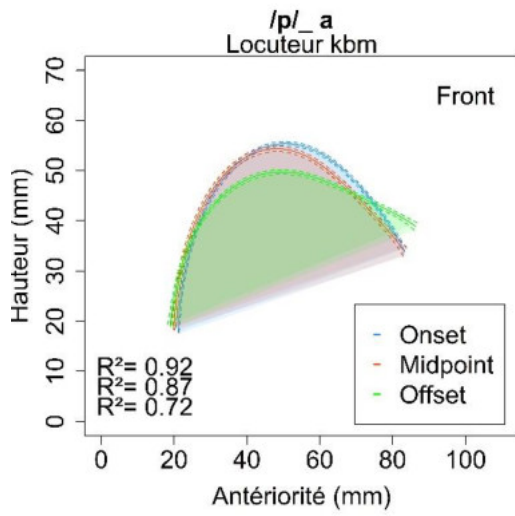


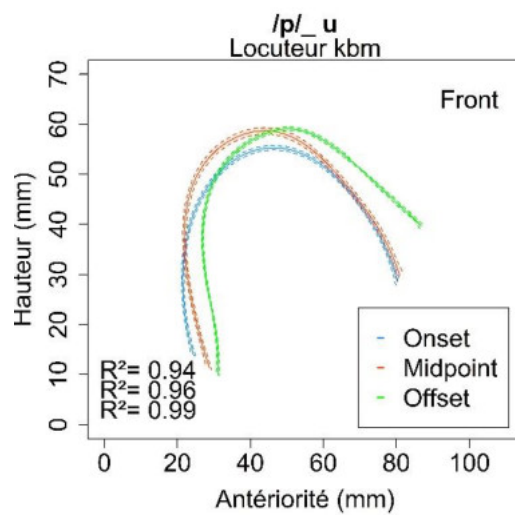
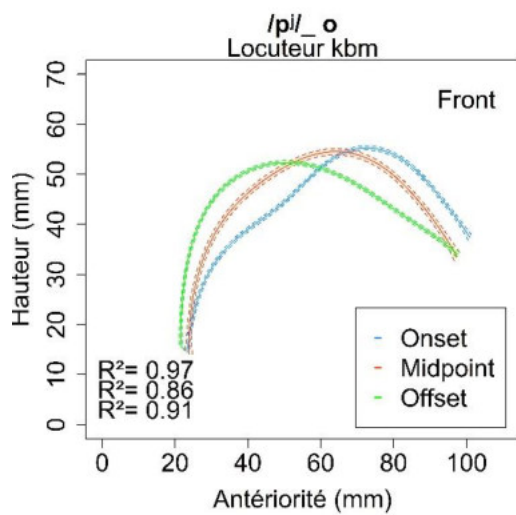
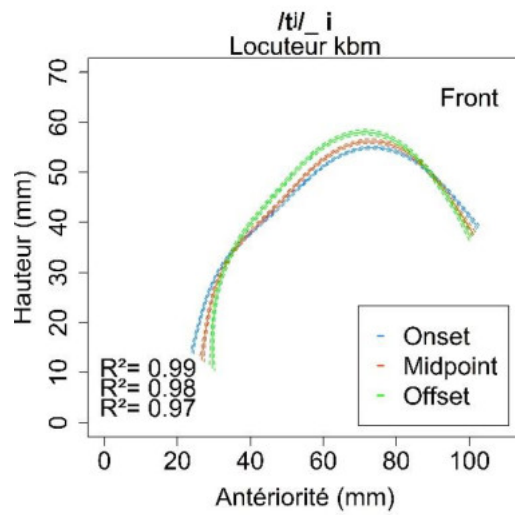
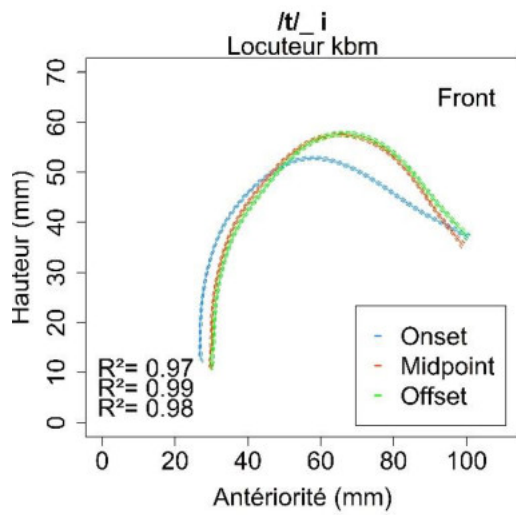
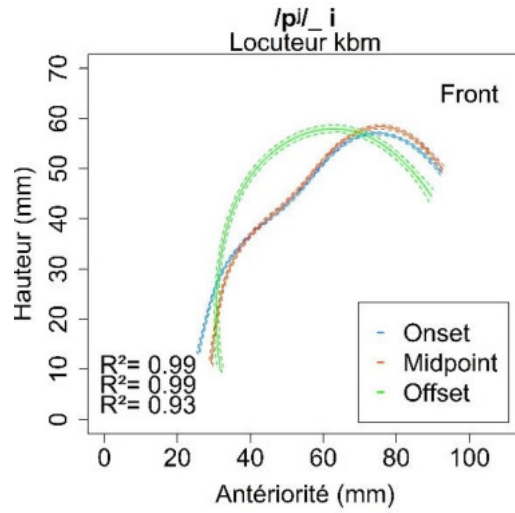
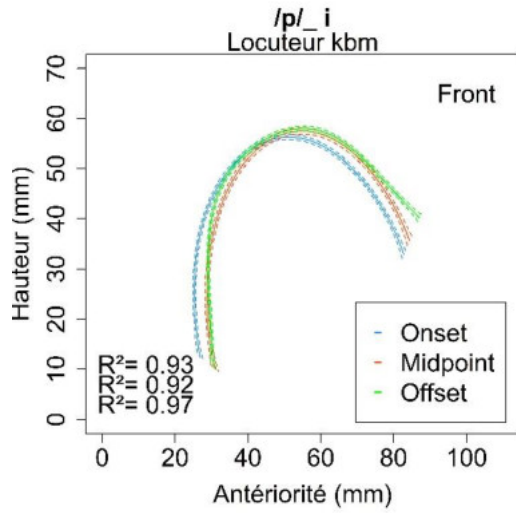


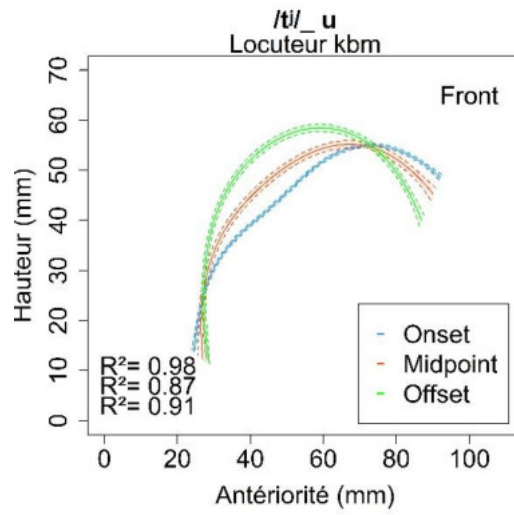
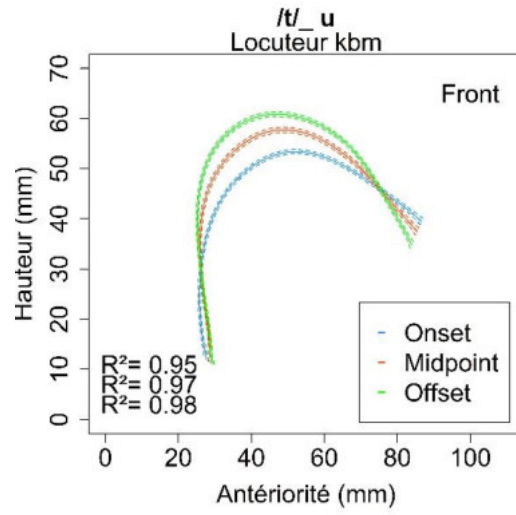
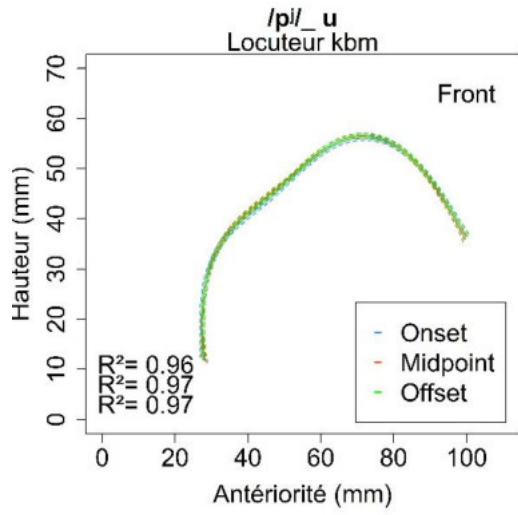




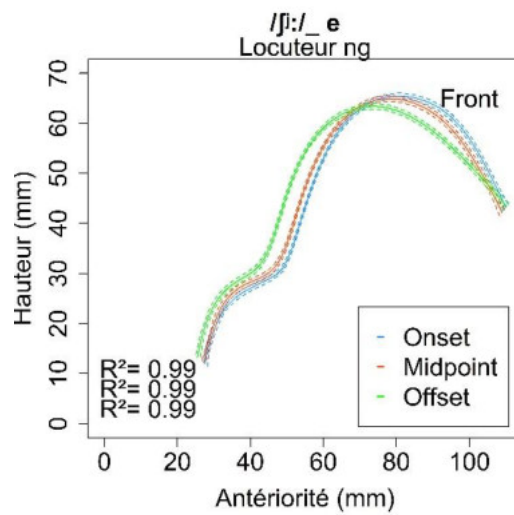
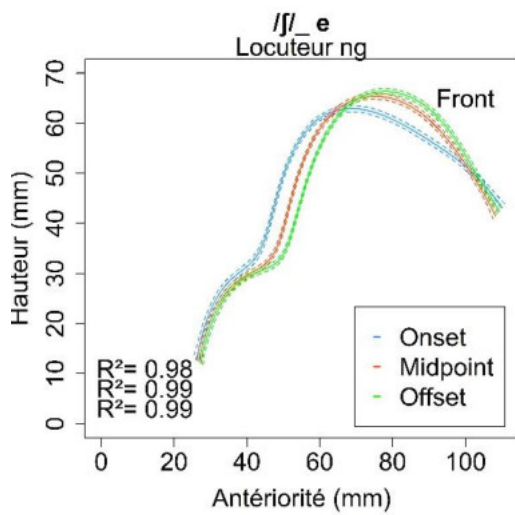
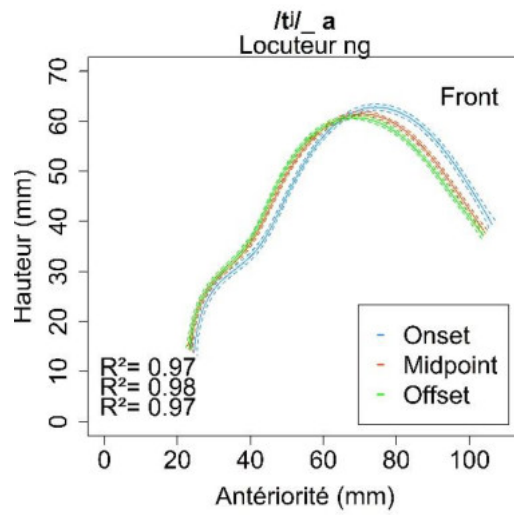
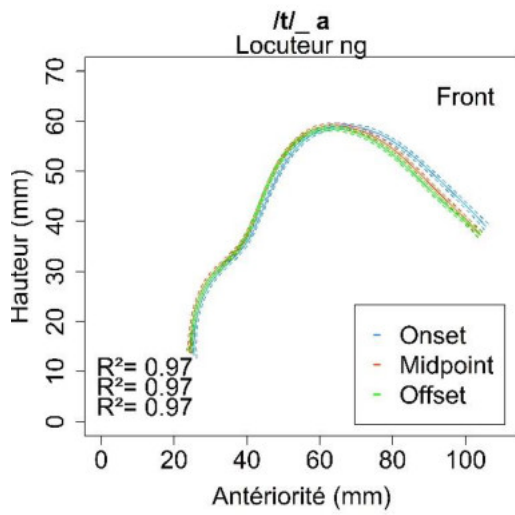
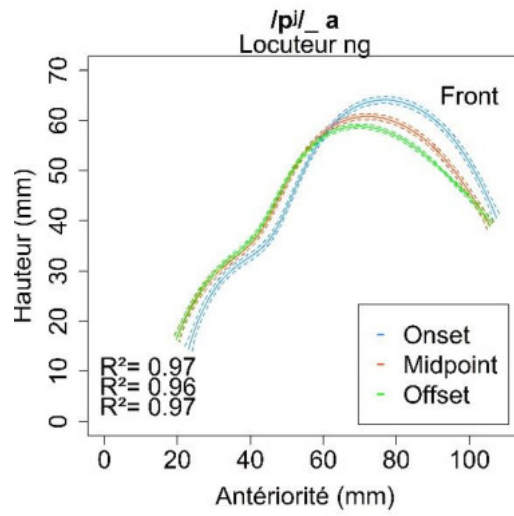
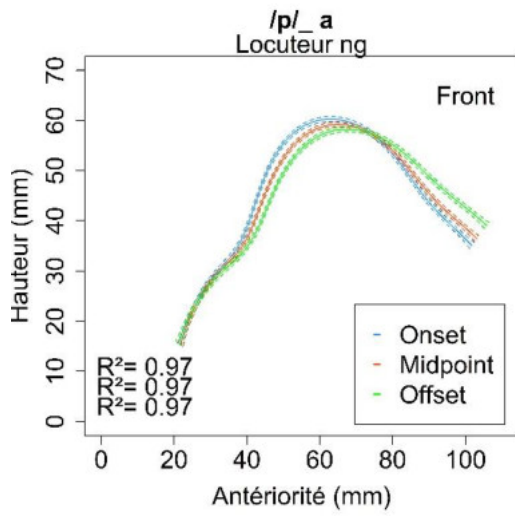
Locuteur KBM

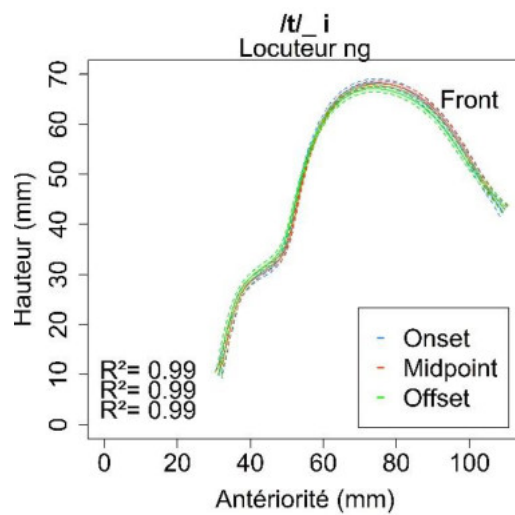
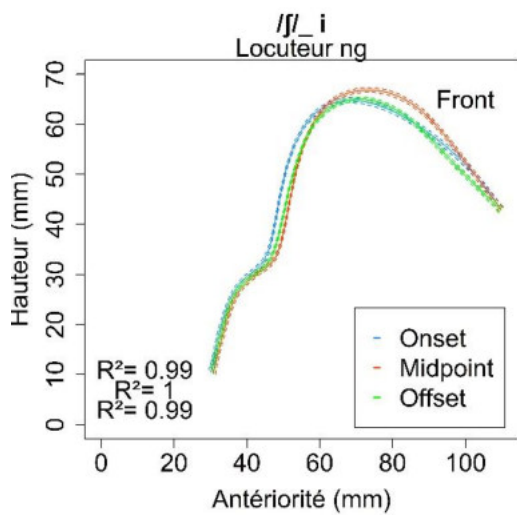
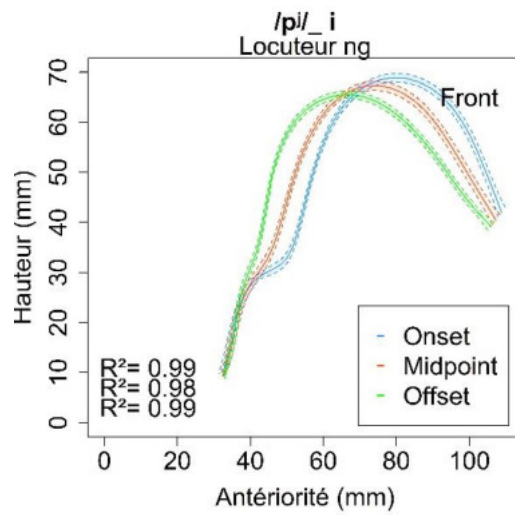
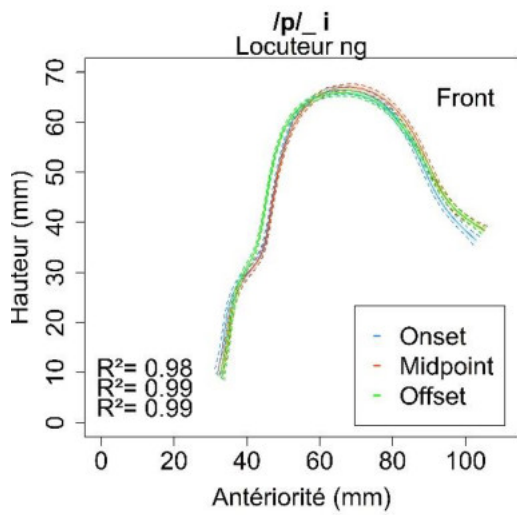
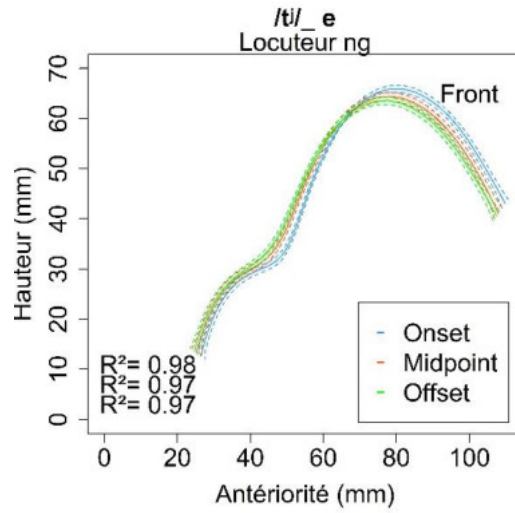
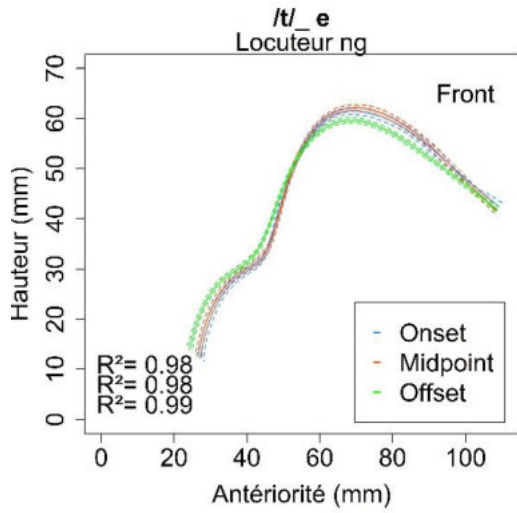


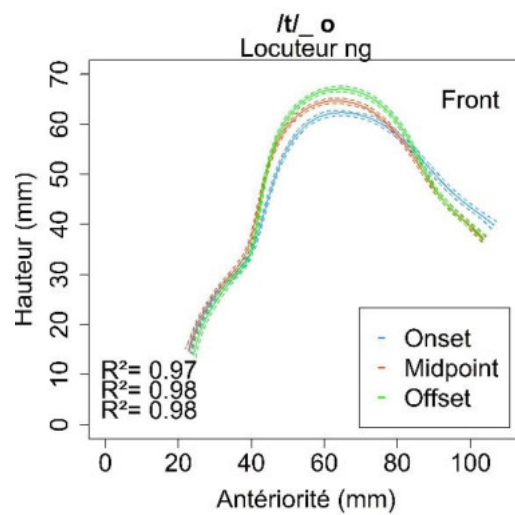
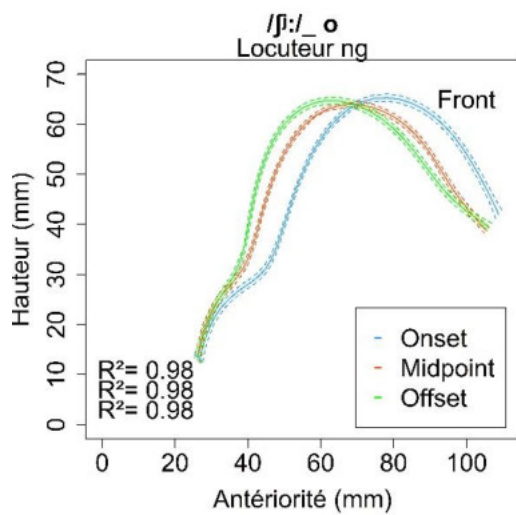
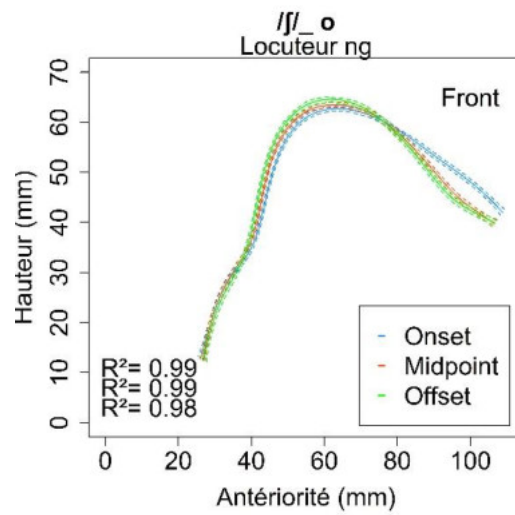
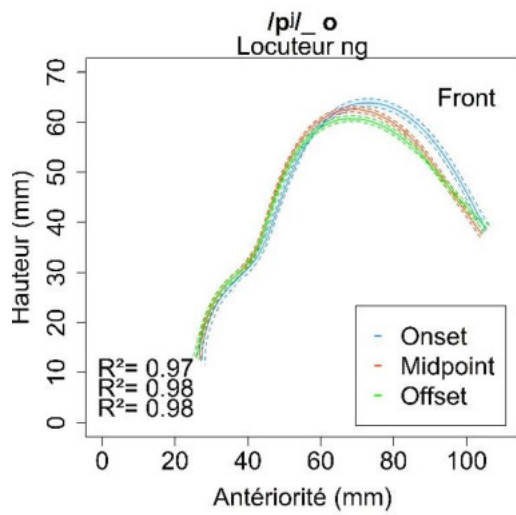
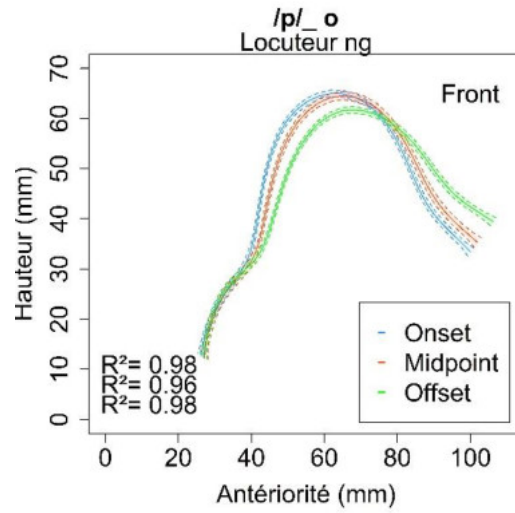
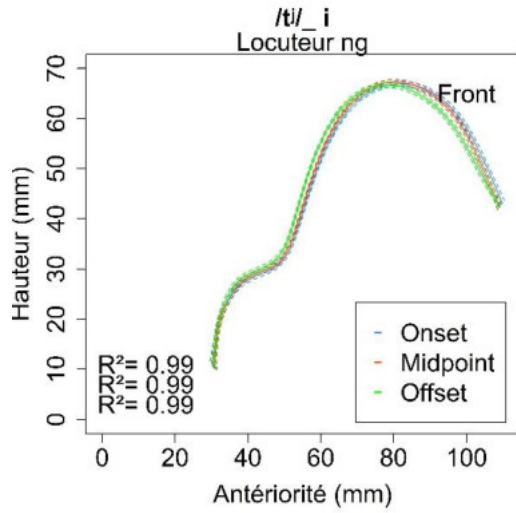


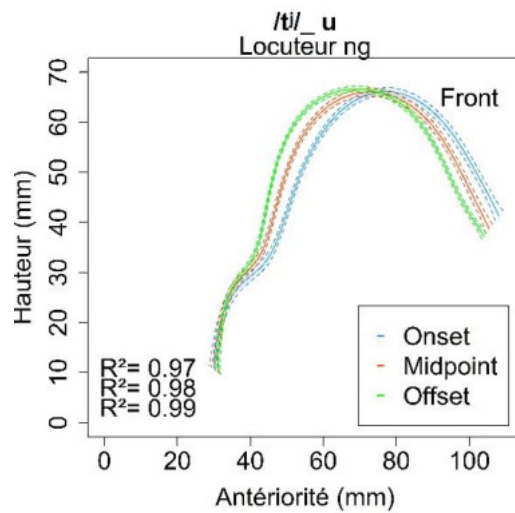
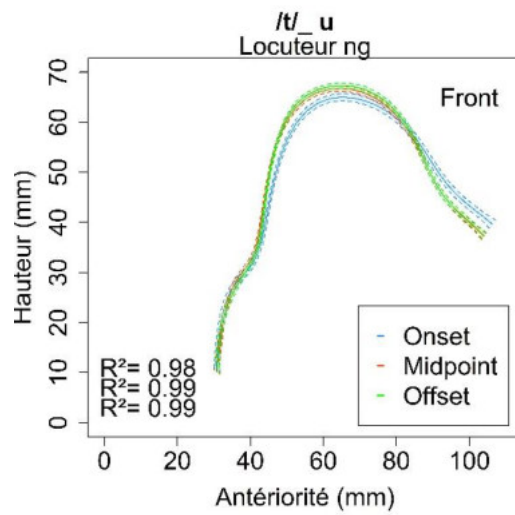
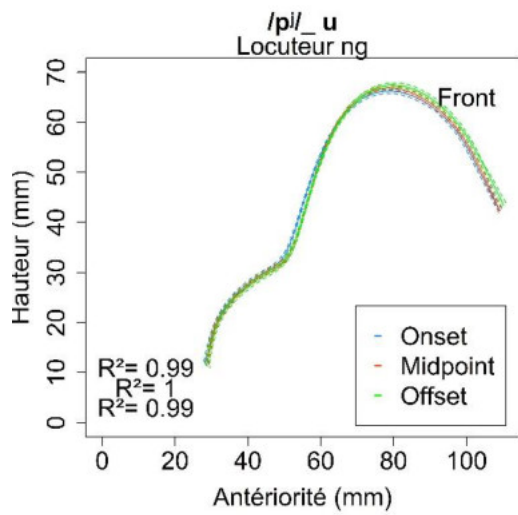
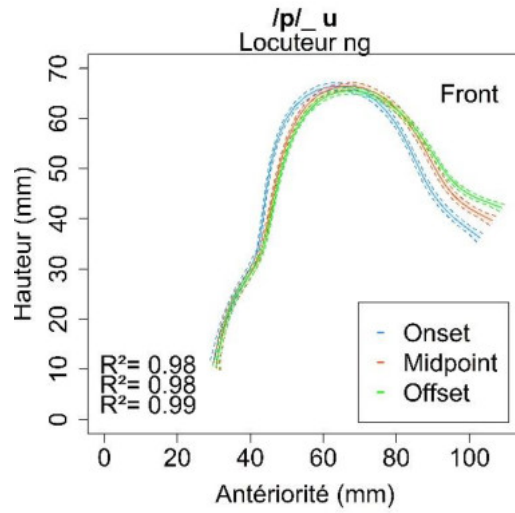
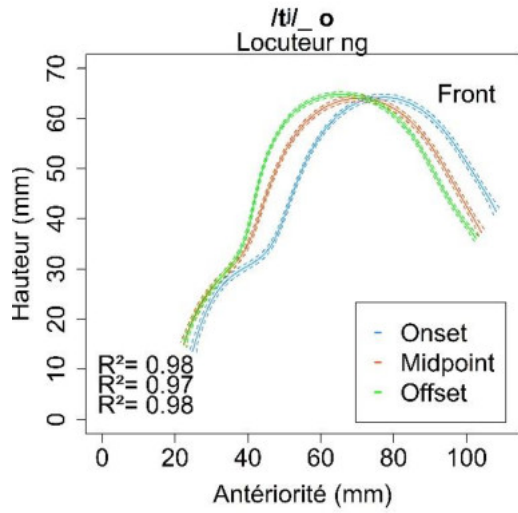


Locuteur NG

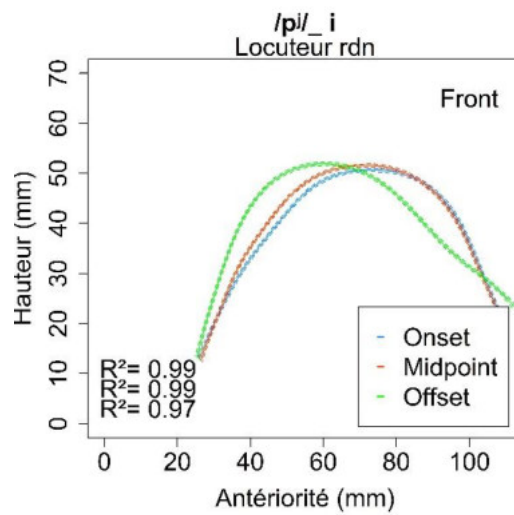
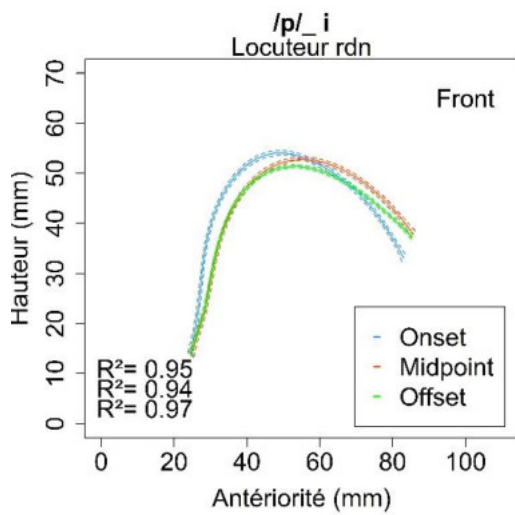
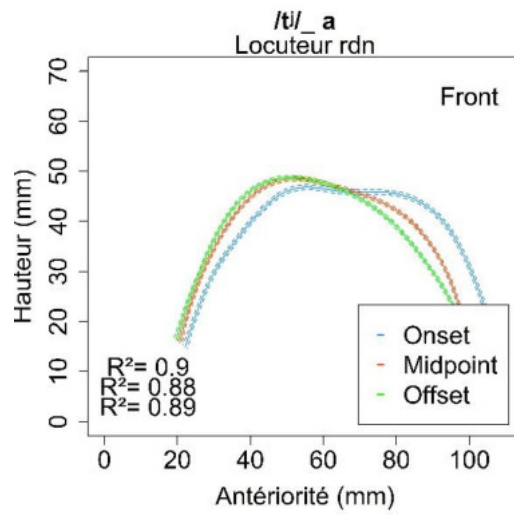
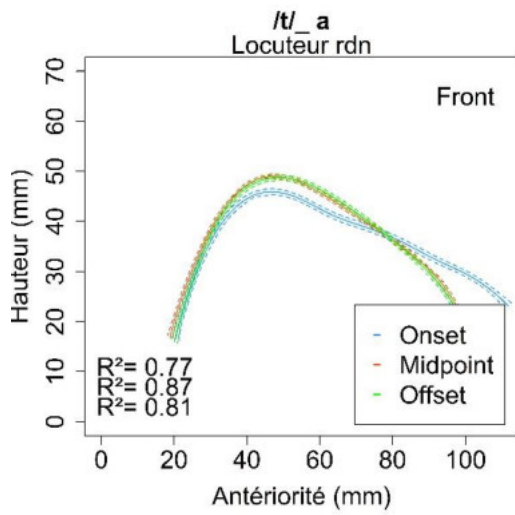
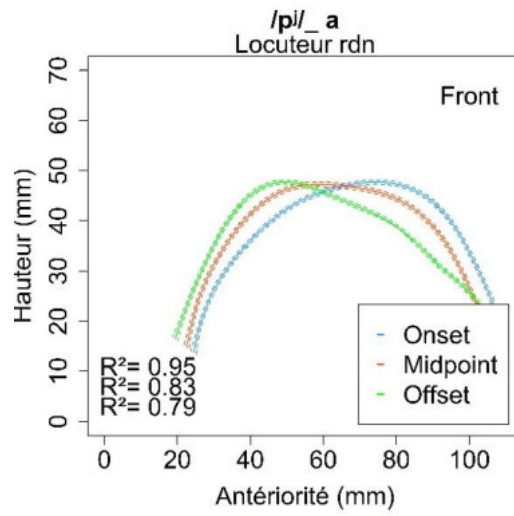
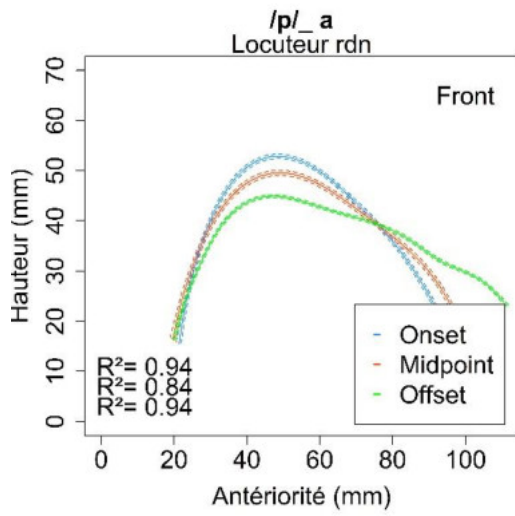


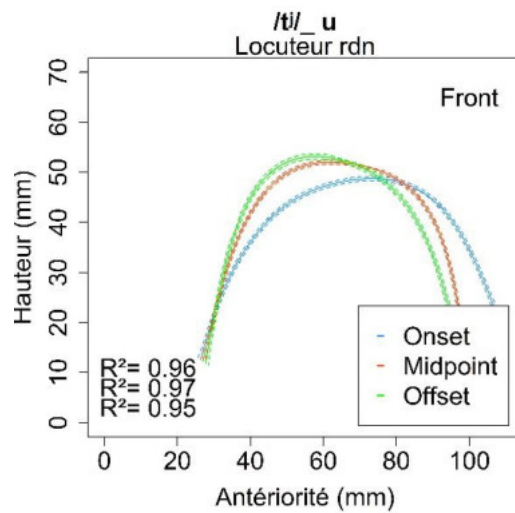
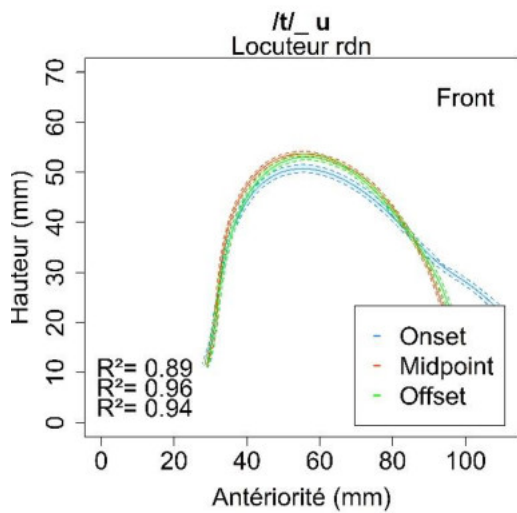
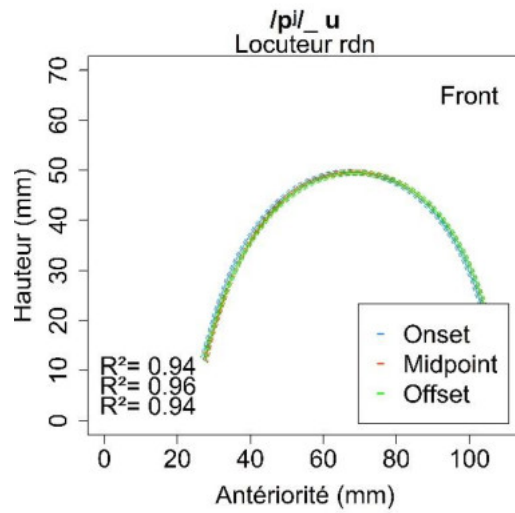
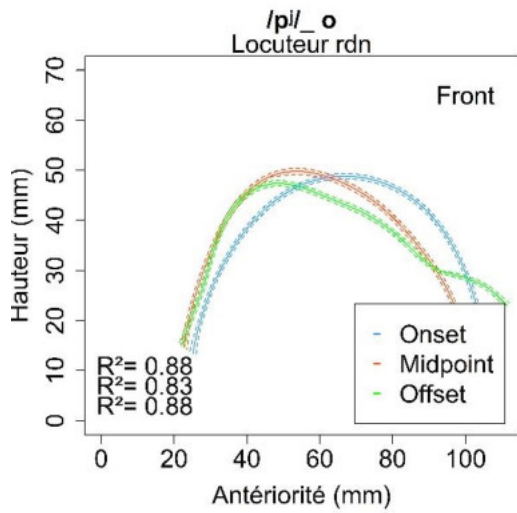
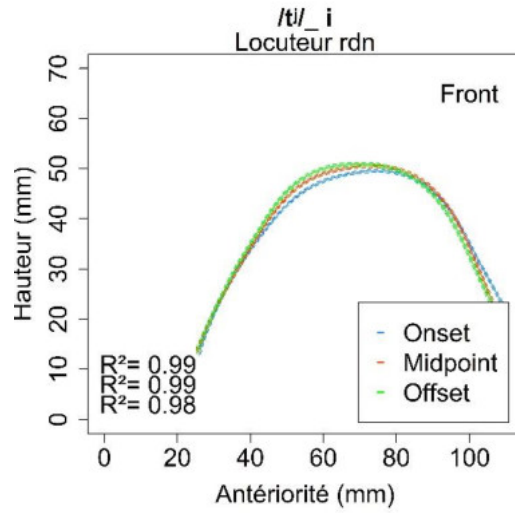
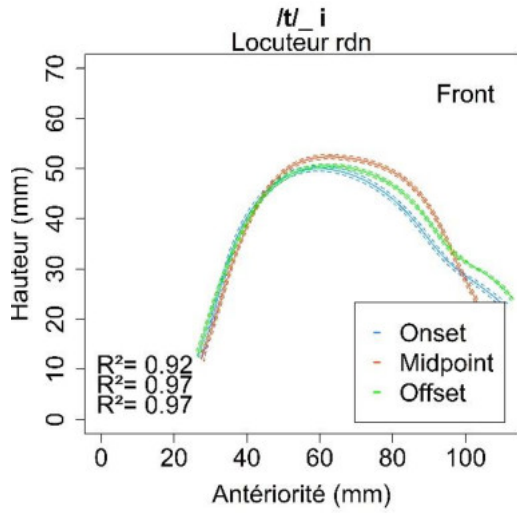




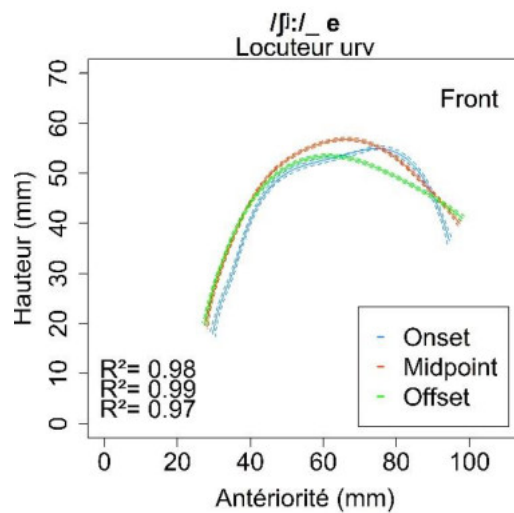
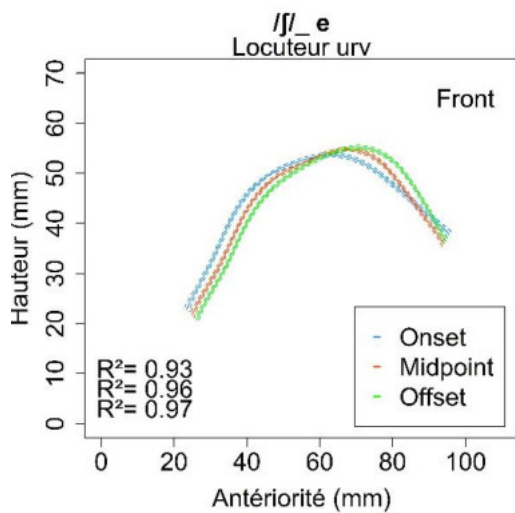
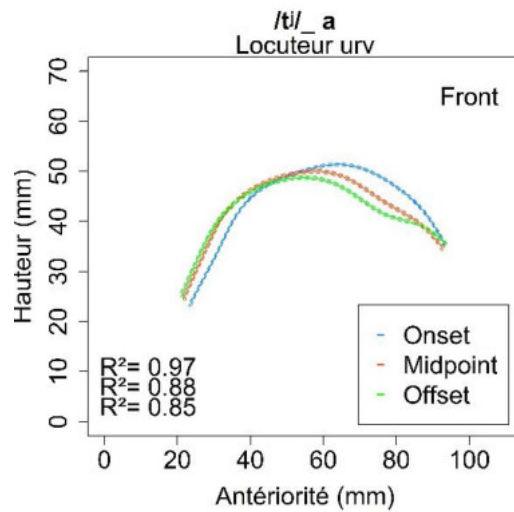
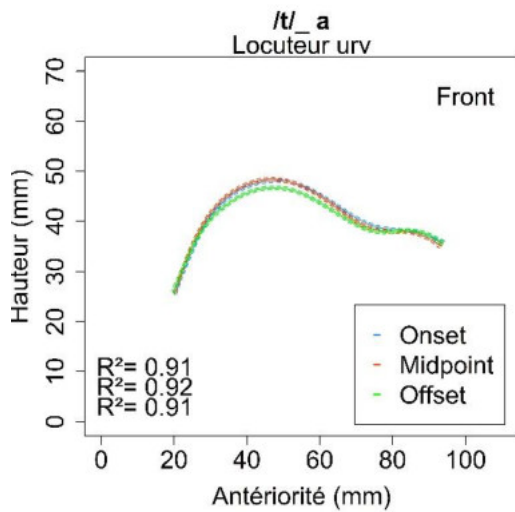
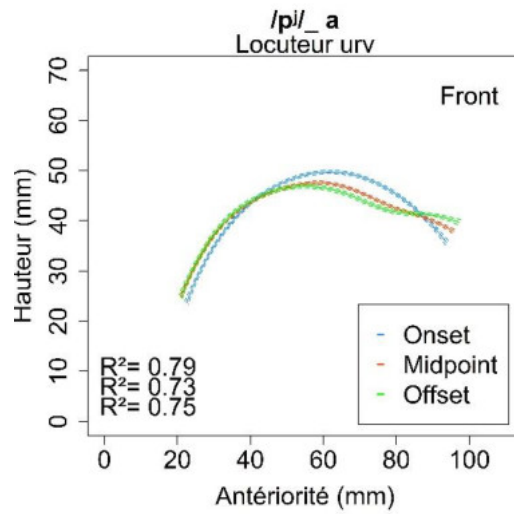
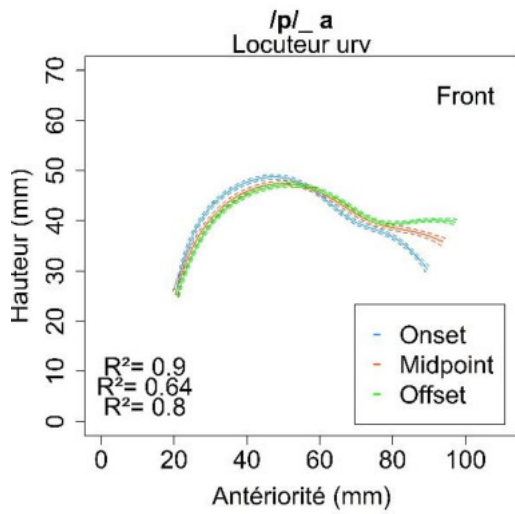


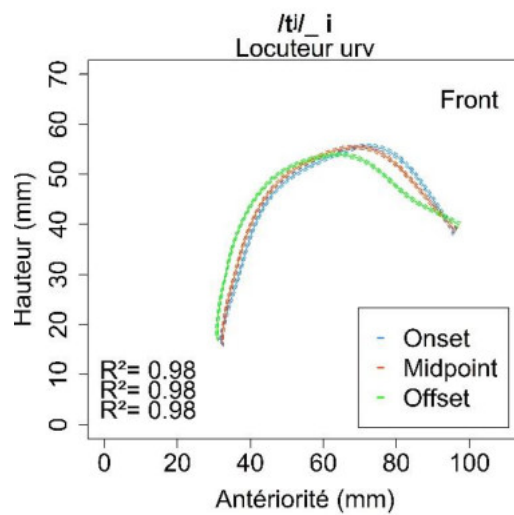
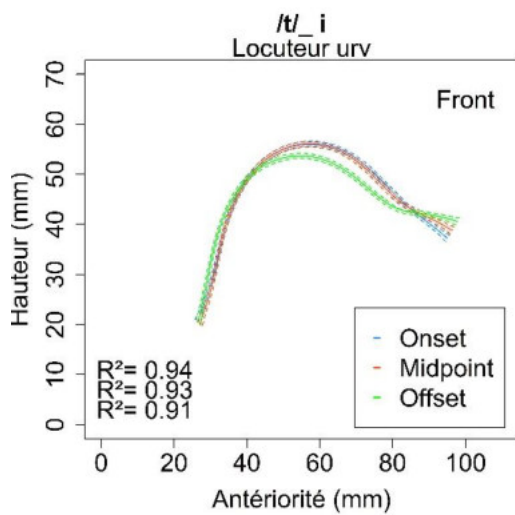
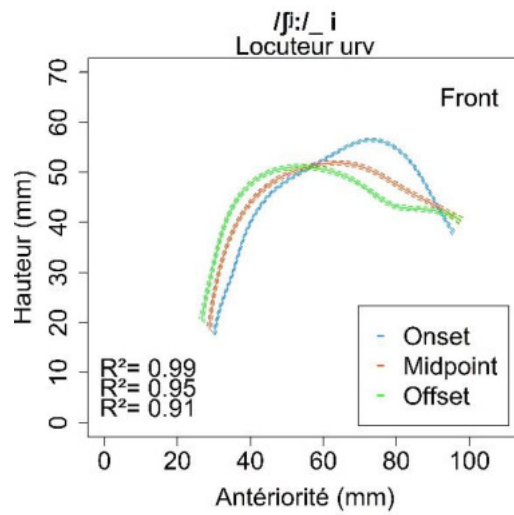
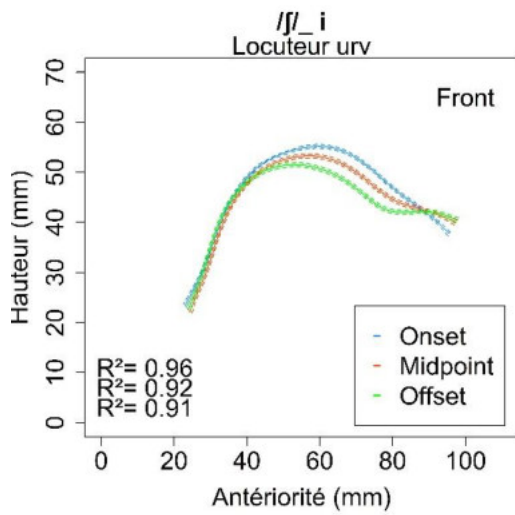
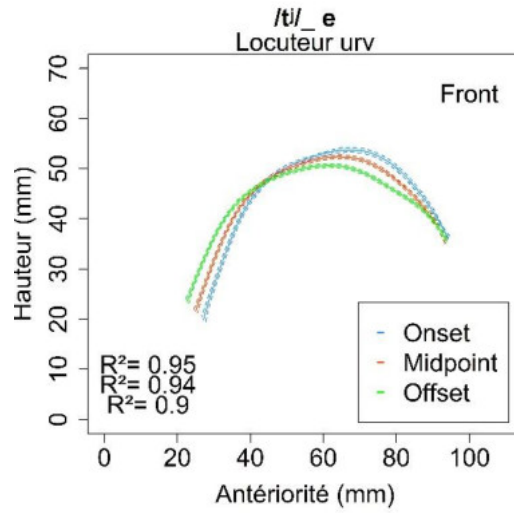
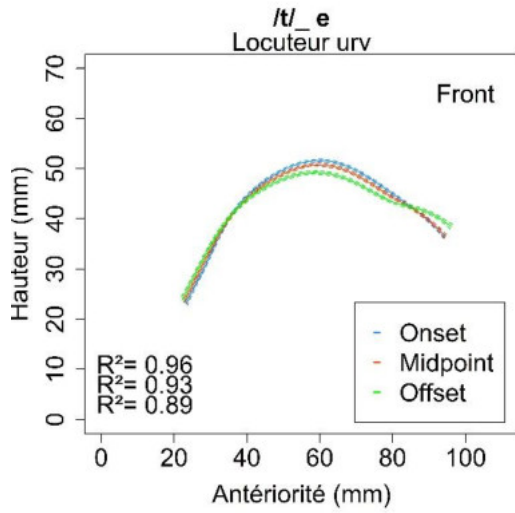
Locuteur RDN

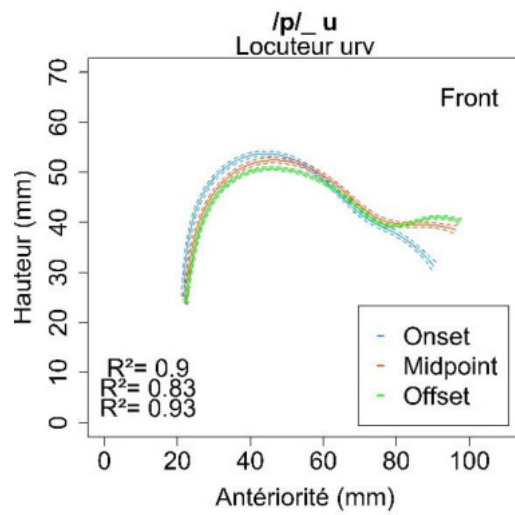
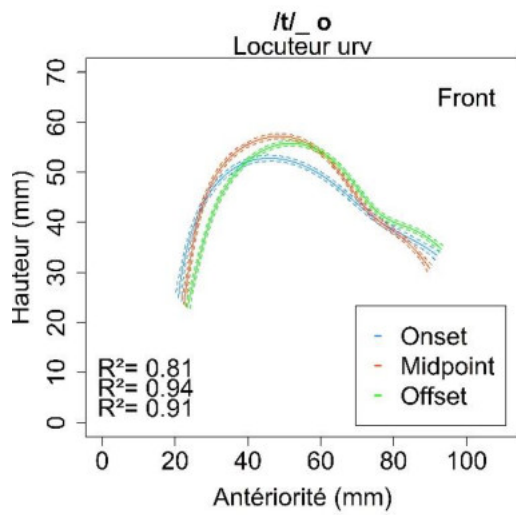
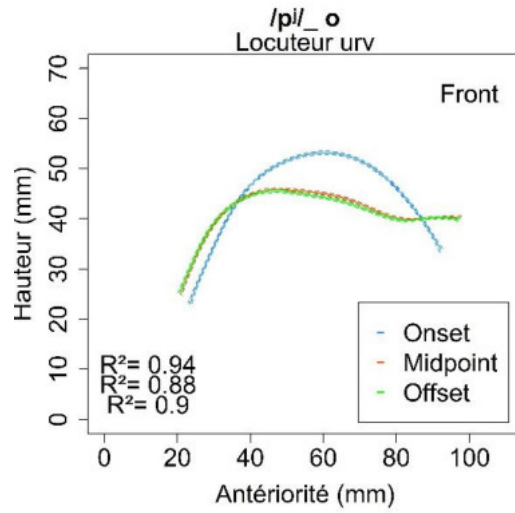
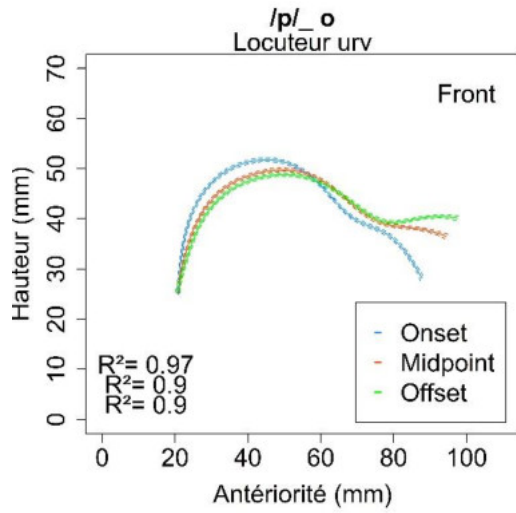


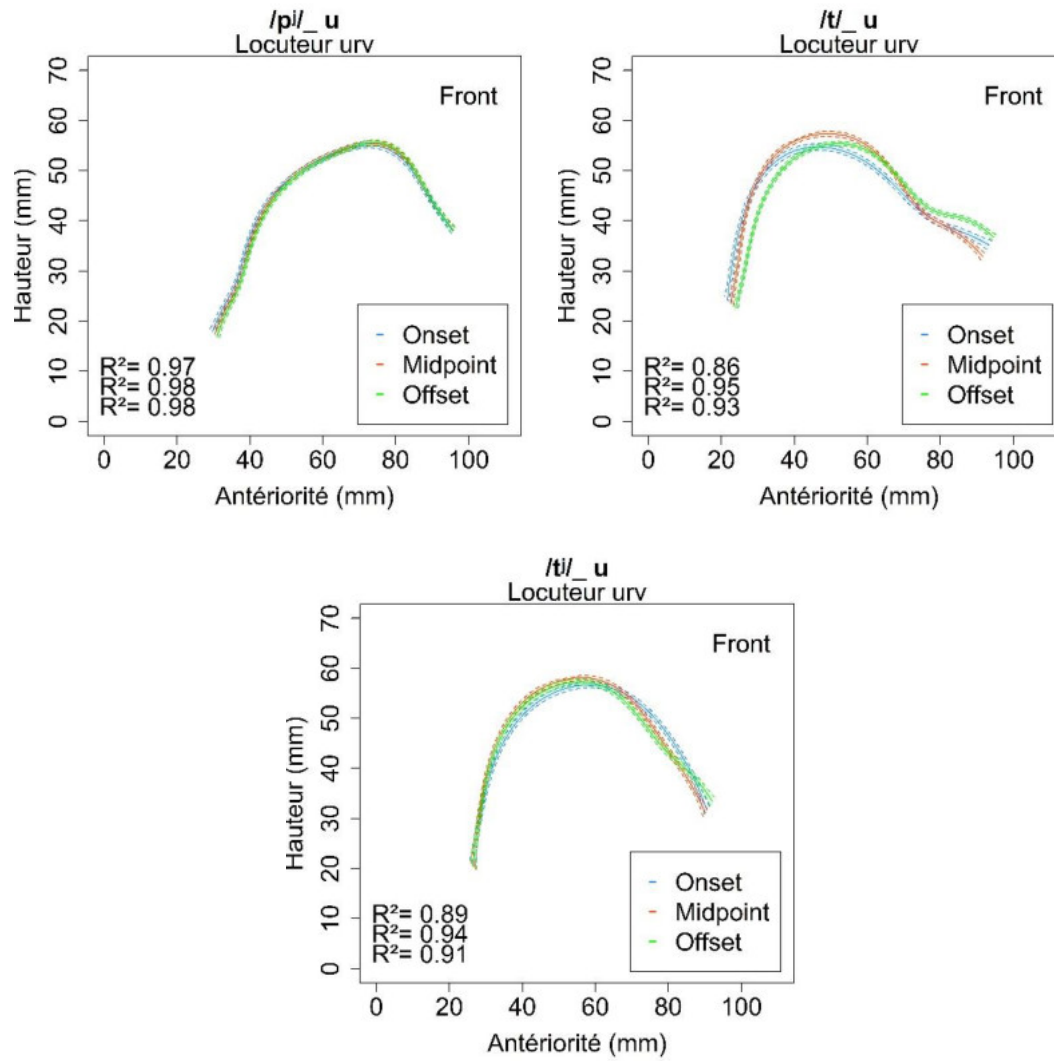


Locuteur URV





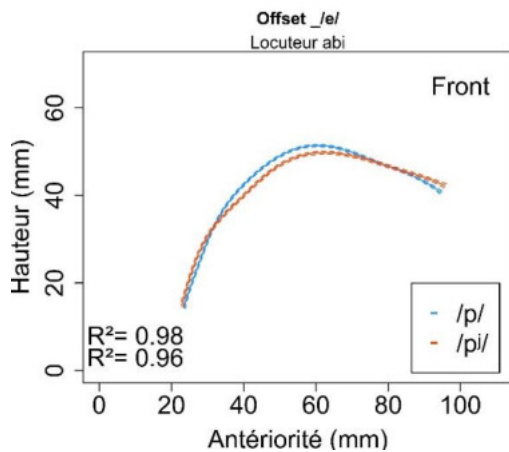
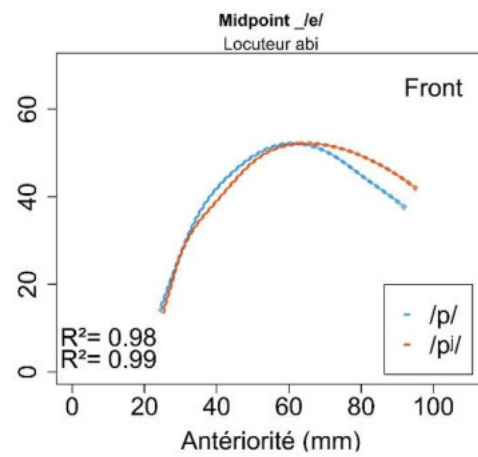
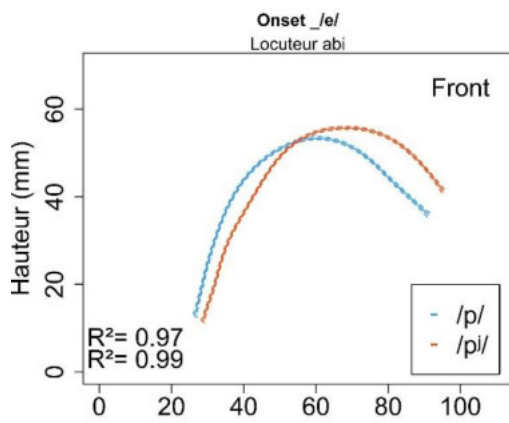
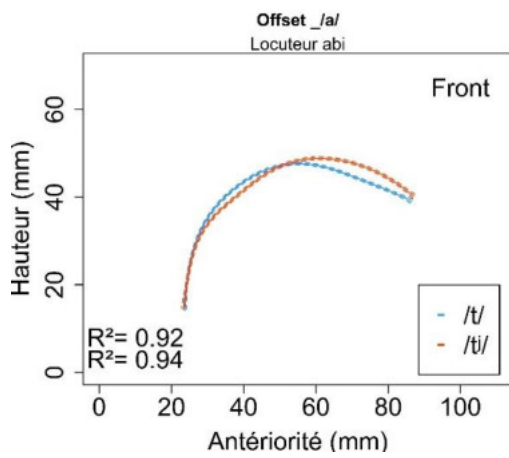
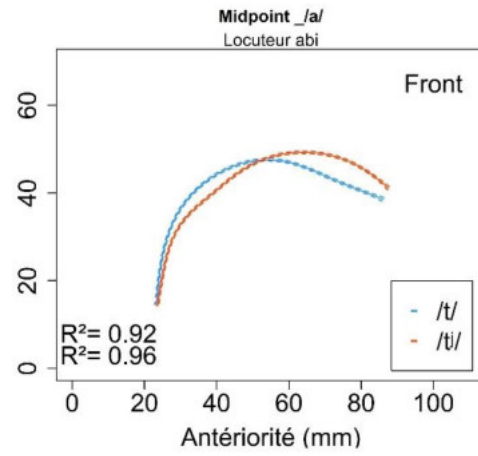
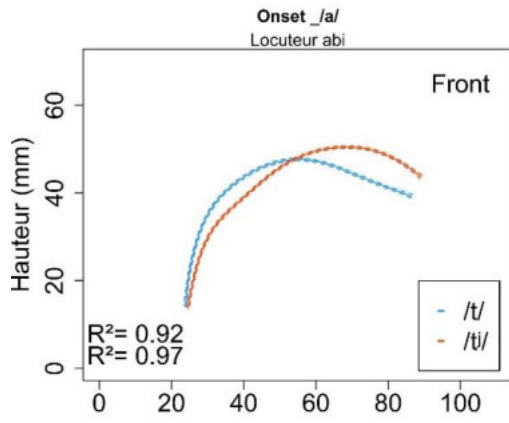


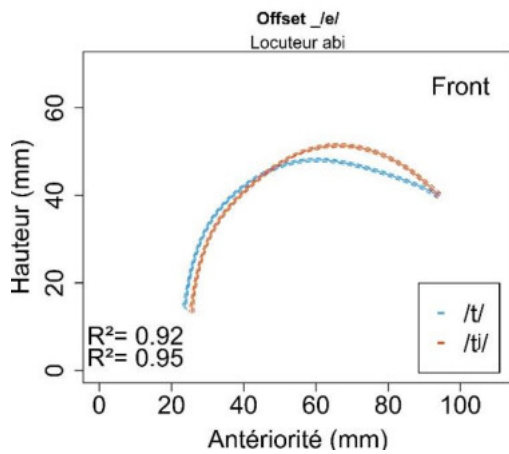
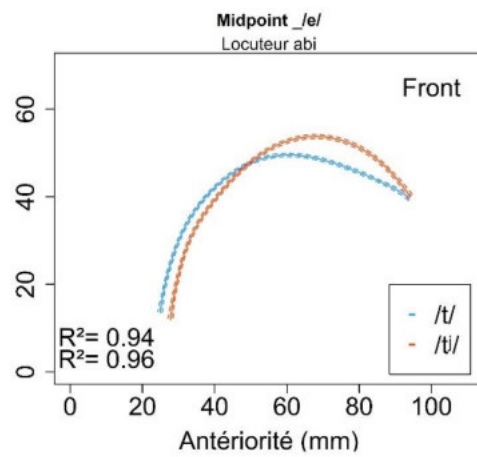
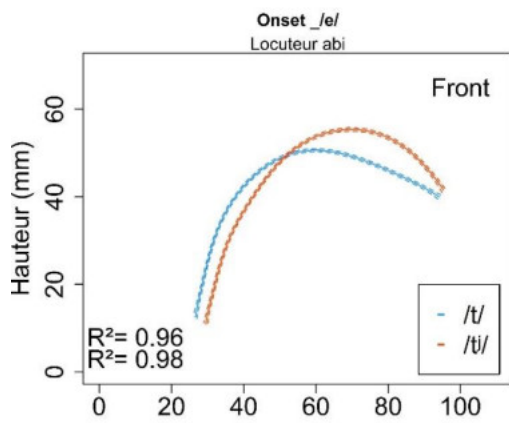
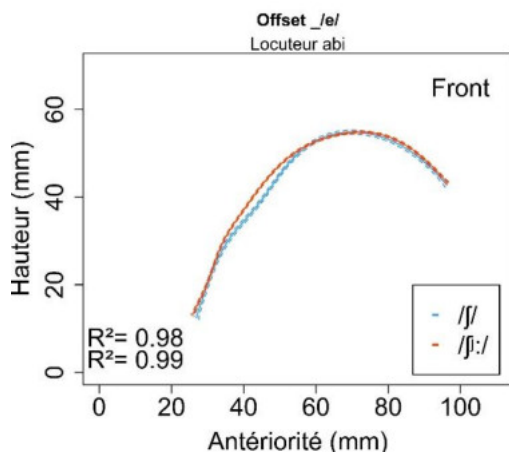
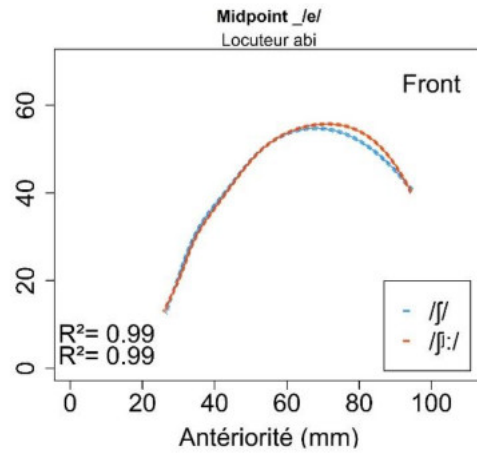
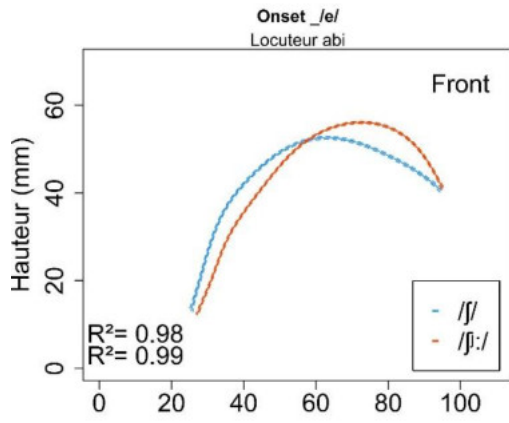


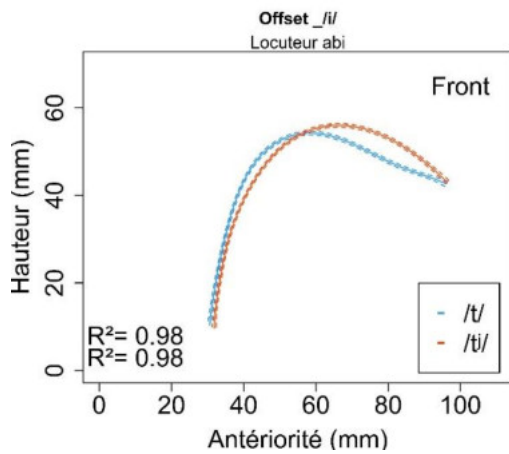
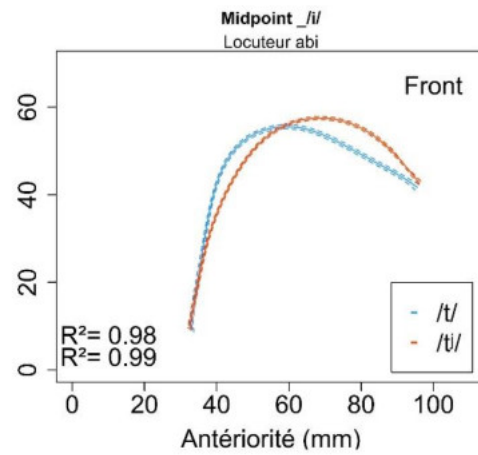
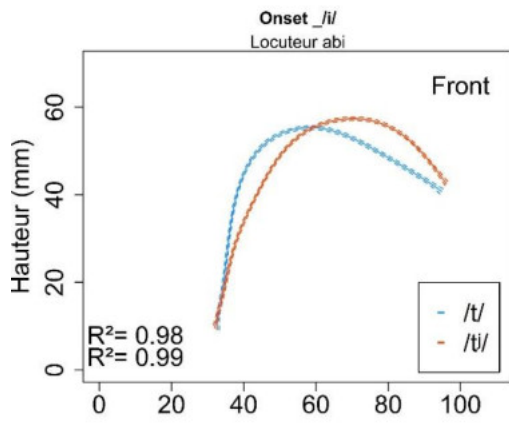
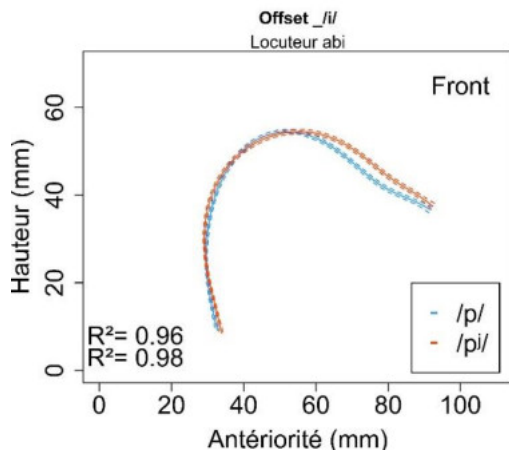
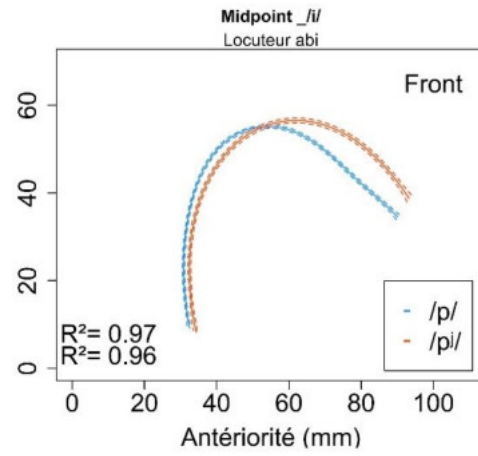
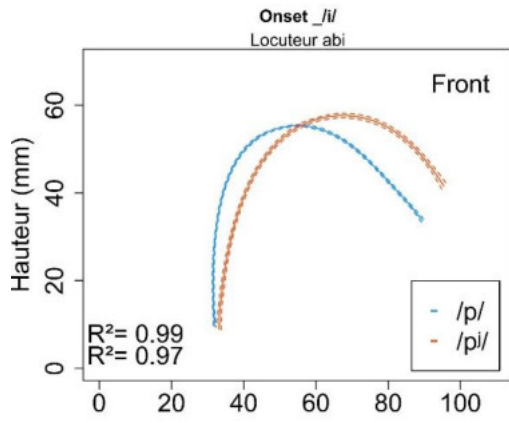
Annexe 24

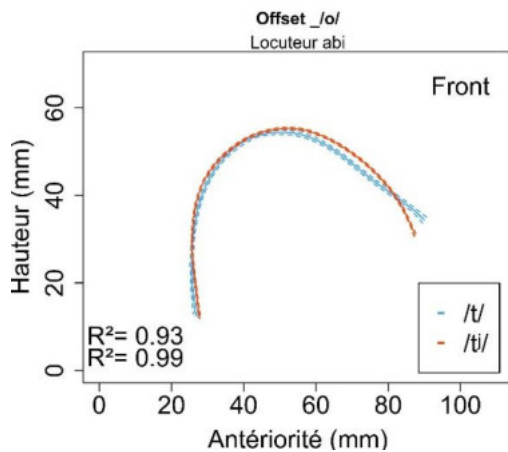
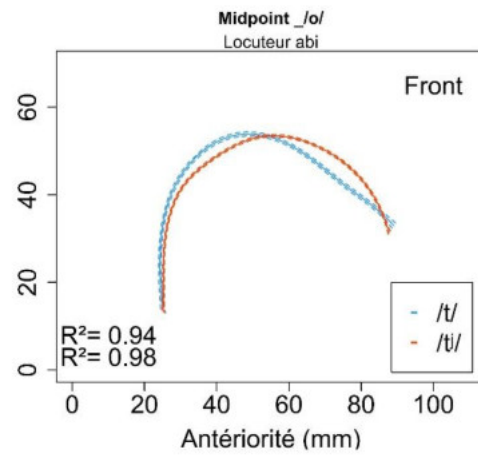
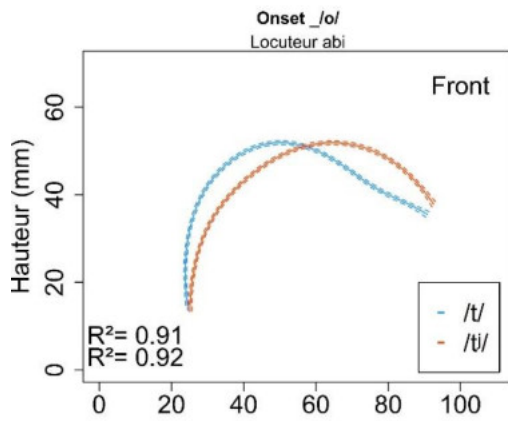
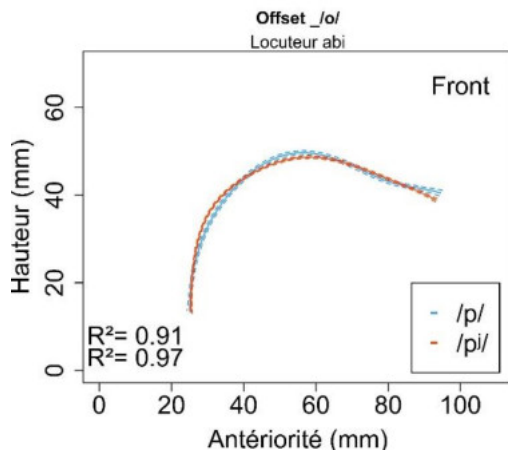
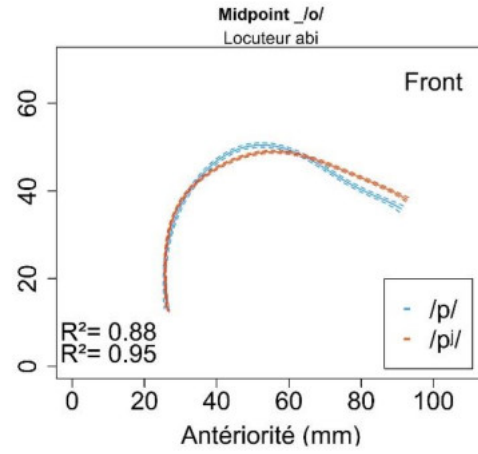
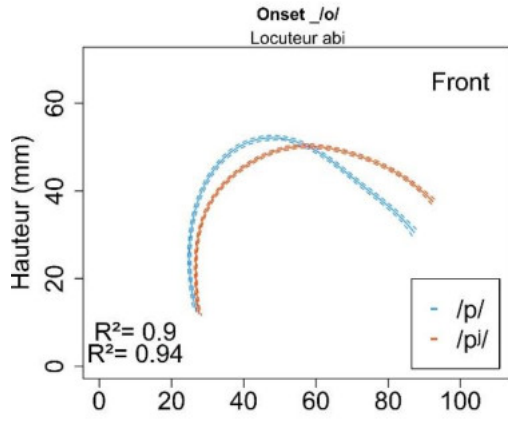
Superpositions des contours linguaux obtenus par SSANOVA à partir des contours tracés manuellement des consonnes palatalisée vs non palatalisée réalisées dans un contexte vocalique similaire en fonction des 3 instants onset, midpoint et offset

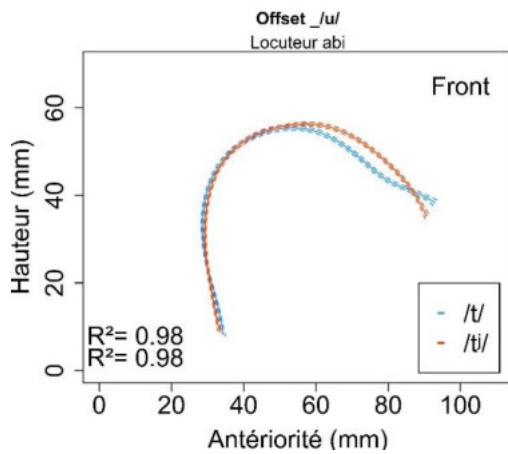
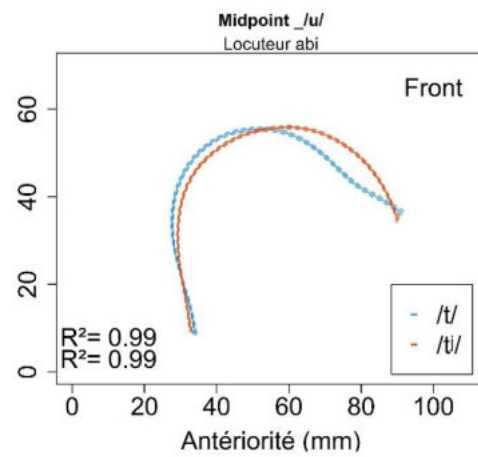
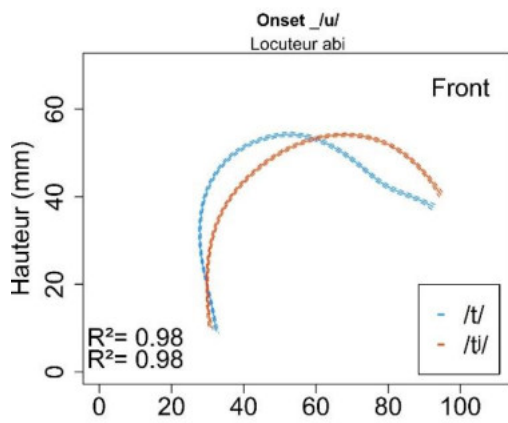
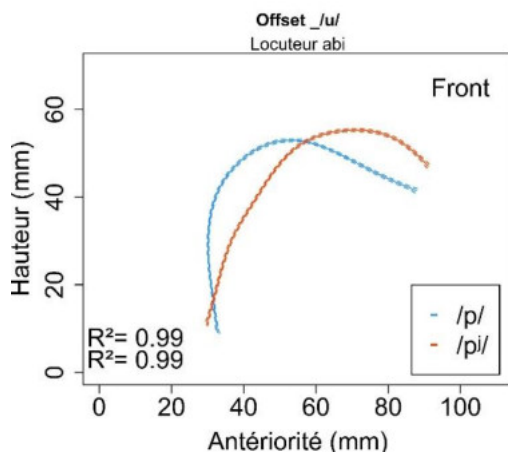
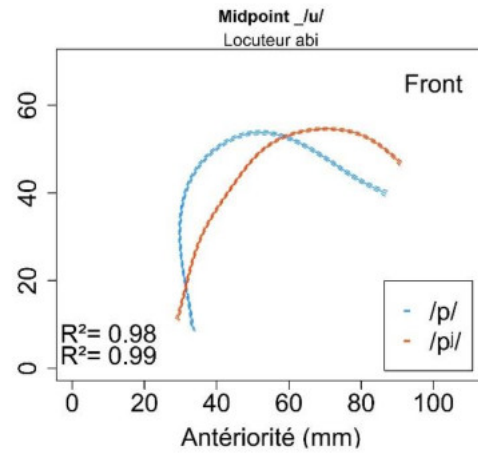
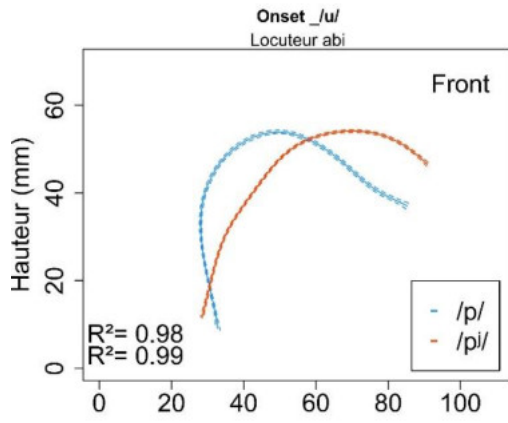
Les pages suivantes présentent l'ensemble des graphiques par locuteur.

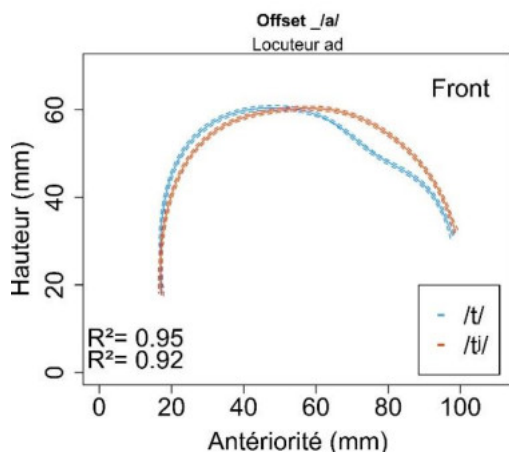
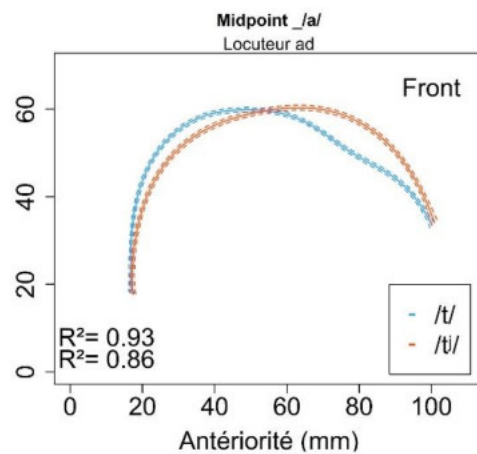
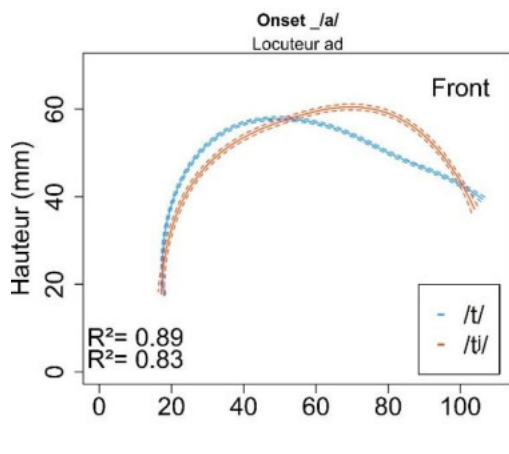
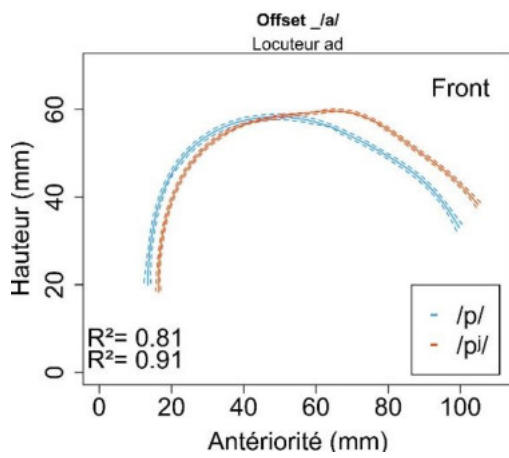
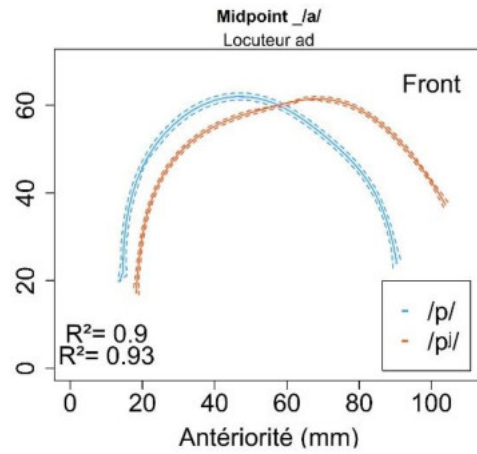
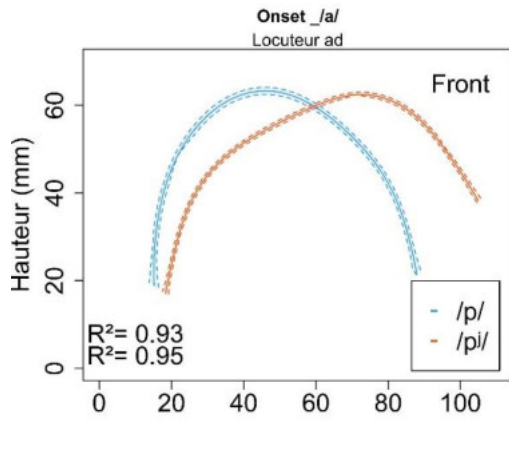


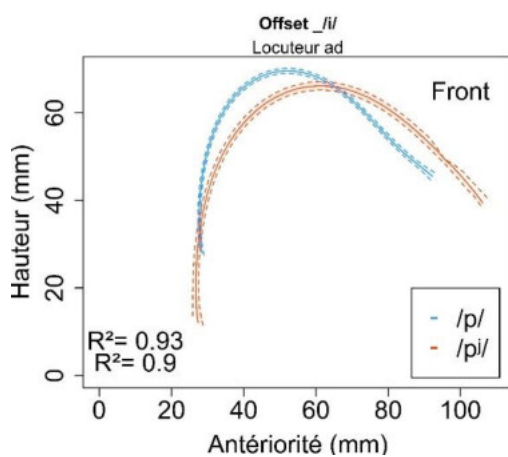
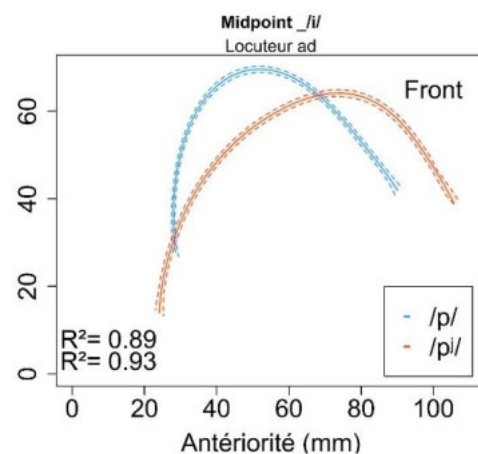
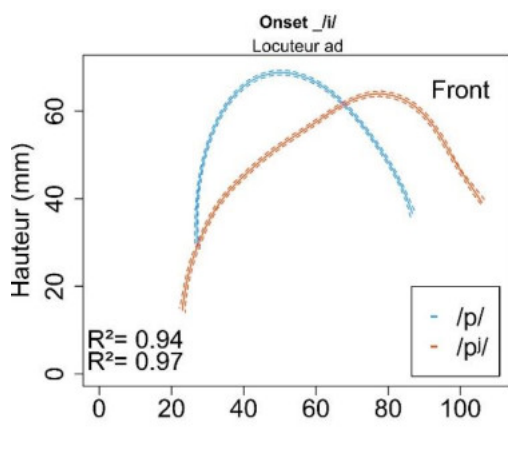
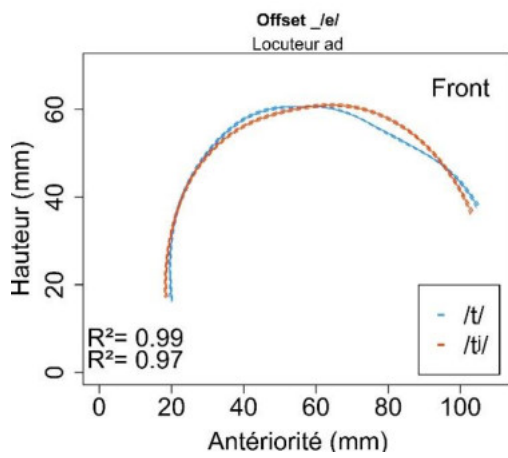
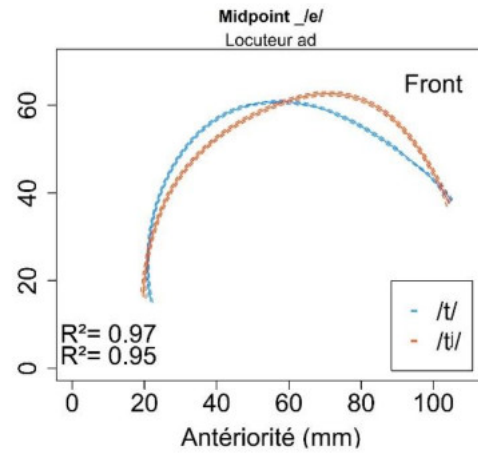
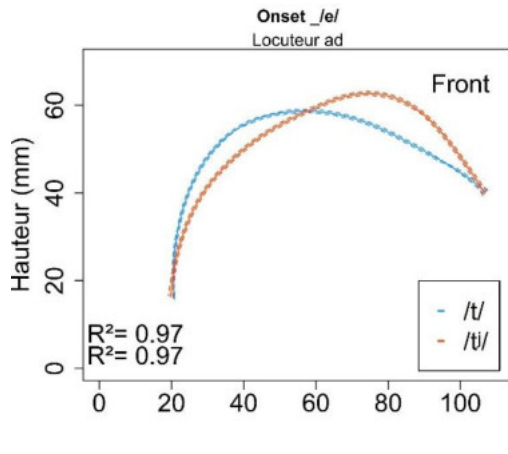


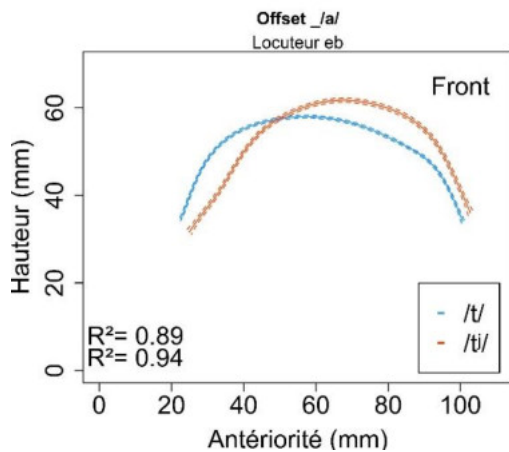
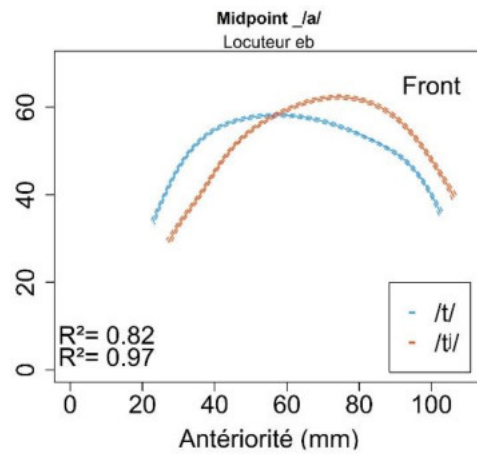
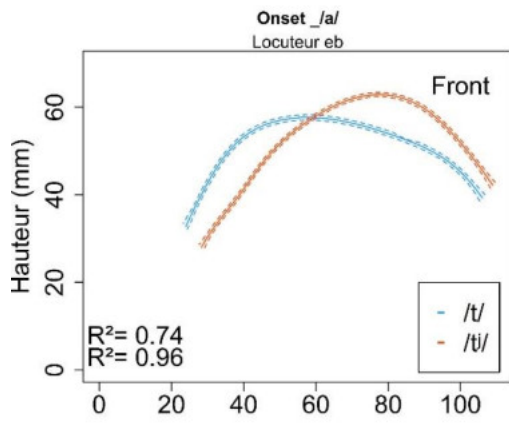
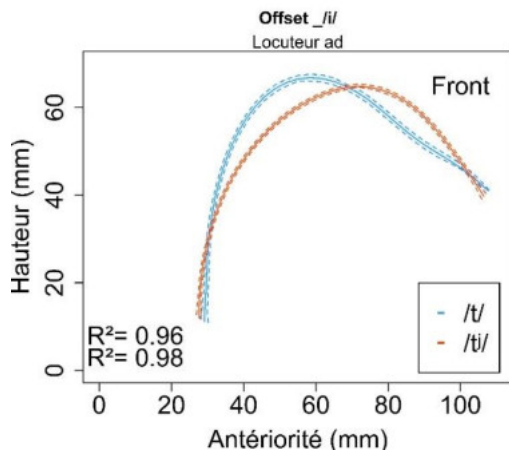
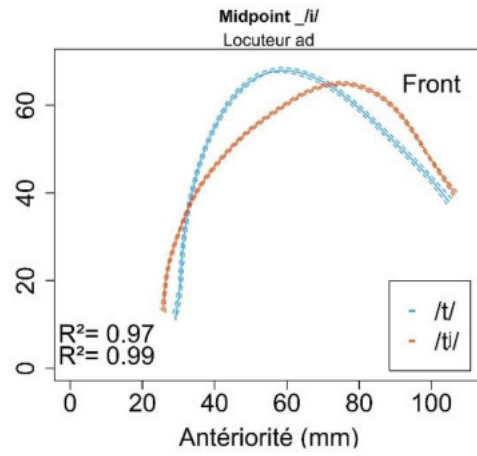
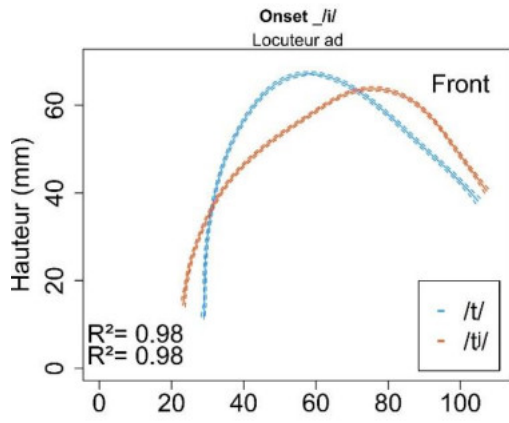


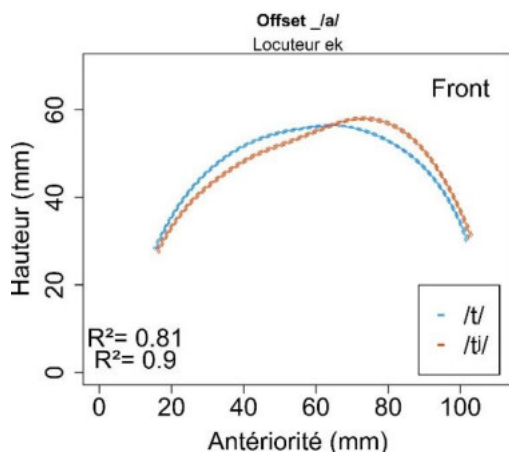
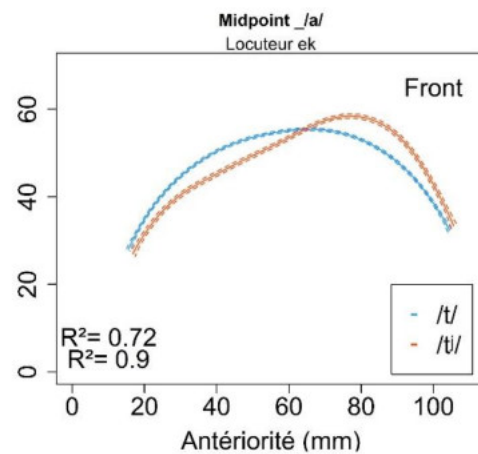
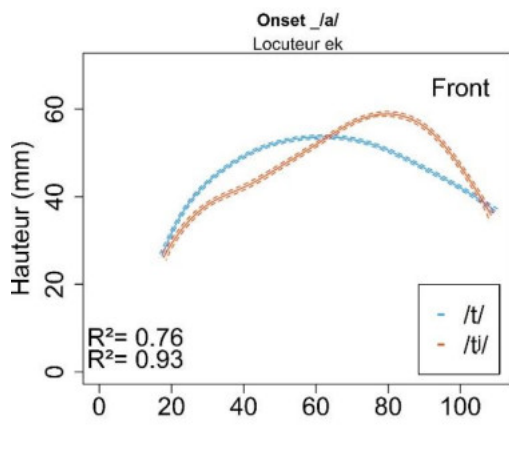
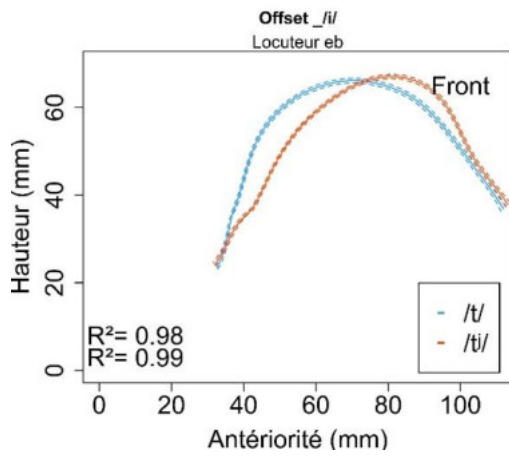
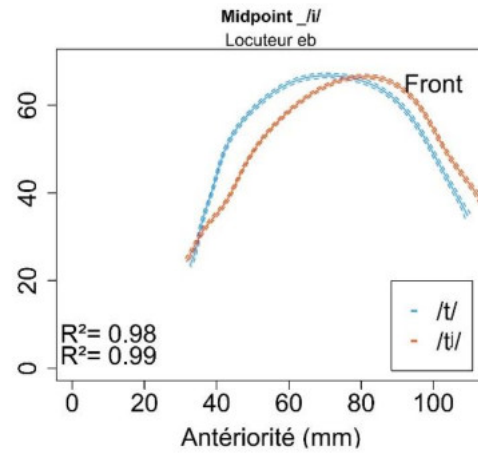
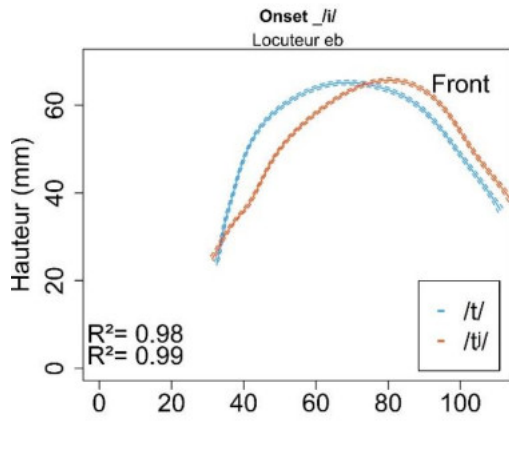


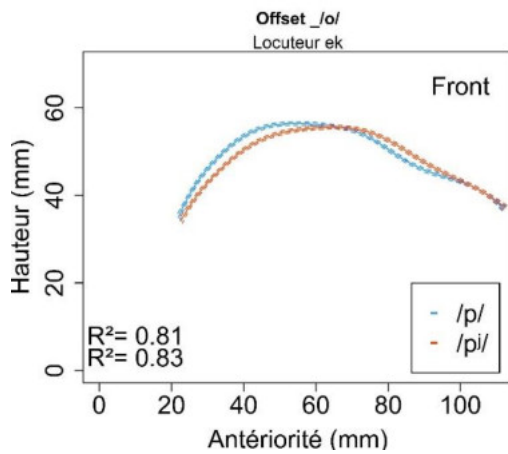
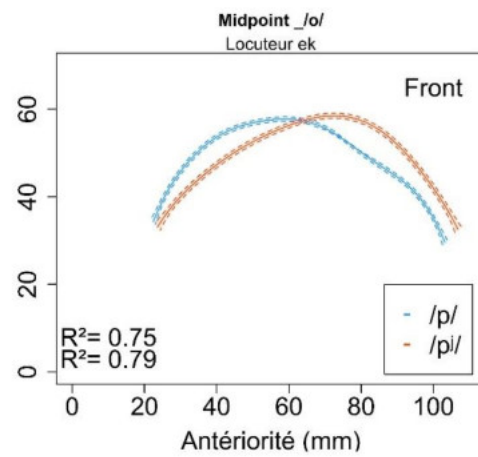
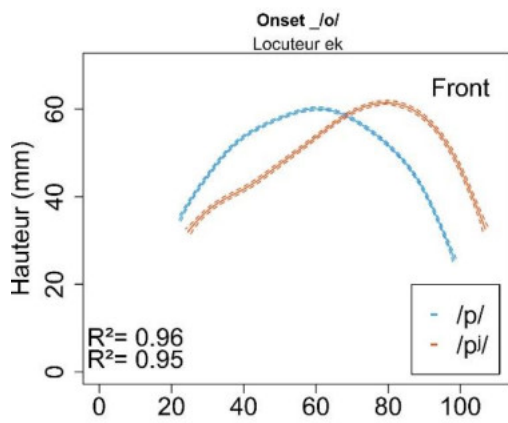
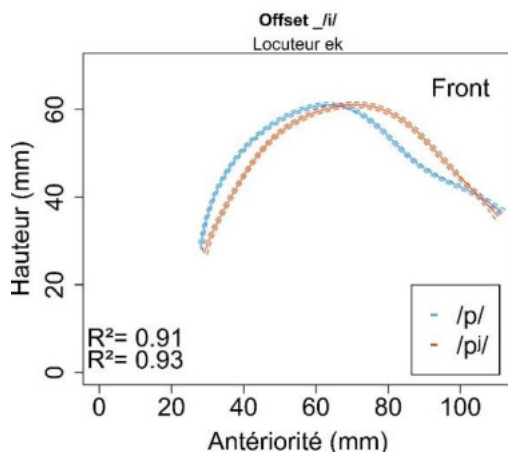
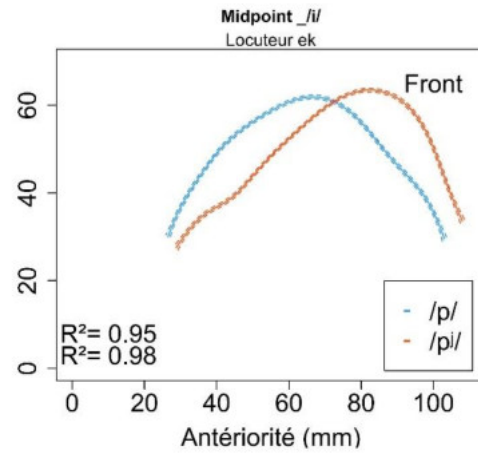
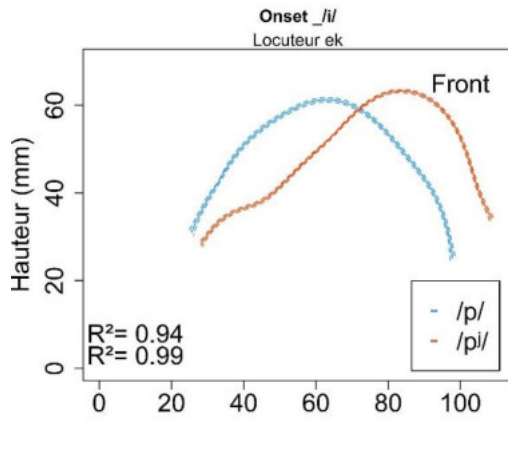


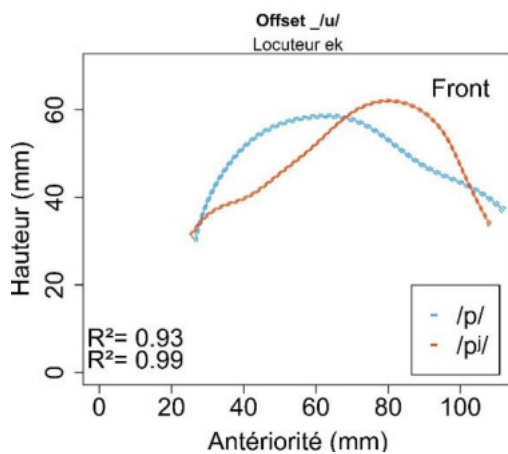
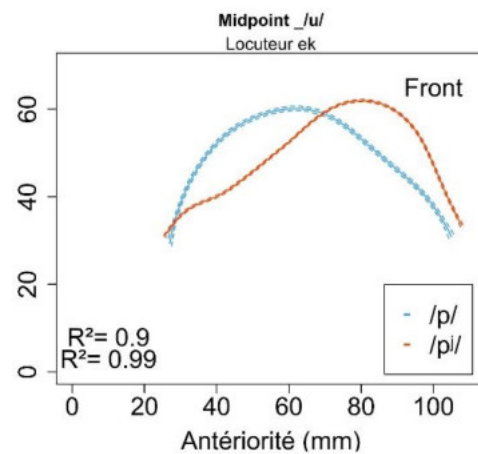
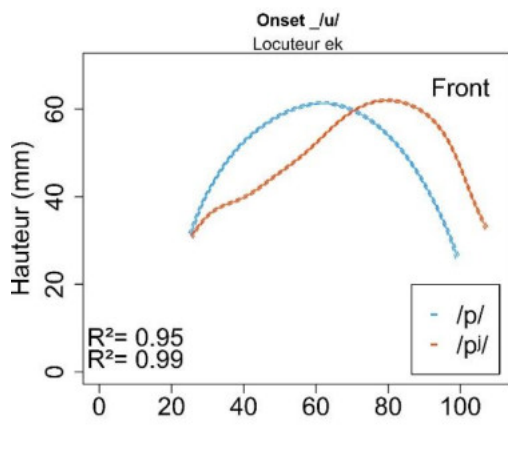
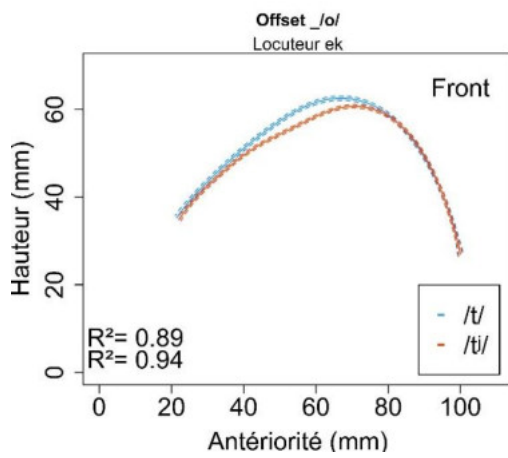
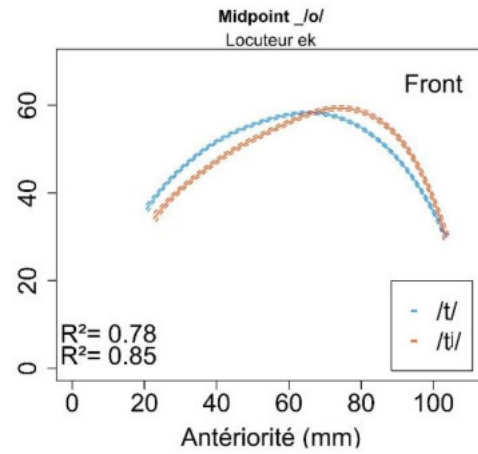
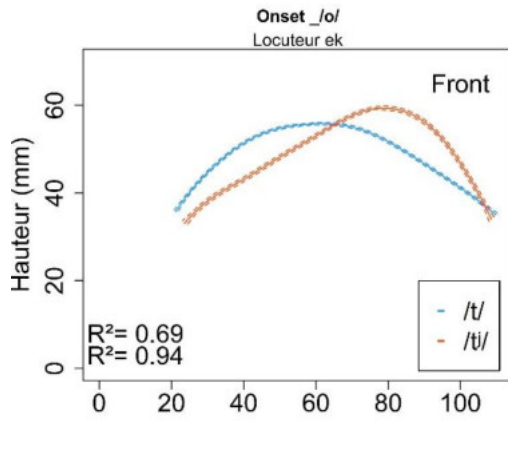


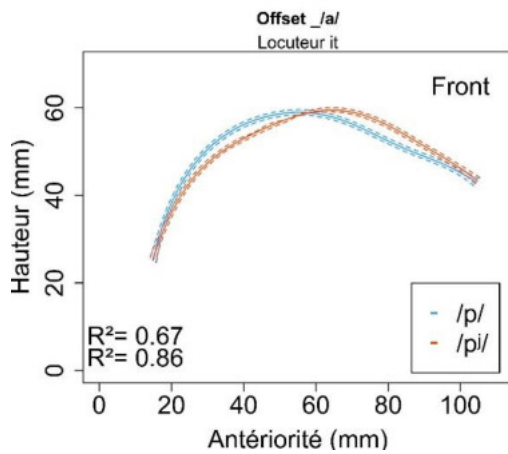
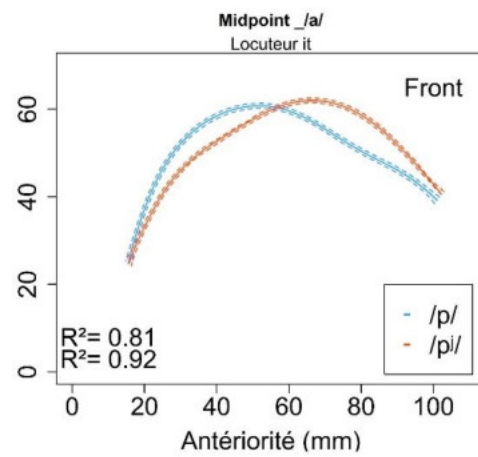
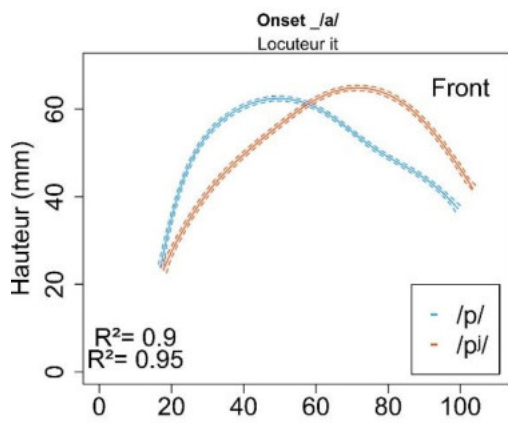
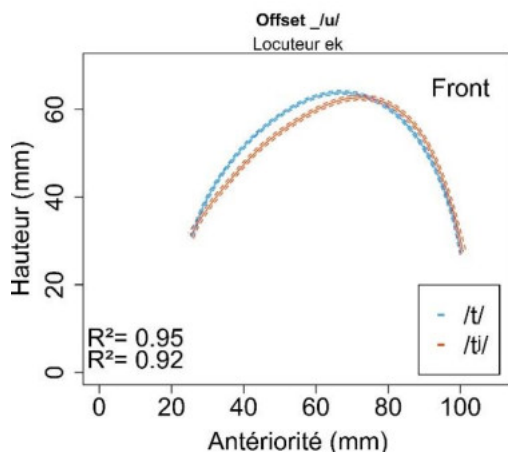
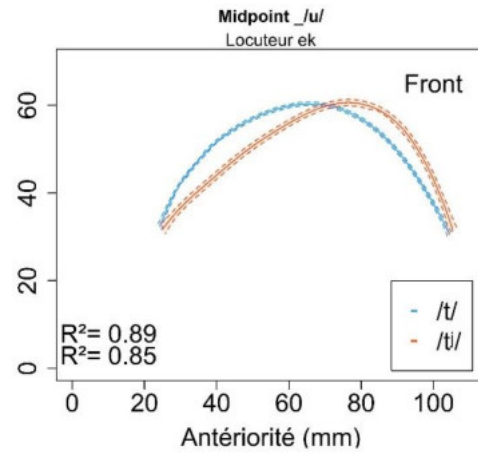
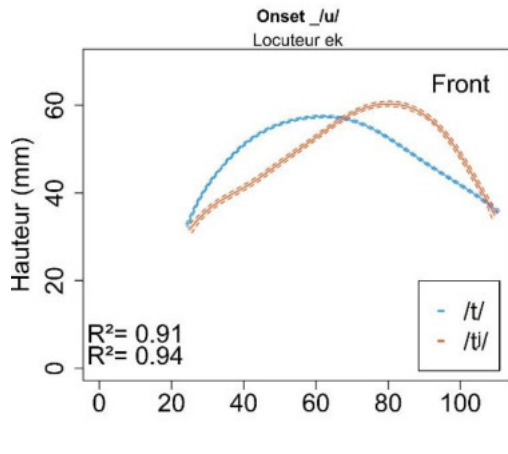


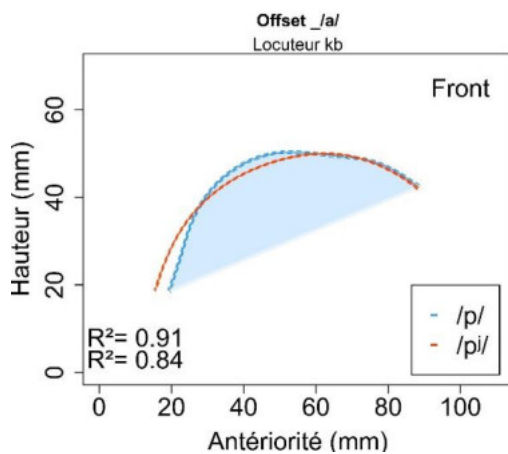
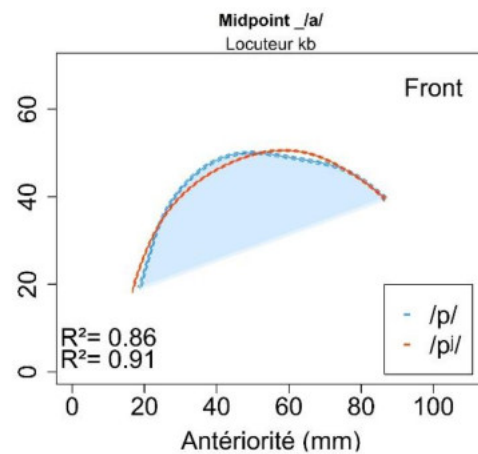
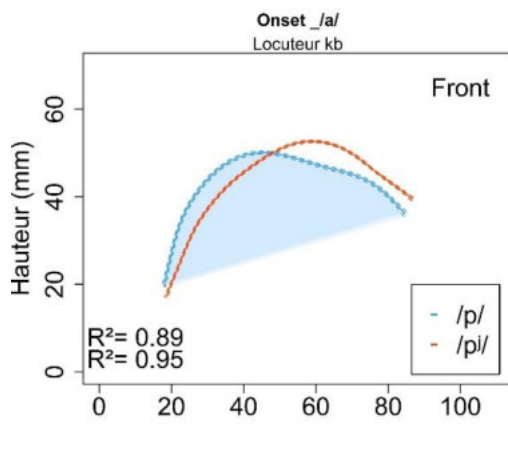
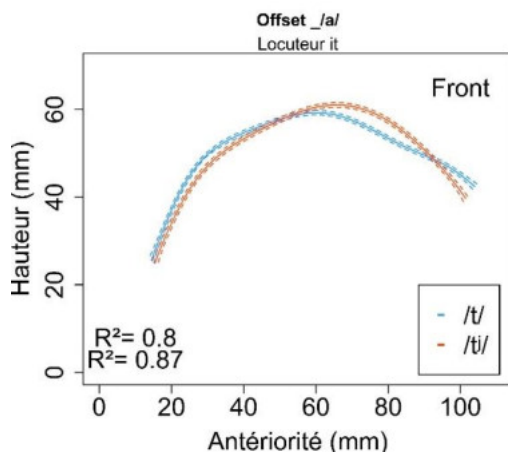
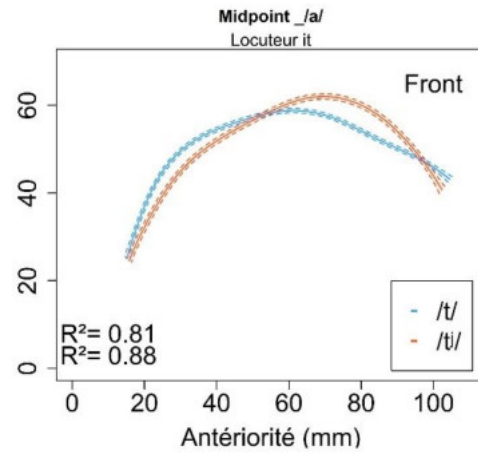
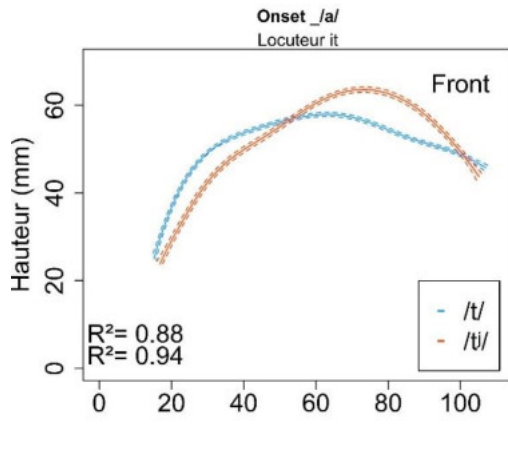


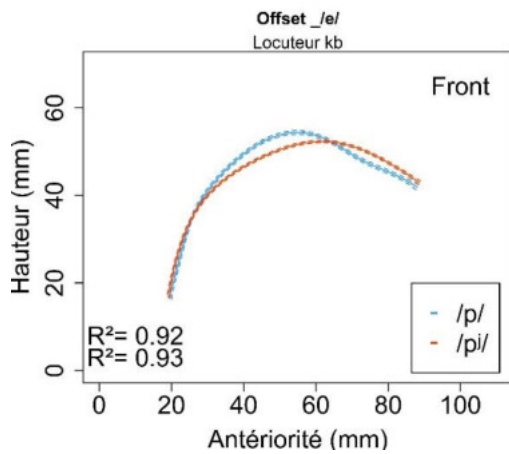
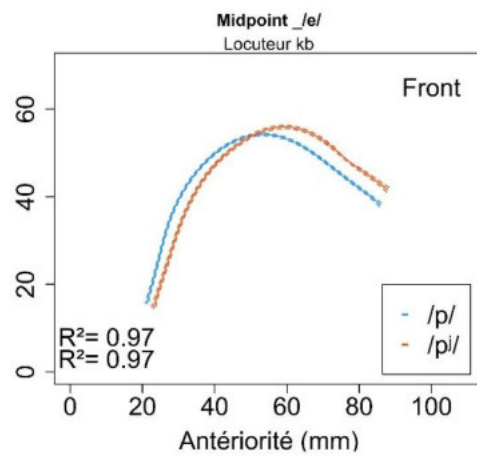
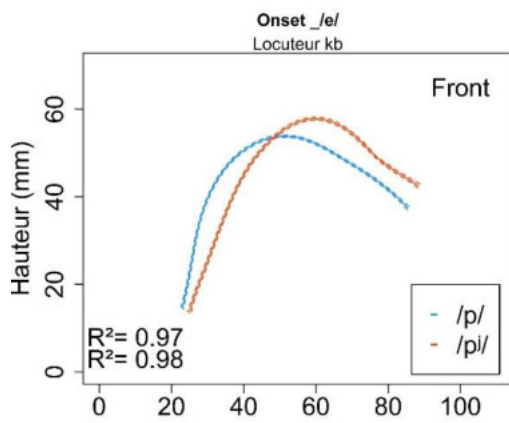
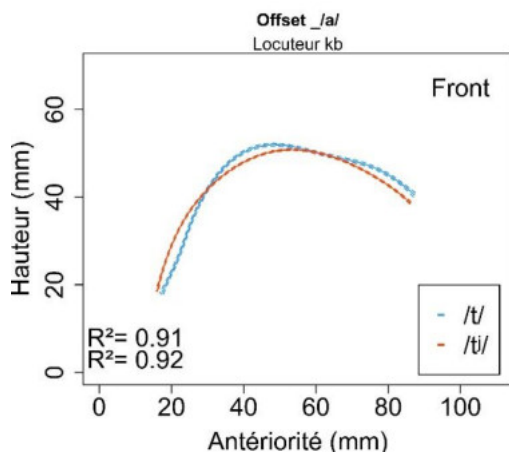
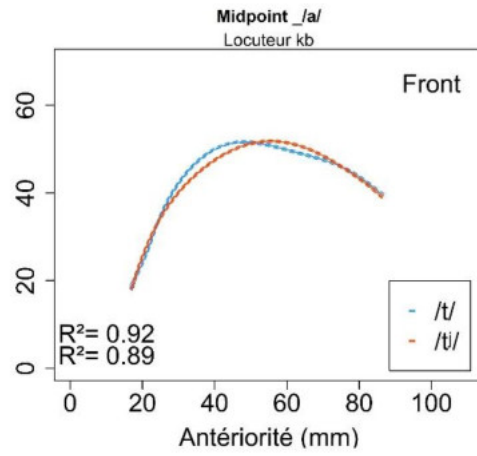
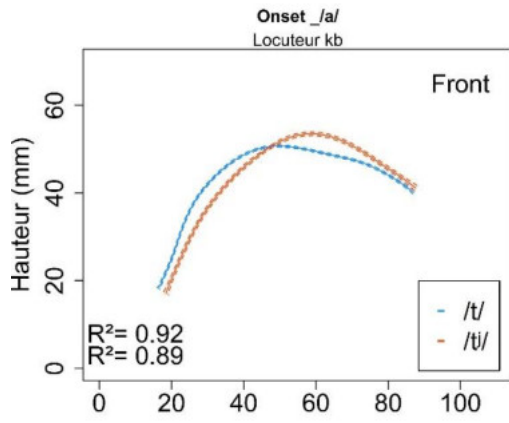


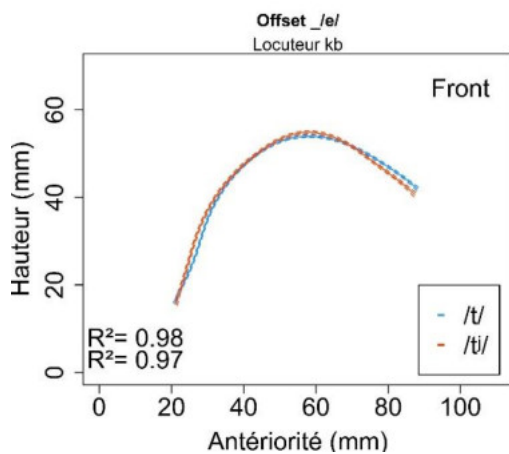
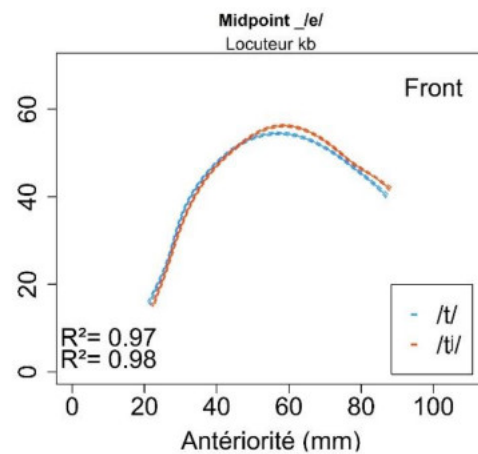
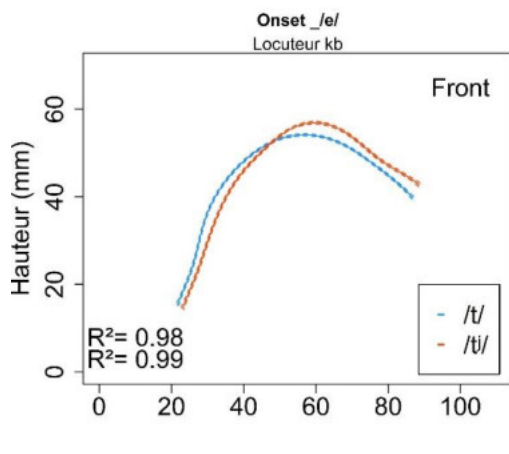
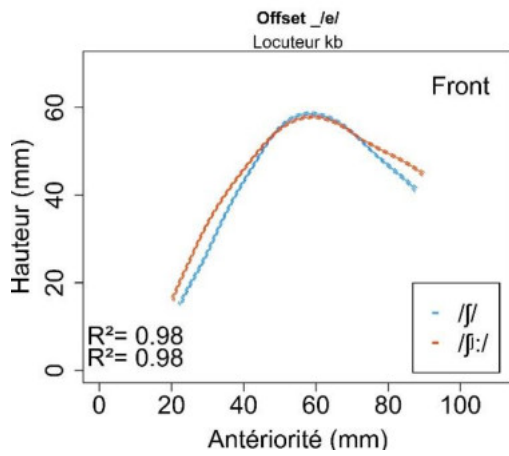
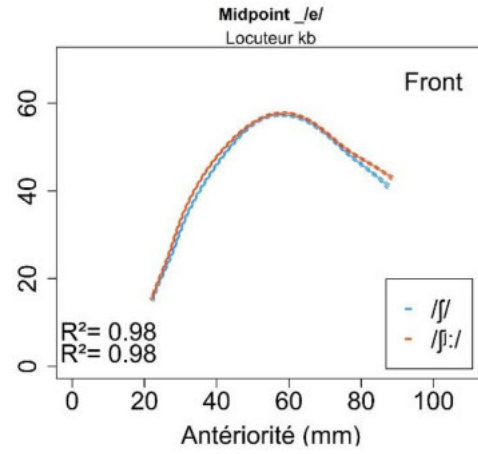
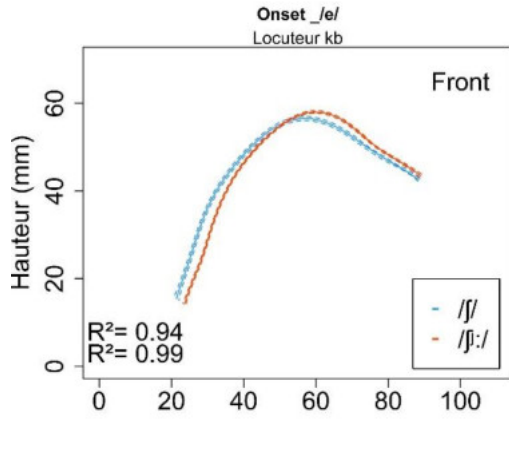


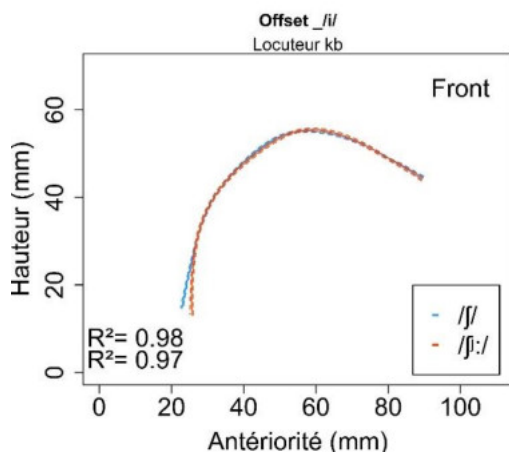
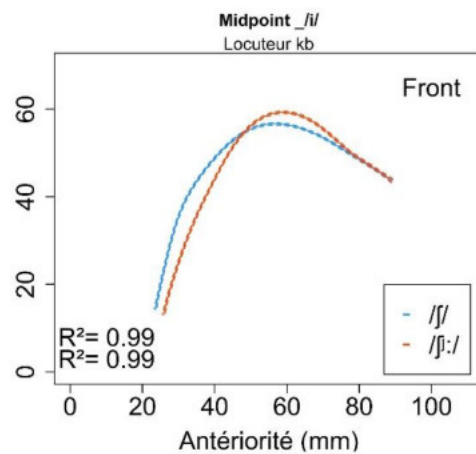
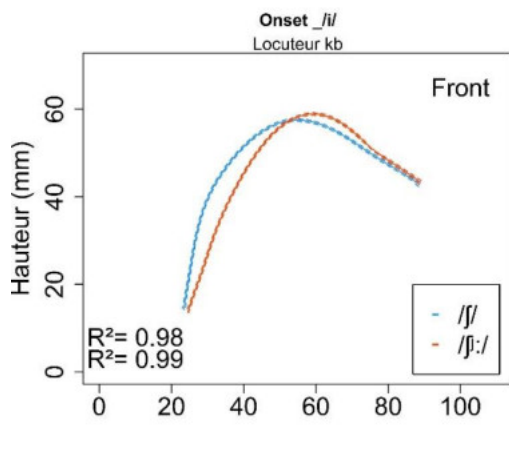
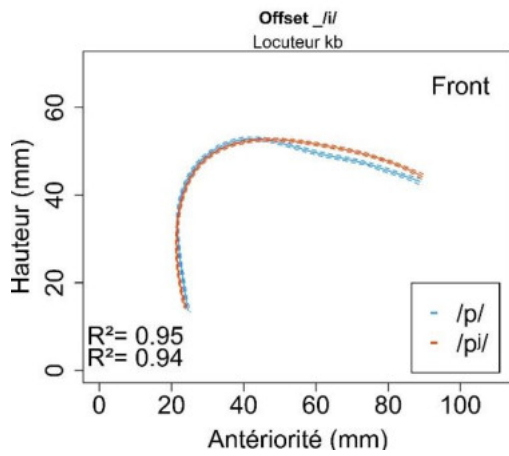
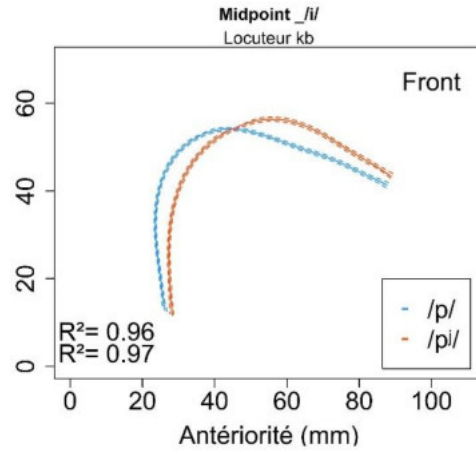
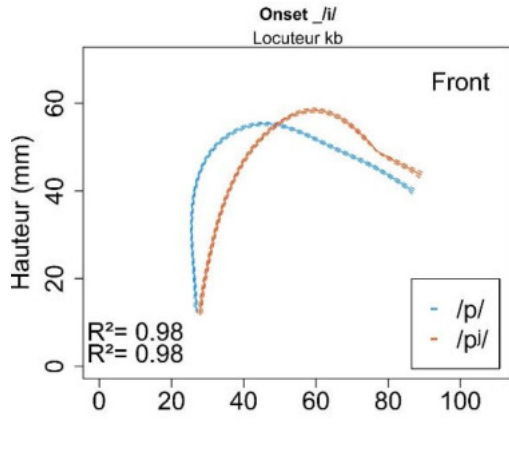


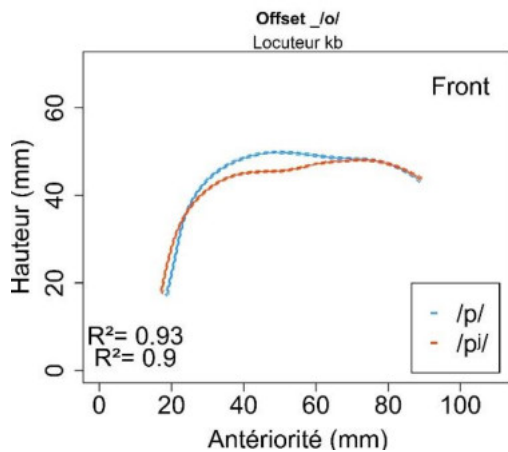
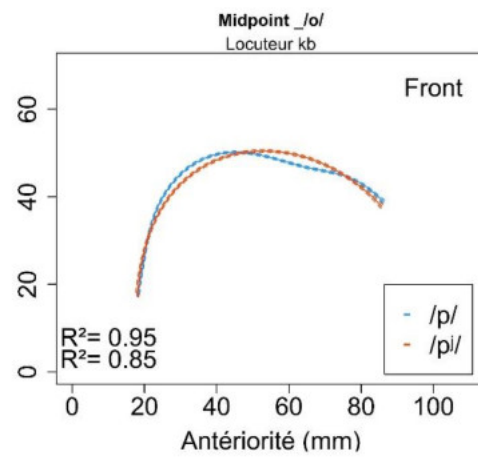
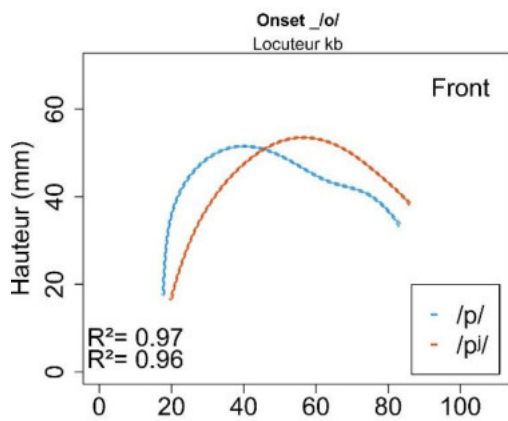
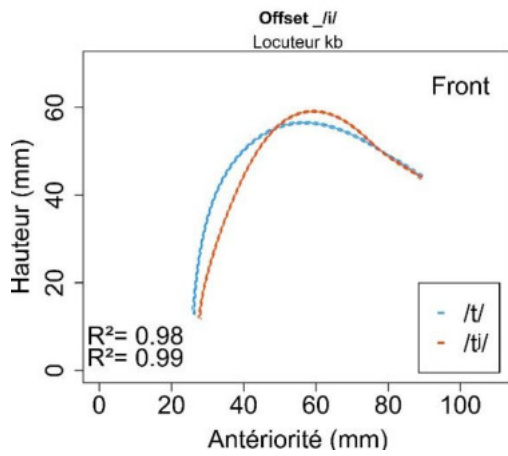
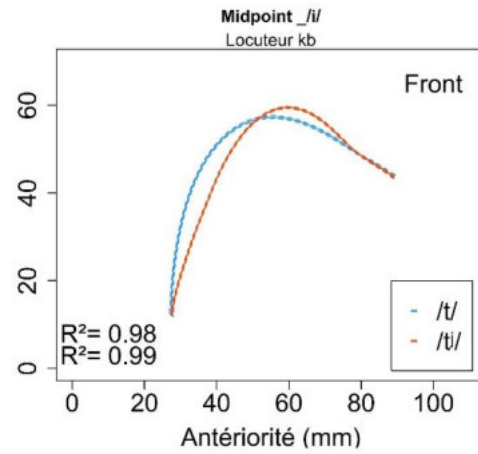
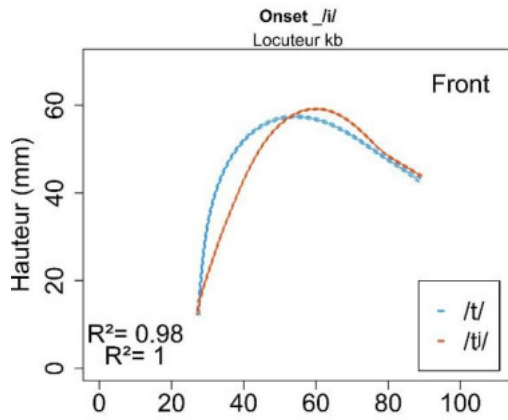


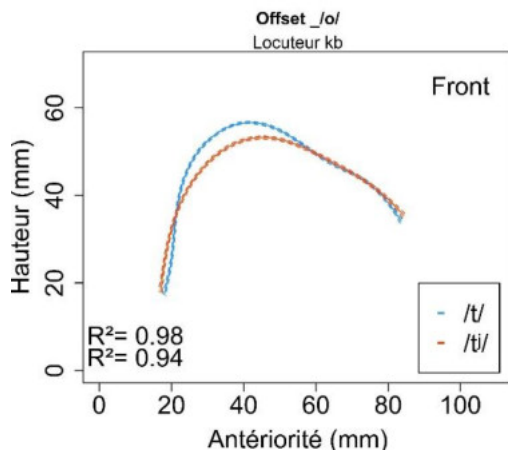
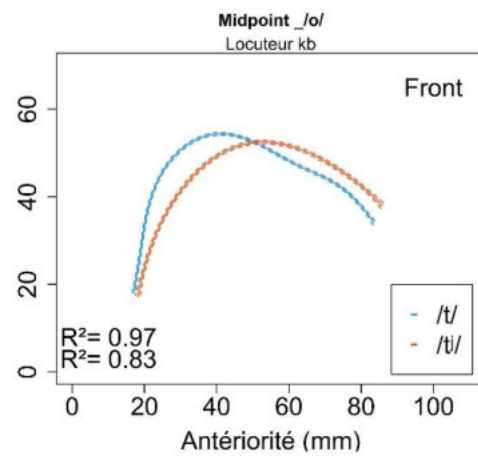
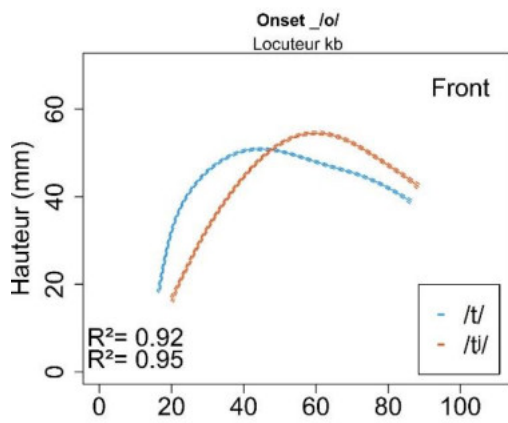
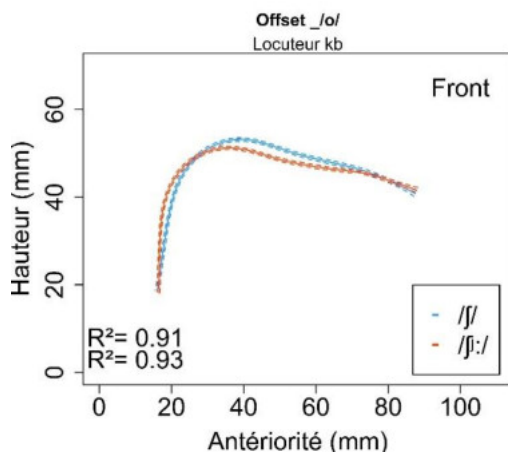
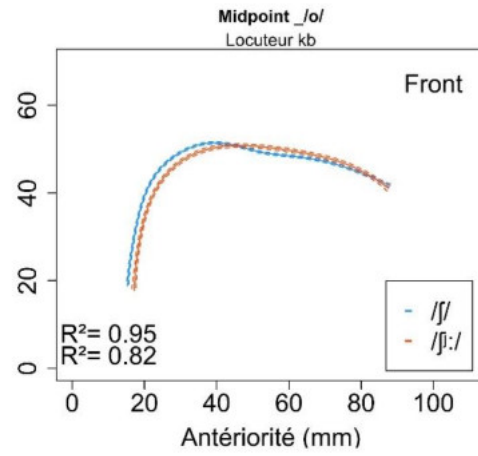
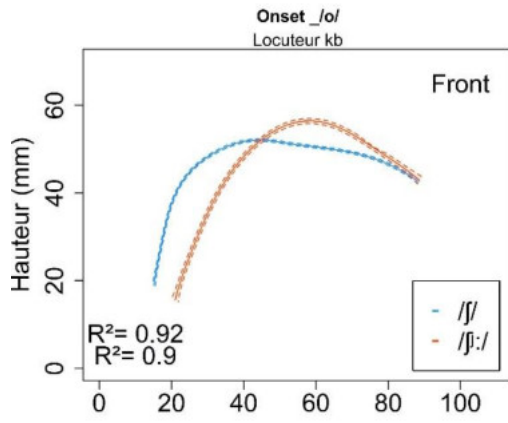


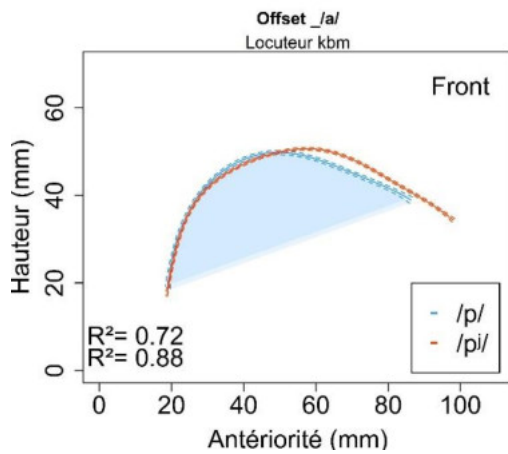
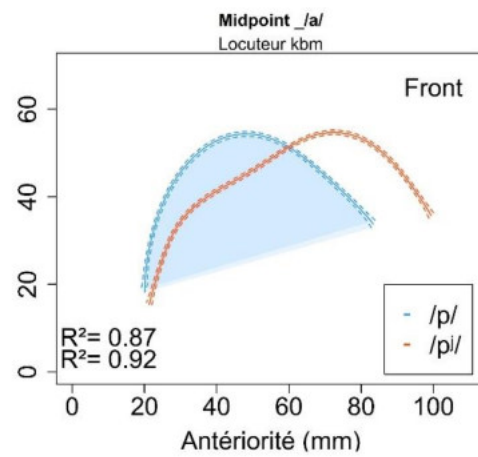
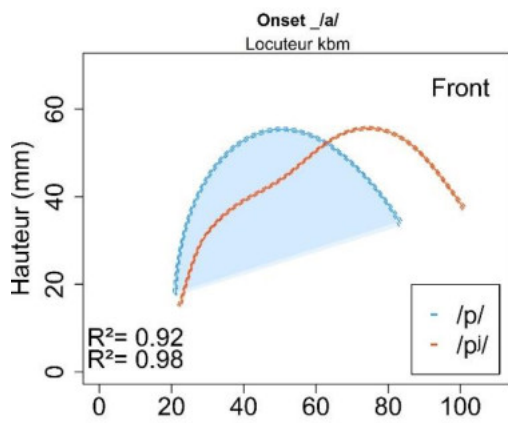
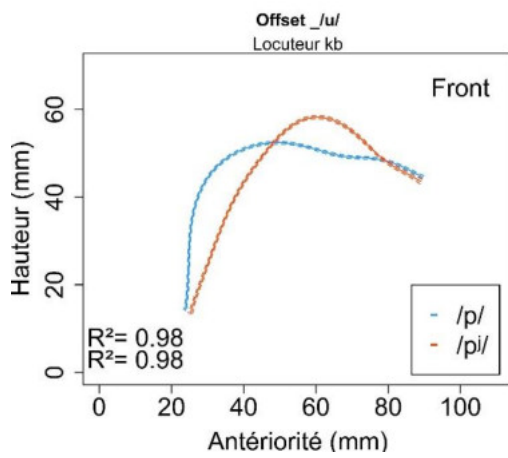
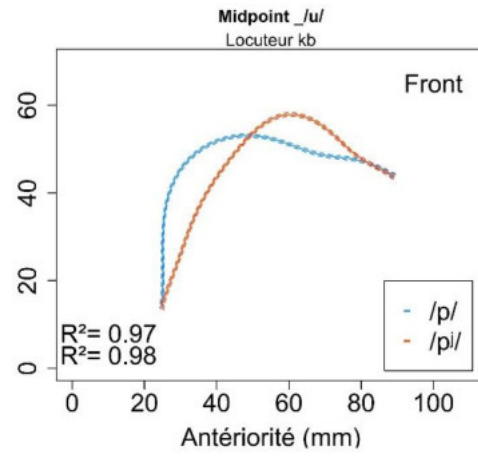
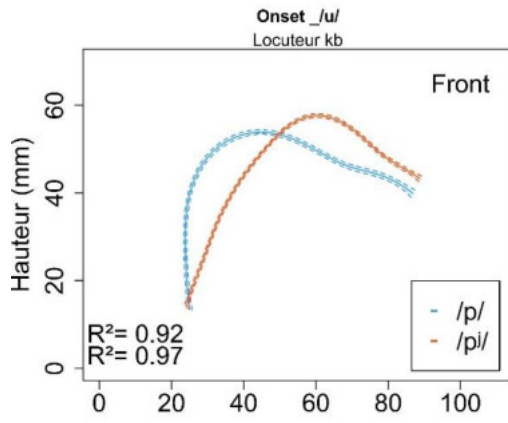


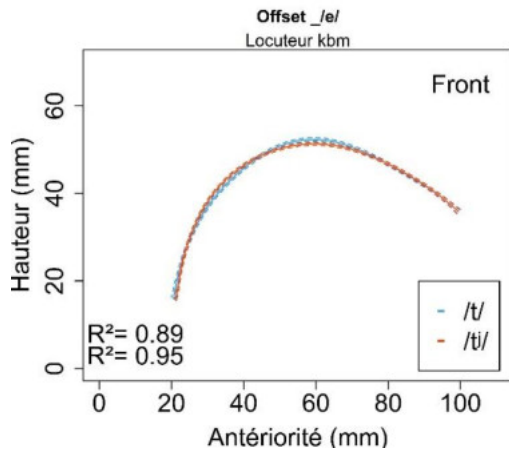
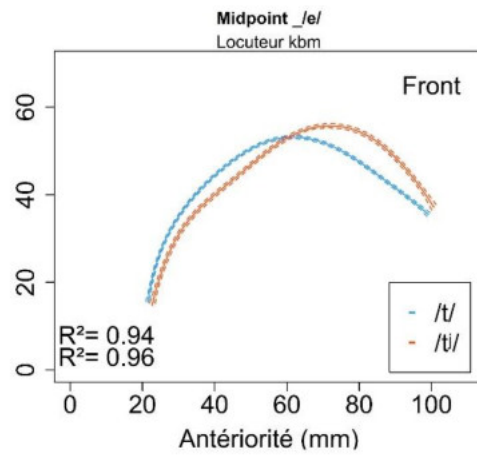
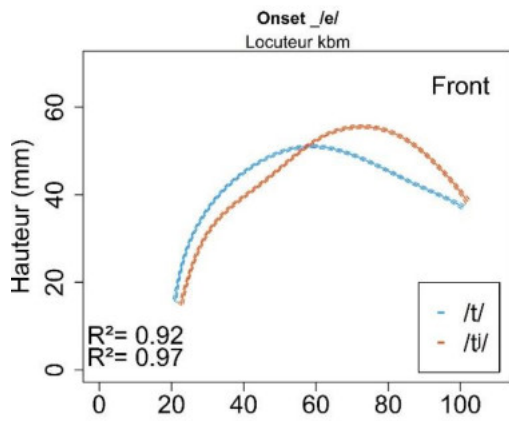
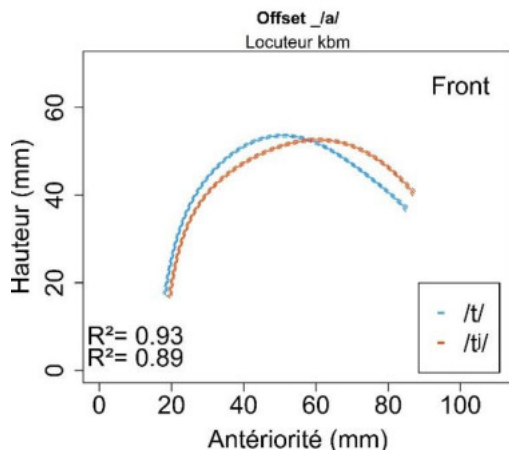
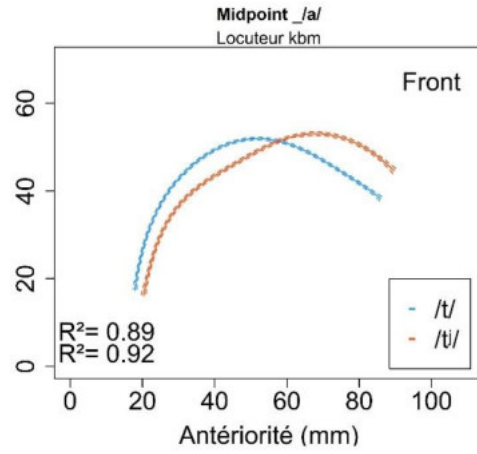
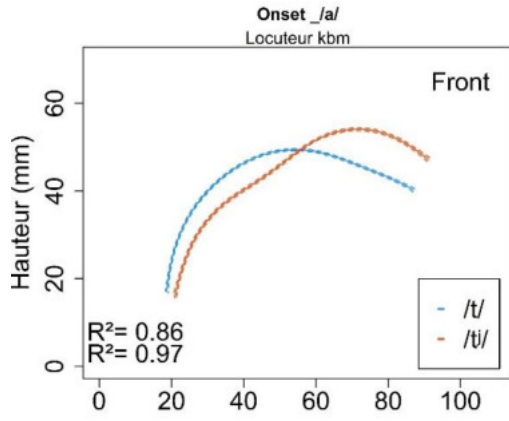


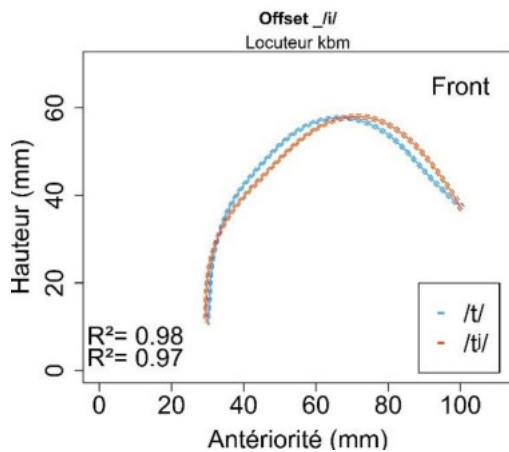
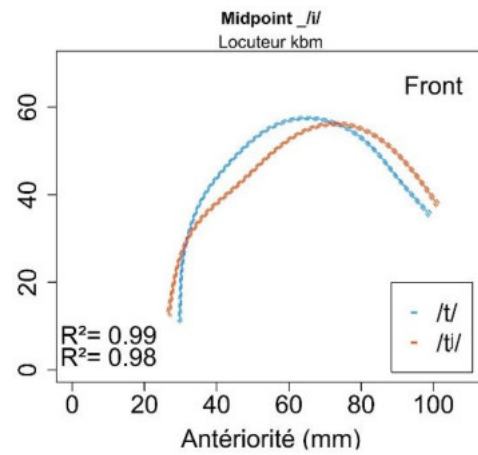
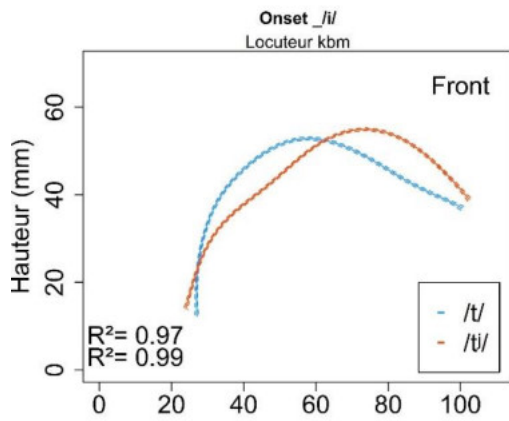
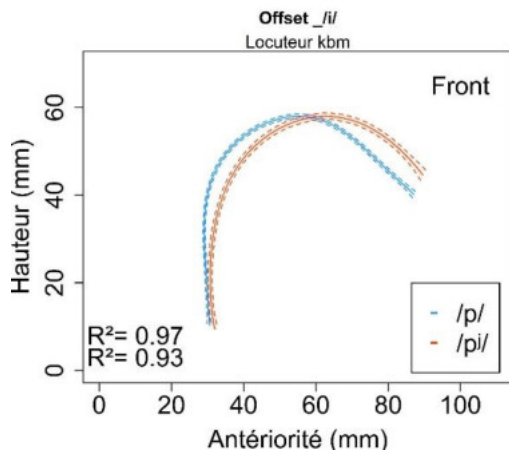
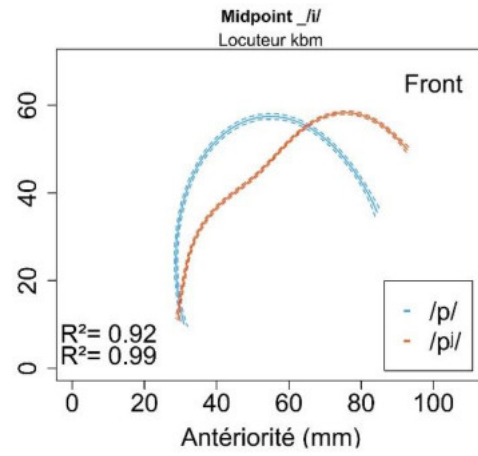
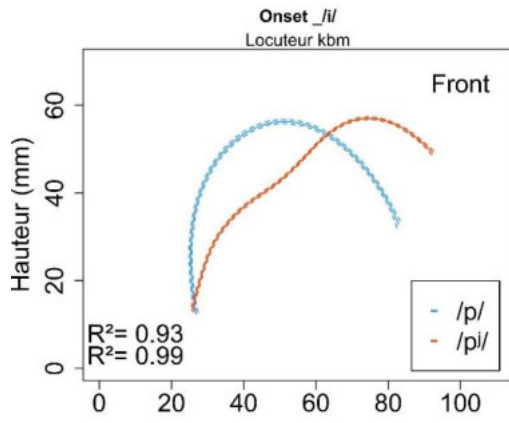


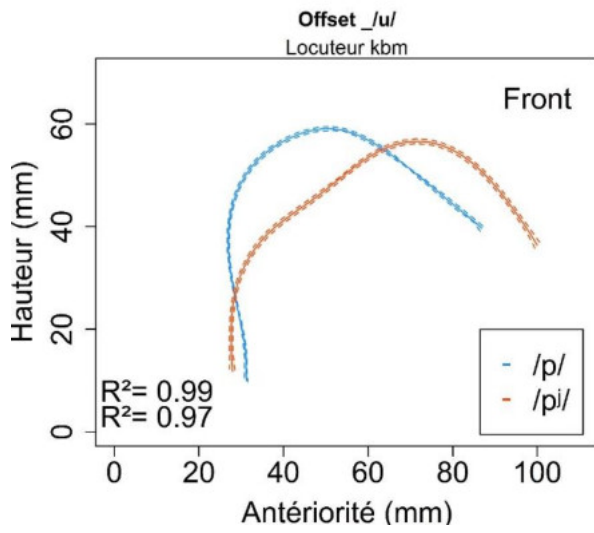
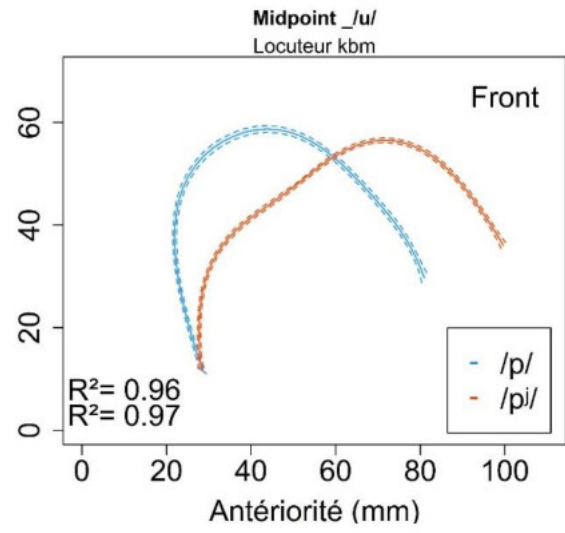
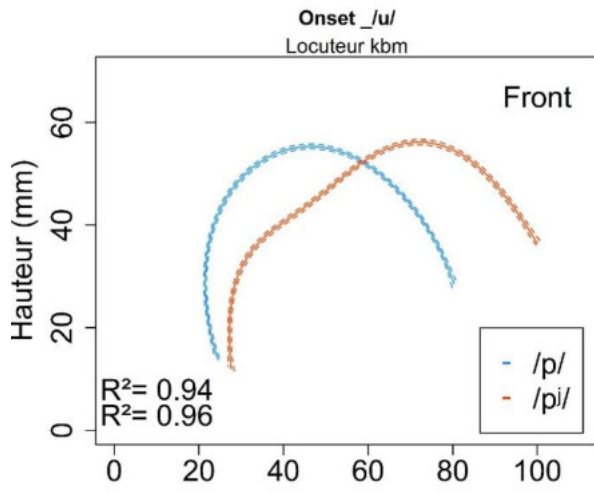


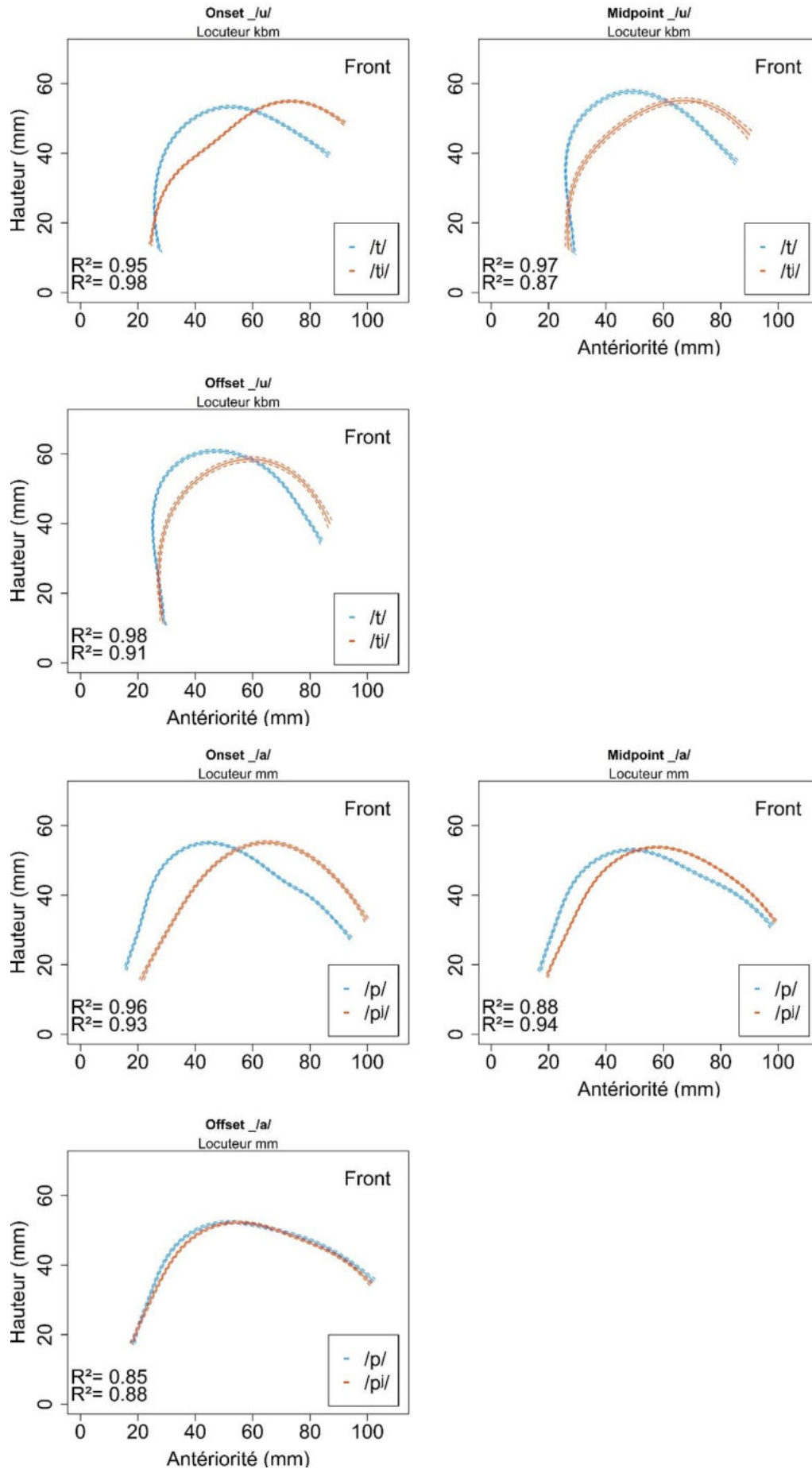


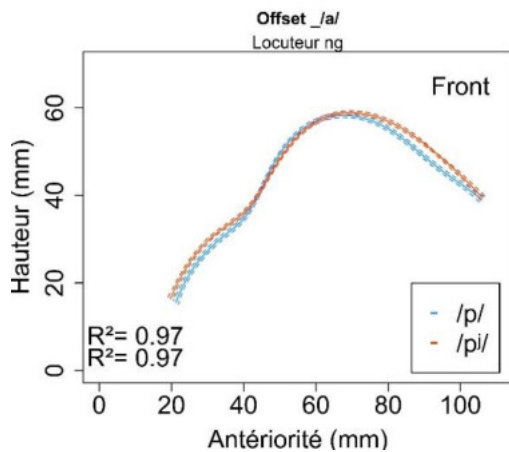
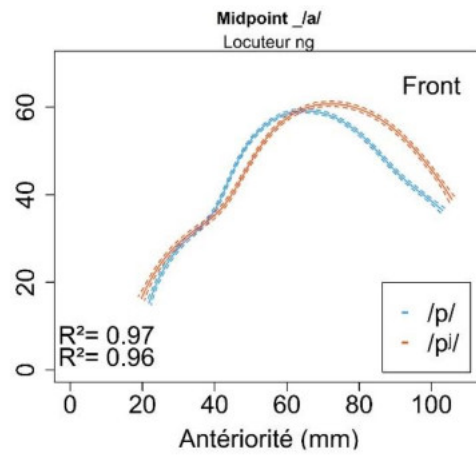
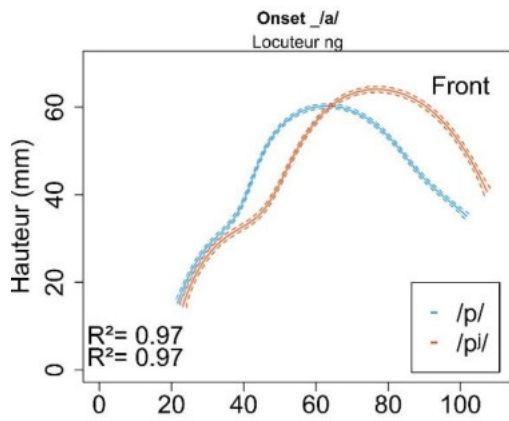
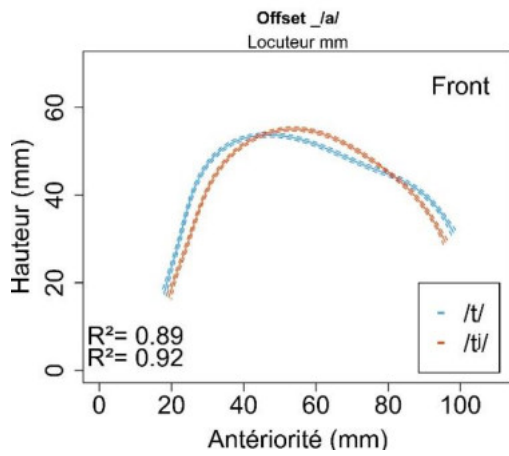
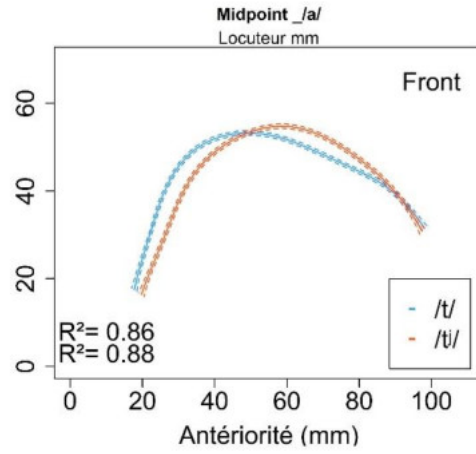
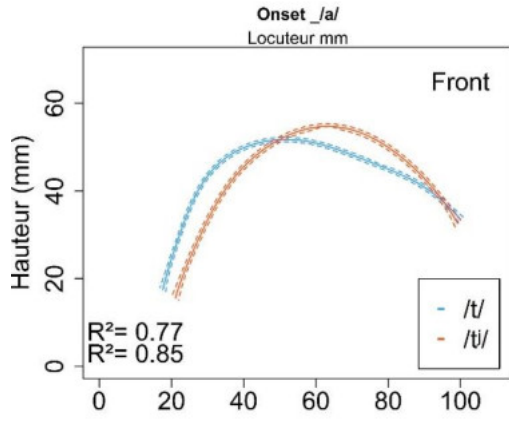


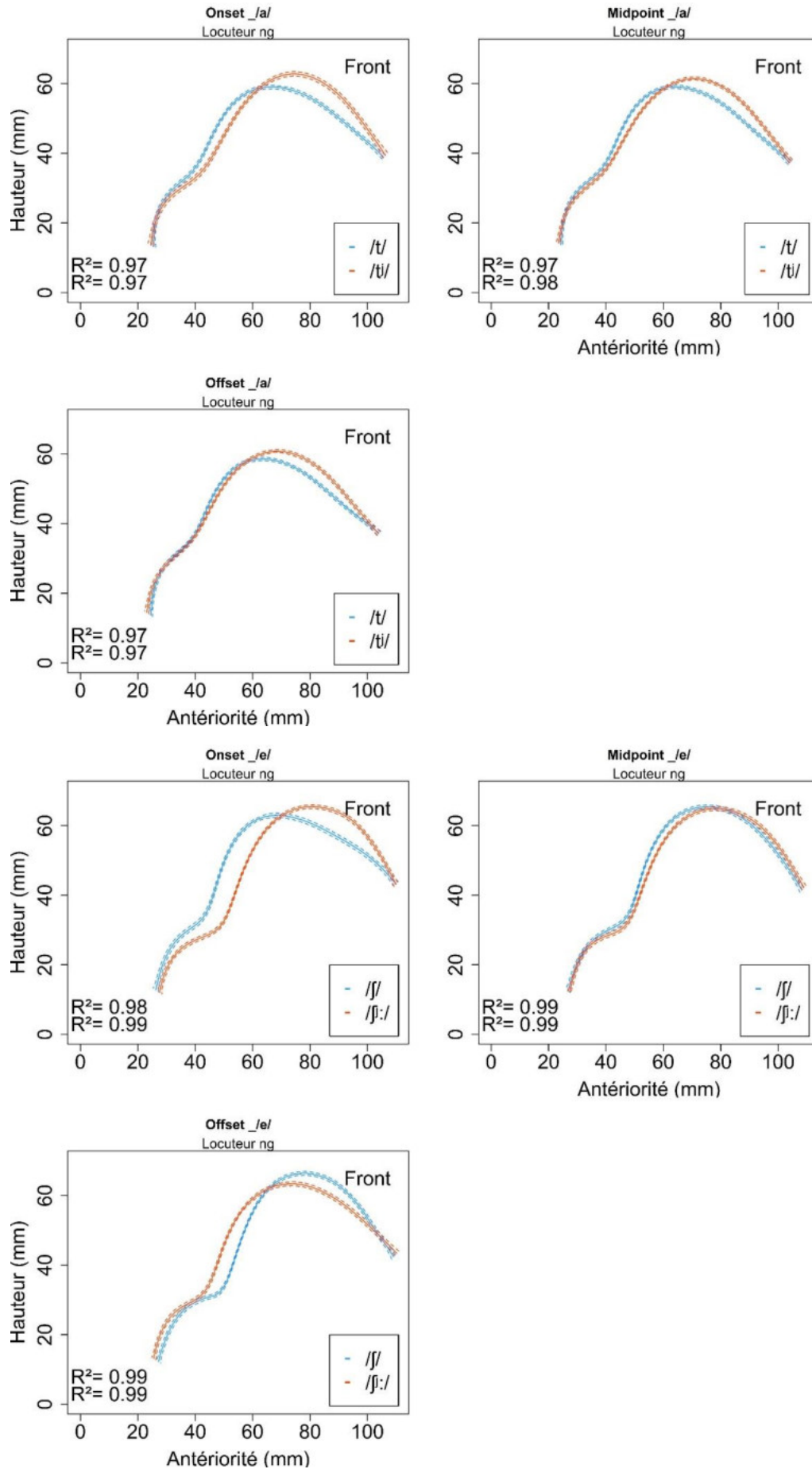


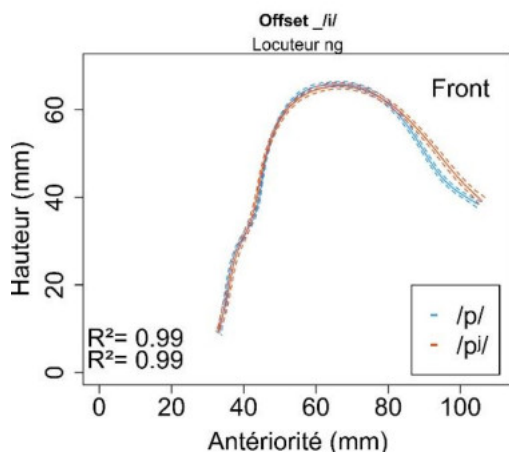
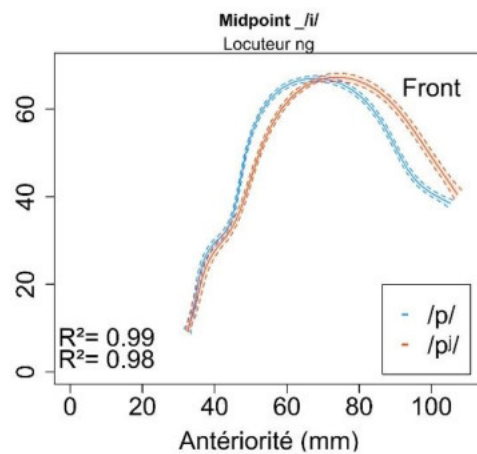
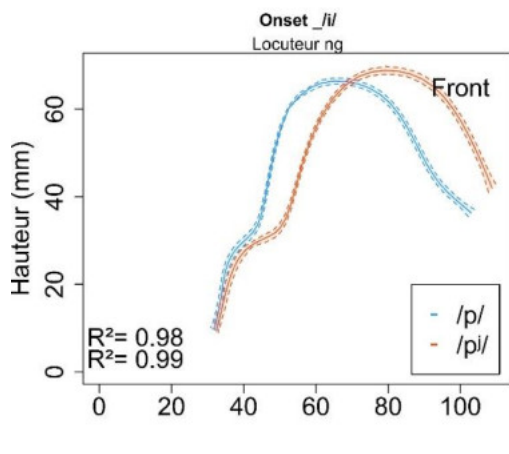
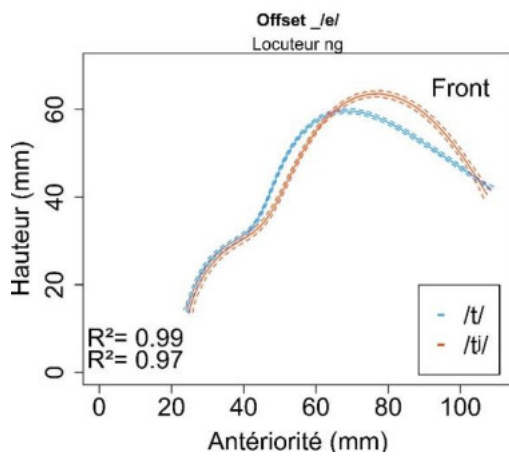
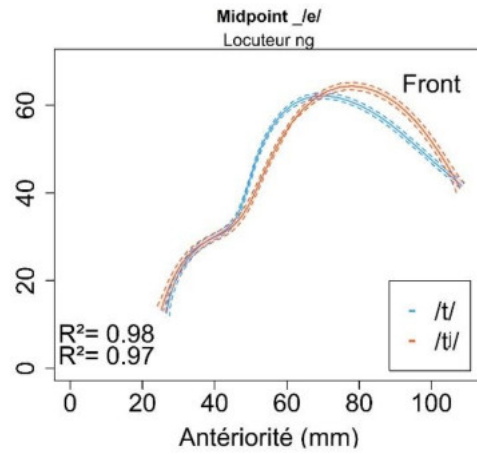
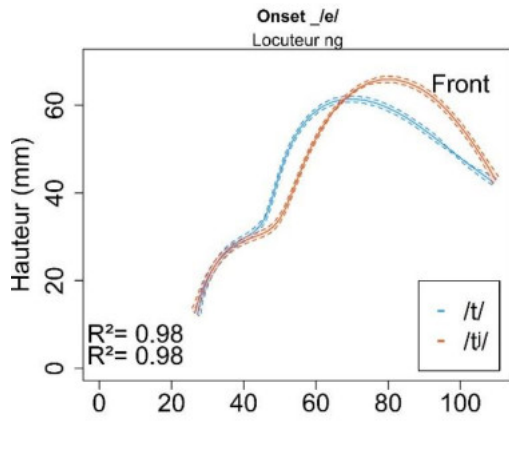


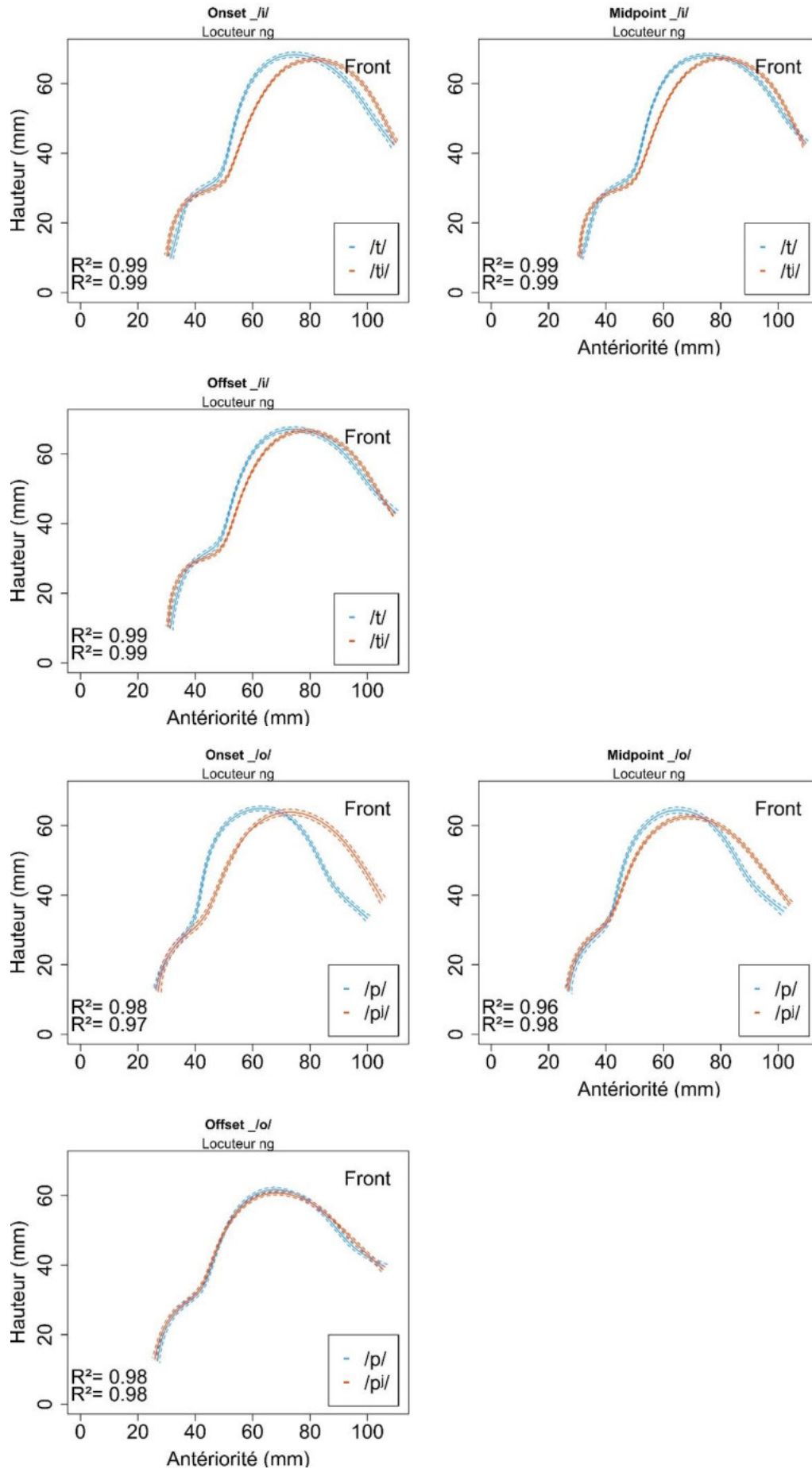


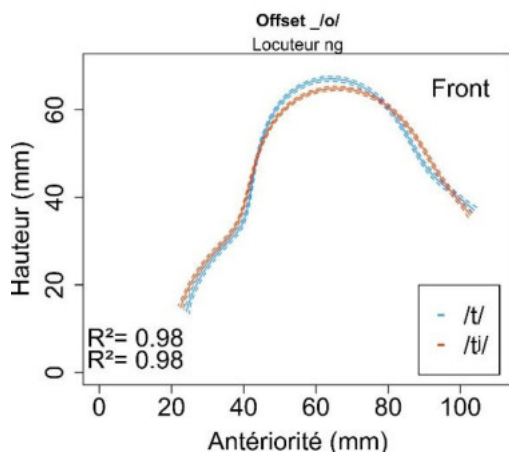
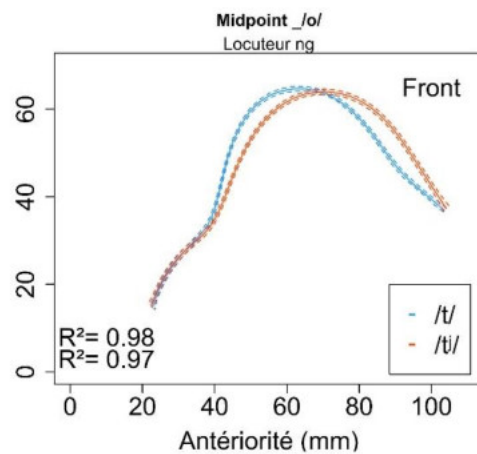
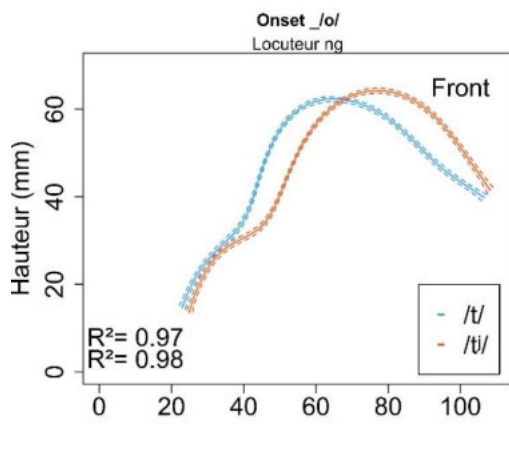
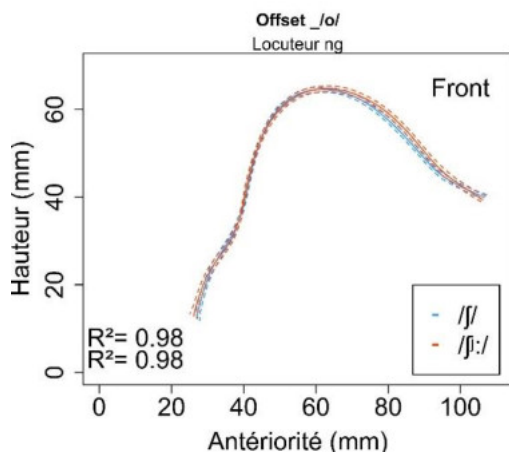
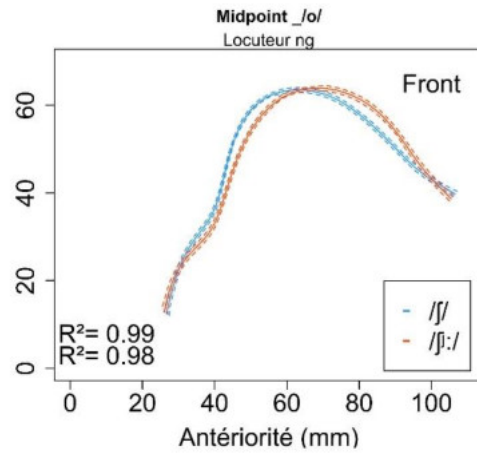
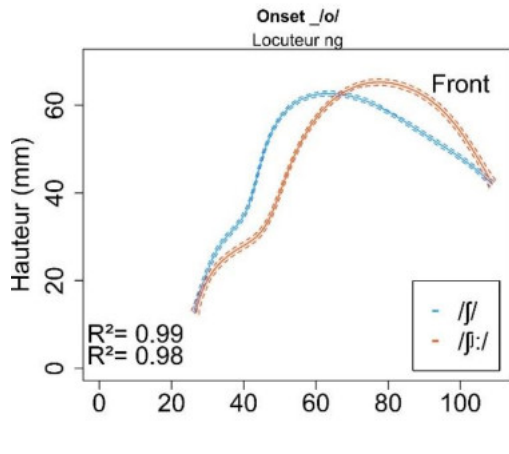


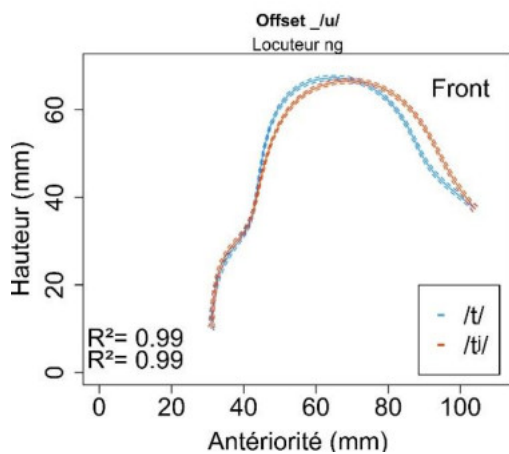
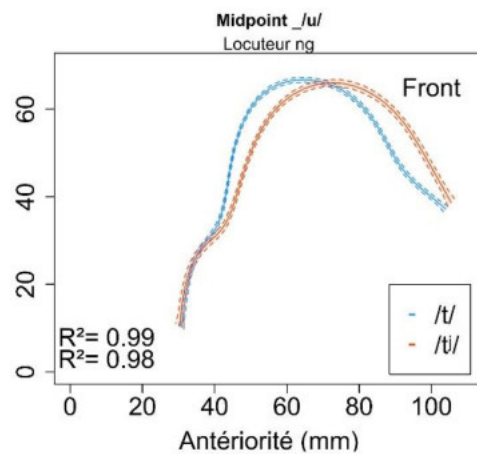
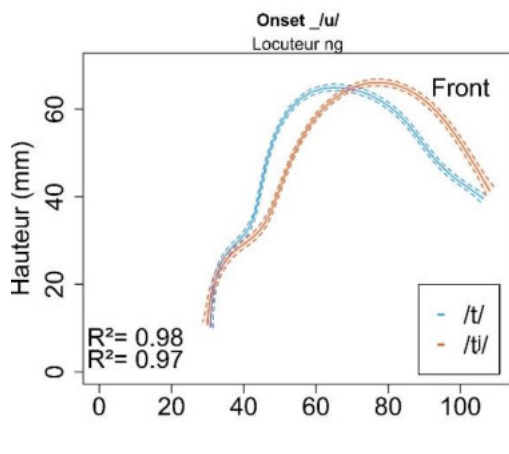
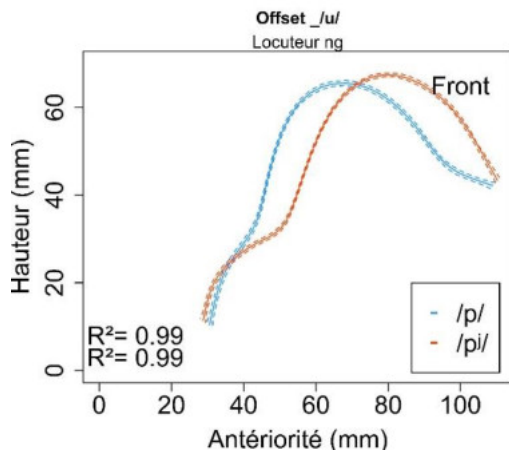
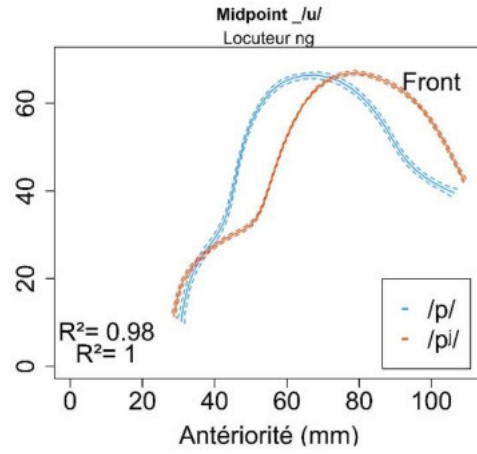
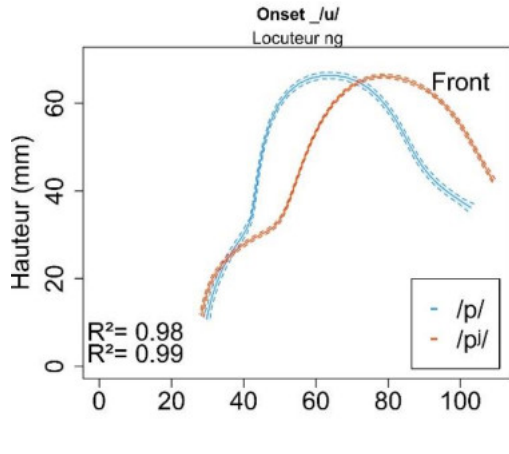


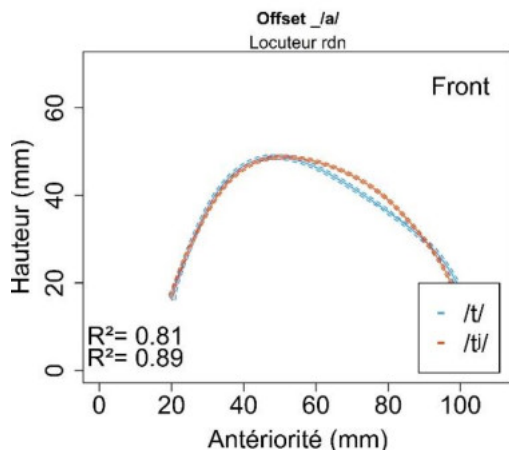
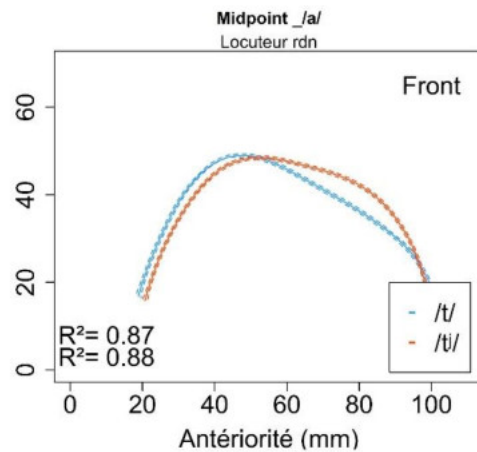
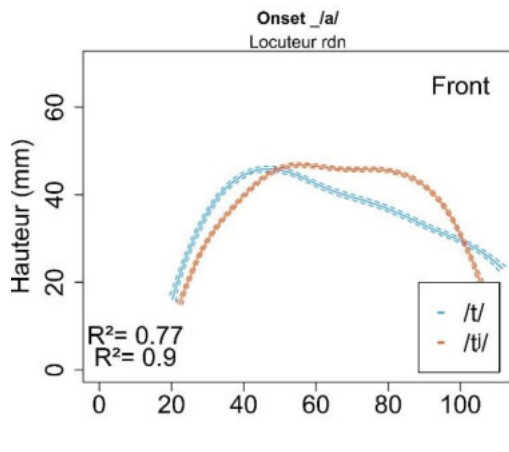
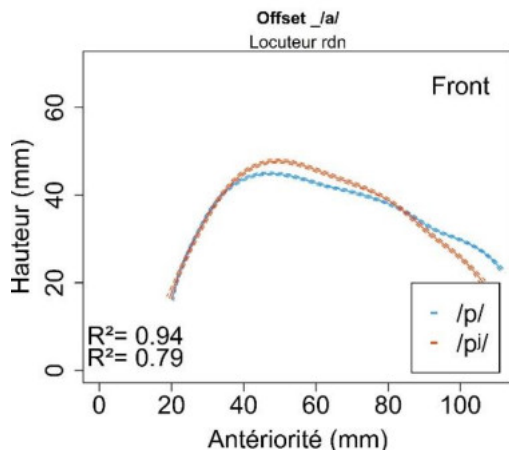
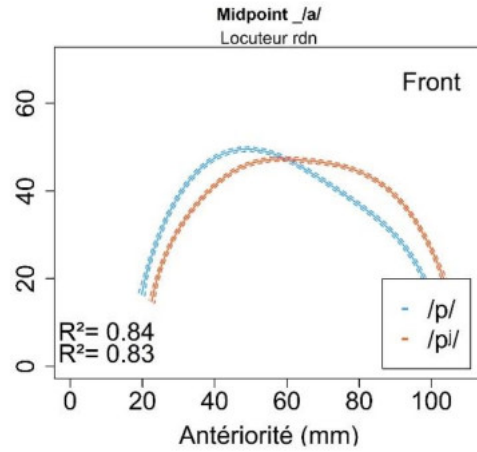
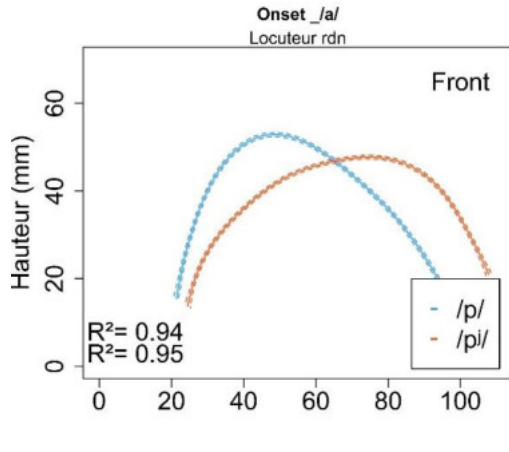


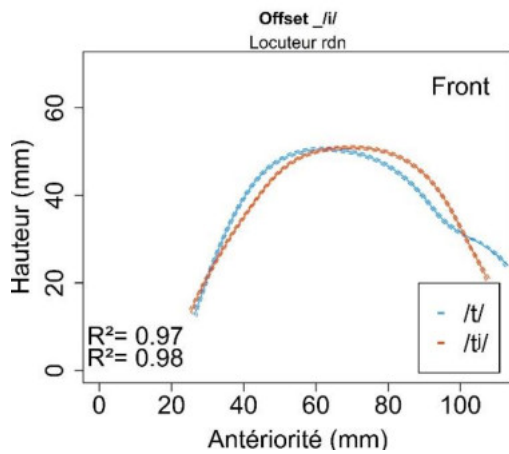
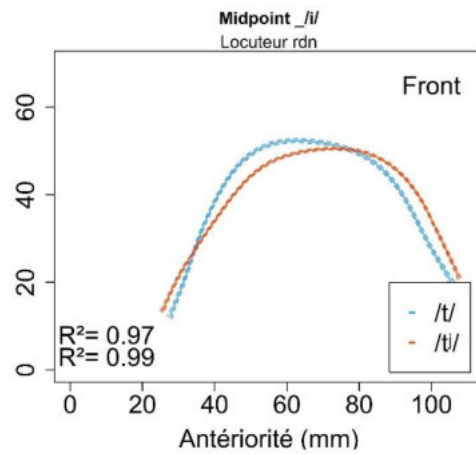
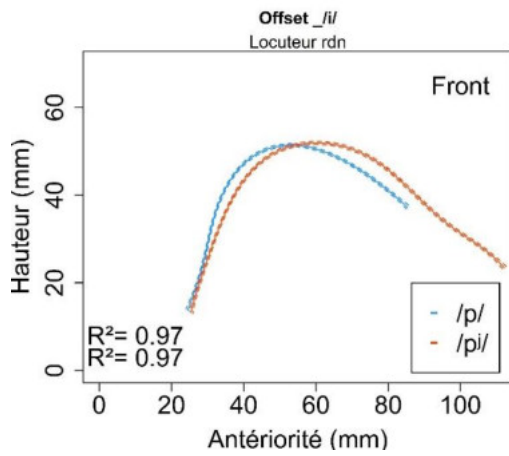
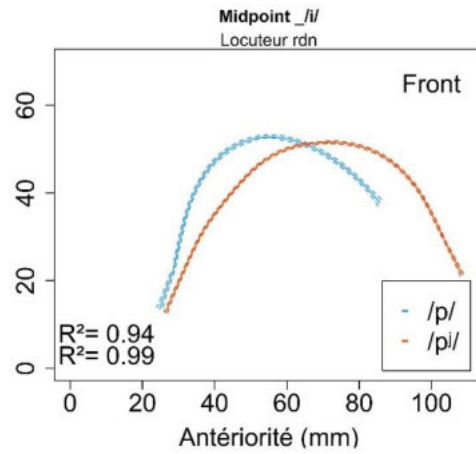
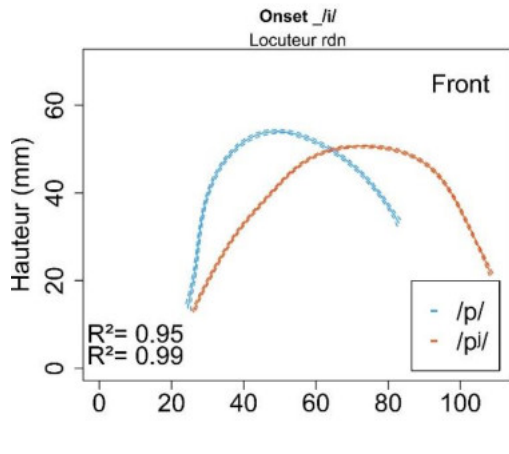


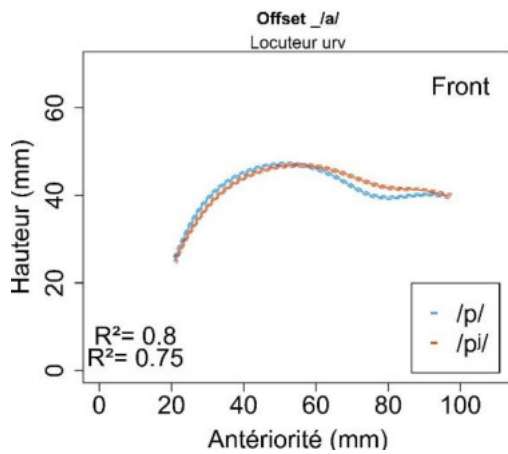
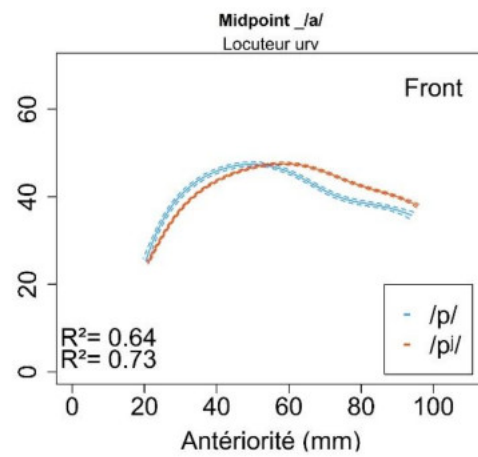
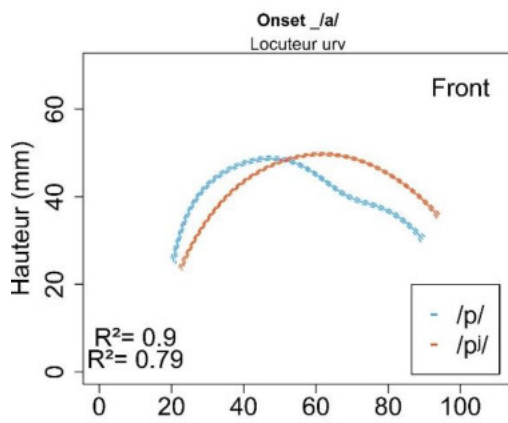
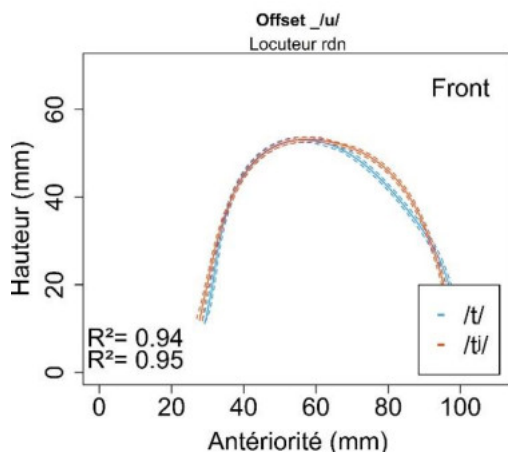
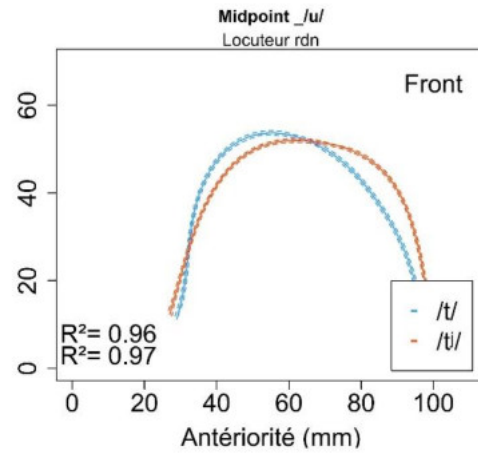
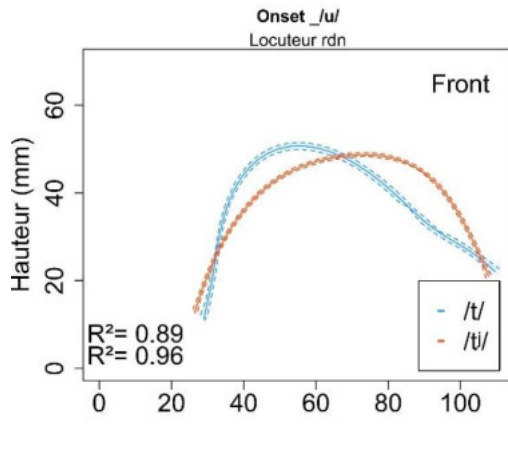


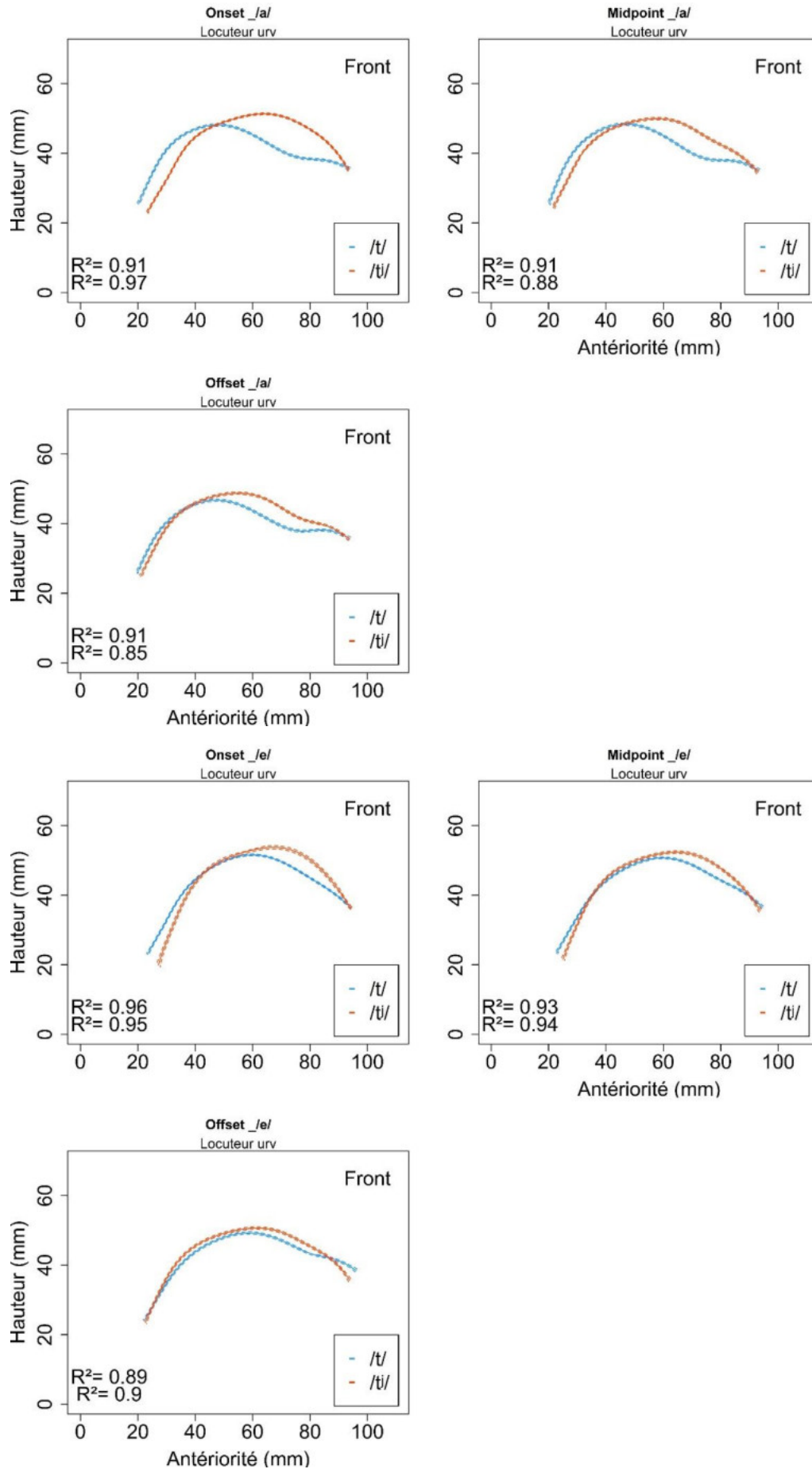


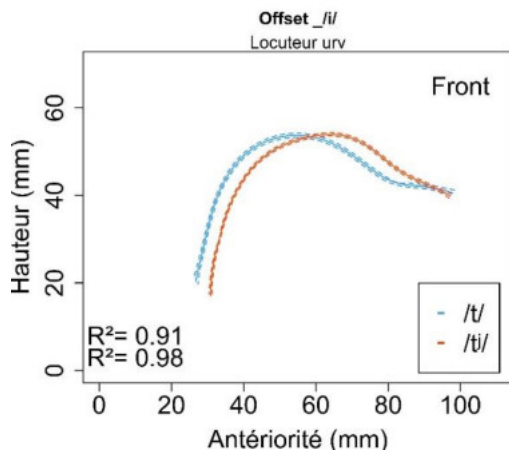
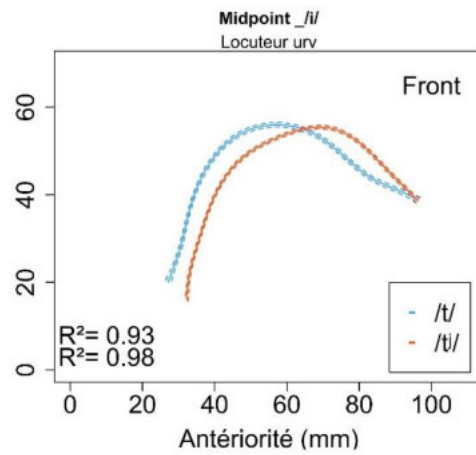
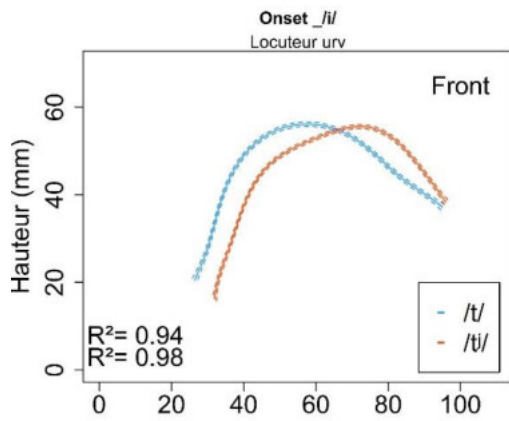
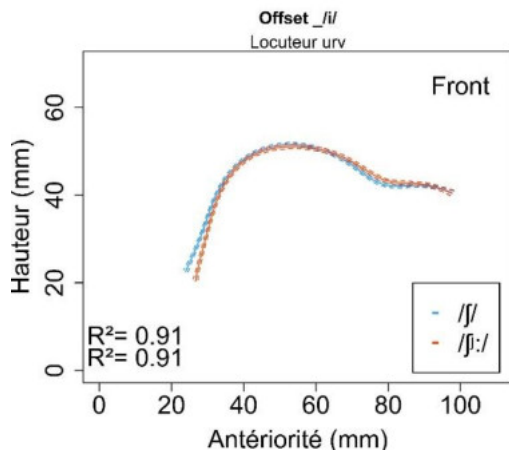
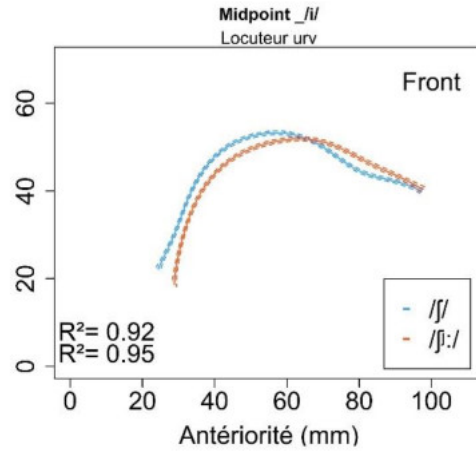
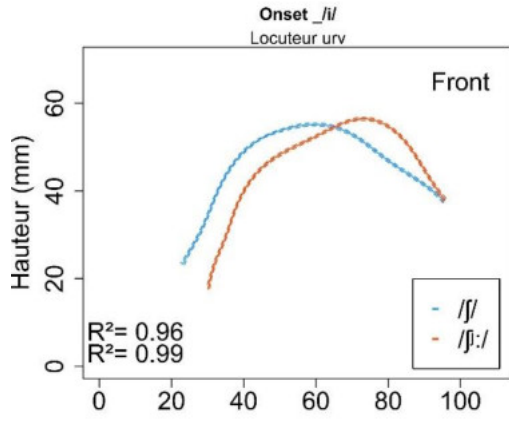


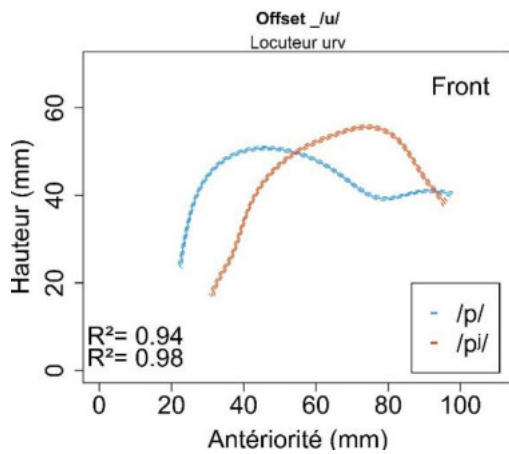
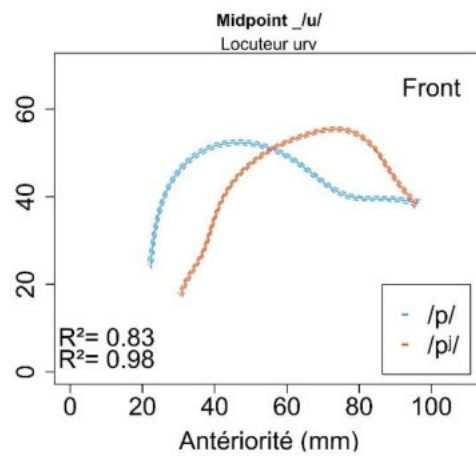
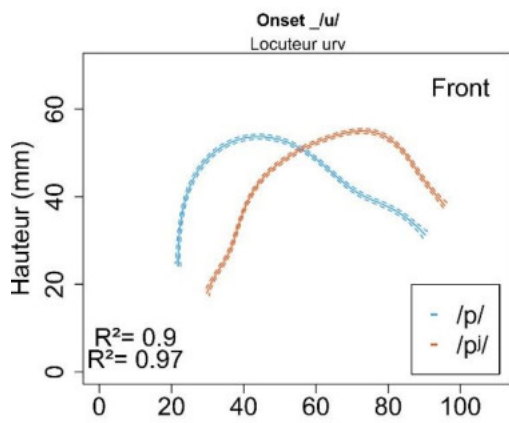
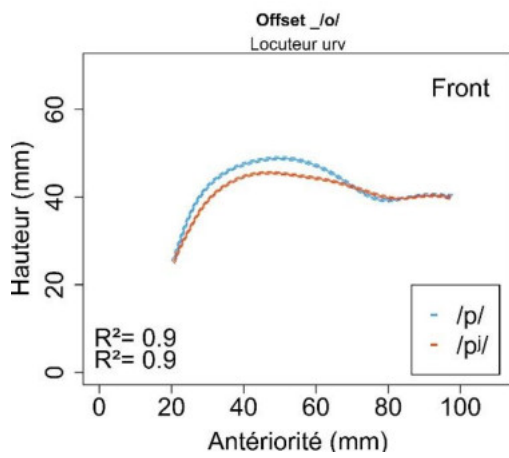
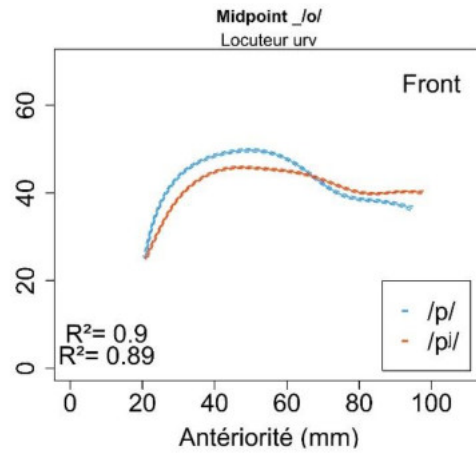
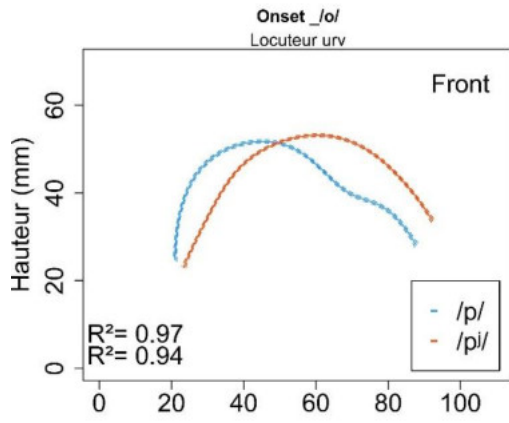


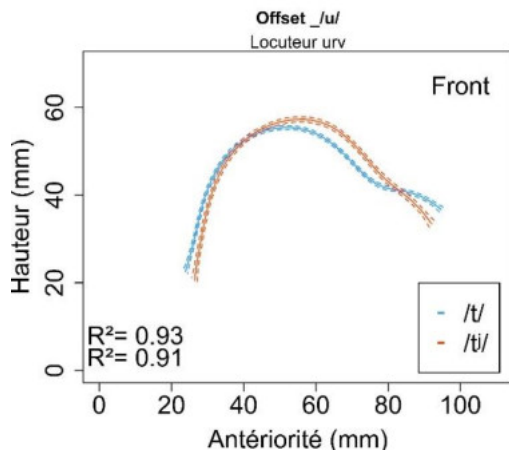
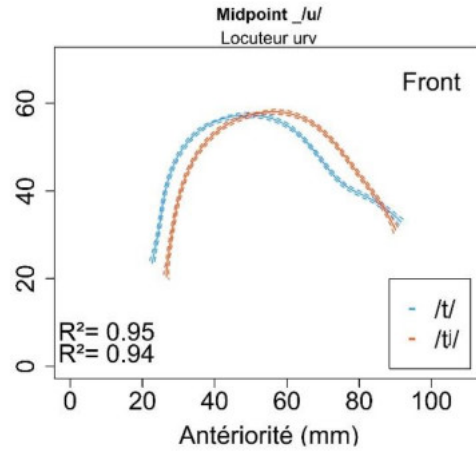
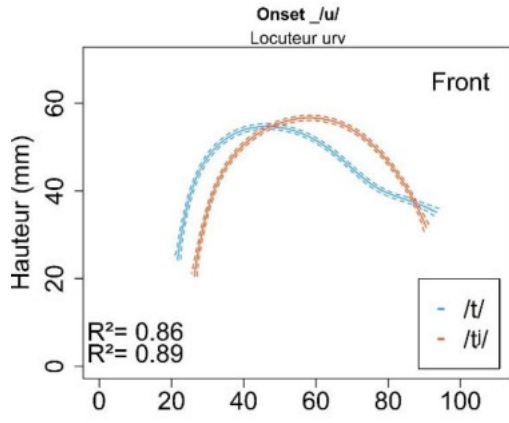












Annexe 25

Corpus complet de 135 unités lexicales enregistré pour l'étude IRM.

Pour les affriquées, deux enregistrements ont été réalisés, pendant la phase d'occlusion (1) et pendant la phase de friction (2).

Consonne API	Voyelle	Séquence VCV en API	Séquence VCV en cyrillique	Stimuli affichés en cyrillique
p	a	apa	апа́	напа́л
p ^j	a	ap ^j a	апя́	храпя́
t	a	ata	ата́	врата́
t ^j	a	at ^j a	атя́	отвратя́
k	a	aka	ака́	закат
k ^j	a	ak ^j a	акя́	на Кя́хту
ts	a	atsa (1)	аца́ (1)	пацан (1)
ts	a	atsa (2)	аца́ (2)	пацан (2)
tʃ ^j	a	atʃa (1)	ача́ (1)	начало (1)
tʃ ^j	a	atʃa (2)	ача́ (2)	начало (2)
f	a	afa	афа́	графа́
f ^j	a	af ^j a	афя́	графя́
s	a	asa	аса́	краса́
s ^j	a	as ^j a	ася́	карася́
ʃ	a	aʃa	аша́	анаша́
ʃ ^j :	a	aʃ ^j :a	аща́	(без) плаща́
x	a	axa	аха́	пахан
x ^j	a	axa	ахя́	на Хя́ме
m	a	ama	ама́	сама́
m ^j	a	am ^j a	амя́	хамя́
n	a	ana	ана́	страна́
n ^j	a	an ^j a	аня́	храня́
l	a	ala	ала́	мала́
l ^j	a	al ^j a	алья́	маля́р
r	a	ara	ара́	барак

r ^j	a	ar ^h a	аря́	паря́
j	a	aja	ая́	пая́л
p	i	ipi	ипы́	и пы́л
p ^j	i	ip ^h i	ипи́	скрипи́т
t	i	iti	иты́	вприты́к
t ^j	i	it ^h i	ити́	притих
k	i	iki	икы́	и к Ире
k ^j	i	ik ^h i	ики́	прикинул
ts	i	itsi (1)	ицы́ (1)	и цифры́ (1)
ts	i	itsi (2)	ицы́ (2)	и цифры́ (2)
tʃ ^h	i	itʃ ^h i (1)	ичи́ (1)	кричи́ (1)
tʃ ^h	i	itʃ ^h i (2)	ичи́ (2)	кричи́ (2)
f	i	ifi	ифы́	и фыркну́л
f ^h	i	if ^h i	ифи́	мифичный
s	i	isi	исы́	(y) лисы́
s ^j	i	is ^h i	иси́	висит
ʃ	i	iʃi	иши́	пиши́
ʃi:	i	iʃ ^h :i	ищи́	пищи́
x	i	ixi	ихы́	и Хы́ршова (нас. пункт в Румынии)
x ^j	i	ix ^h i	ихи́	стихи́
m	i	imi	имы́	и мы́
m ^j	i	im ^h i	ими́	лимит
n	i	ini	ины́	(без) вины́
n ^j	i	in ^h i	ини́	вини́
l	i	ili	илы́	(без) пи́лы
l ^j	i	il ^h i	или́	пи́ли
r	i	iri	иры́	пиры́
r ^j	i	ir ^h i	ири́	Ирина́

j	i	iji	ии́	и их
p	u	upu	упу́	крупу
pʲ	u	upʲu	упно́	купюра
t	u	utu	уту́	шуту
tʲ	u	utʲu	утно́	утиог
k	u	uku	уку́	муку́
kʲ	u	ukʲu	уко́	у Кю́рта (село в Молдавии)
ʦ	u	uʦu (1)	уцу́ (1)	гуцу́л (1)
ʦ	u	uʦu (2)	уцу́ (2)	гуцу́л (2)
tʃʲ	u	utʃʲu (1)	учу́ (1)	учу (1)
tʃʲ	u	utʃʲu (2)	учу́ (2)	учу (2)
f	u	ufu	уфу́	в Уфу
fʲ	u	ufʲu	уфю́	у фю́рера
s	u	usu	усу́	у сумки
sʲ	u	usʲu	усно́	у Сюткина
ʃ	u	uʃu	ушу́	сушу́
ʃʲ:	u	uʃʲ:u	ущу́	пущу́
x	u	uxu	уху́	уху́
xʲ	u	uxʲu	ухно́	у Хю́лста (нас. п. в Нидерландах)
m	u	umu	уму́	уму
mʲ	u	umʲu	умно́	у Мю́нхена
n	u	unu	уну́	луну
nʲ	u	unʲu	унно́	у Ню́ры
l	u	ulu	улу́	у луба
lʲ	u	ulʲu	улно́	у Лю́бы
r	u	uru	уру́	муру (несёт)
rʲ	u	urʲu	урно́	бу́рю
j	u	uju	ую́	кую

p	e	epe	епá	все пэры...
p ^j	e	ep ^j e	епé	все пены...
t	e	ete	етá	все тэпы...
t ^j	e	et ^j e	етé	все темы...
k	e	eke	екá	все кэмпо... (боевые искусства)
k ^j	e	ek ^j e	екé	все кеды...
ts	e	etse (1)	ецá (1)	все церкви... (1)
ts	e	etse (2)	ецá (2)	все церкви... (2)
tʃ	e	etʃe (1)	ечé (1)	все черти... (1)
tʃ	e	etʃe (2)	ечé (2)	все черти... (2)
f	e	efe	эфá	все фэры... (сокр. физический эквивалент рентгена)
f ^j	e	ef ^j e	эфé	все фермы...
s	e	ese	есá	все сэры...
s ^j	e	es ^j e	есé	все серы...
ʃ	e	eʃe	ешé	все шефы...
ʃ:	e	eʃ:e	ещé	все щепы...
x	e	exe	ехá	все хэнды... (единица измерения длины)
x ^j	e	ex ^j e	ехé	все херы...
m	e	eme	емá	все мэры...
m ^j	e	em ^j e	емé	все меры...
n	e	ene	енá	все нэцке... (японская миниатюрная скульптура)
n ^j	e	en ^j e	енé	все немцы...
l	e	ele	елá	все лэпы... (ЛЭП = линия)

				электропереда чи)
lj	e	elje	елé	все ленты...
r	e	ere	ерé	все регби (клубы)...
rʲ	e	erʲe	ерé	все репы...
j	e	eje	еé	все едут...
p	o	opo	опó	что почта...
pʲ	o	opʲo	опё	что пёстрый...
t	o	oto	отó	что толком...
tʲ	o	otʲo	отё	что тёплым...
k	o	oko	окó	что кошкой...
kʲ	o	okʲo	окё	что Кельном...
ts	o	otsɔ (1)	оцó (1)	что цокнул...
ts	o	otsɔ (2)	оцó (2)	что цокнул... (2)
tʃʲ	o	otʃʲo (1)	очё (1)	что чётко...
tʃʲ	o	otʃʲo (2)	очё (2)	что чётко... (2)
f	o	ofo	офó	что формой...
fʲ	o	ofʲo	офё	что Фёдор...
s	o	oso	осó	что соком...
sʲ	o	osʲo	осё	что сёмгой...
ʃ	o	oʃo	ошё	что шёлком...
ʃʲ:	o	oʃʲ:o	ошё	что щёлкнул...
x	o	oxo	охó	что хобот...
xʲ	o	oxʲo	охё	что Хёндай
m	o	omo	омó	что модой...
mʲ	o	omʲo	омё	что мёдом...
n	o	ono	онó	что носом...
nʲ	o	onʲo	онё	что нёбом...
l	o	olo	олó	что лодок...

lʲ	o	olʲo	олё	что лёгок...
r	o	oro	орó	что рогом...
rʲ	o	orʲo	орё	что рёбра...
j	o	ojo	оё	что ёлкой...

Voyelle	Séquence CVC en API	Séquence CVC en cyrillique	Stimuli affichés en cyrillique
a	pat	пат	пат
i	bit	быт	быт
u	put	пут	пут
e	per	пэр	пэр
o	pot	пот	пот
ja	pʲatʲ	пять	пять
ji	pʲitʲ	пить	пить
ju	bʲusʲ	бюсь	бюстик
je	pʲetʲ	петь	петь
jo	pʲosʲ	пёсь	пёсик

Résumé

La caractérisation du geste lingual et la question de son contrôle dans la production des consonnes [+palatal] font toujours l'objet de débat en phonétique et en phonologie. Nous avons examiné ici le geste linguo-palatal en nous attachant à décrire et à analyser sa variabilité dans la réalisation de différents types de consonne, en suggérant qu'en tant que geste primaire ou secondaire, il pouvait rendre compte du concept de complexité articulatoire et refléter des aspects du contrôle moteur de la langue dans la parole. Outre le type consonantique, les facteurs de variation que nous avons considérés sont le locuteur, la position de l'accent et la structure syllabique. Le russe a été choisi pour le rendement exceptionnel du contraste [\pm palatal] dans cette langue. Dans une approche expérimentale multitechnique, 3 études complémentaires ont été réalisées, en laboratoire et sur le terrain. La 1^{re} a consisté à acquérir des données d'articulographie électromagnétique afin de mesurer la position et le timing de 4 zones linguales. La 2^e a consisté à recueillir, sur leur lieu de vie en Russie, des données de locuteurs natifs monolingues, en utilisant l'imagerie par ultrasons, afin de mieux cerner la variabilité du geste linguo-palatal dans les dimensions diatopique et individuelle. La 3^e est une analyse d'un corpus d'images d'IRM constitué des productions d'une locutrice qui a participé aux deux autres études. Le volet expérimental est complété d'une étude de la phonotaxe du russe à partir de données de première main qui a permis d'actualiser les tendances distributionnelles des consonnes [+palatal]. Elle confirme que les palatalisées sont plus marquées que les non palatalisées et suggère des degrés de marquage en fonction du lieu d'articulation et de la position de la consonne dans la syllabe. Les résultats expérimentaux nous ont permis de proposer une définition du geste linguo-palatal impliqué dans la réalisation du contraste palatalisé *vs* non palatalisé indépendamment des facteurs de variabilité observés et de discuter les différences de réalisation entre labiales, coronales et vélaires. Ils montrent aussi que les coronales palatalisées sont produites à partir d'une superposition de deux constriction, primaire et secondaire, formées successivement lorsque la consonne est en attaque de syllabe accentuée ou atone. Si aucun effet de l'accent ou de la position sur la forme du contour lingual n'a été trouvé, un déplacement plus global de la langue a été observé en syllabe atone et en coda alors qu'une activation séquentielle des différentes zones linguales a pu être montrée en position d'attaque et en syllabe tonique. Ce résultat suggère un contrôle moteur différent en fonction de l'accent et de la position dans la syllabe. Toujours concernant la variation liée à la position des palatalisées dans la syllabe, le geste lingual semble présenter des caractéristiques spécifiques à une langue donnée. En revanche, d'éventuels effets sur l'articulation linguale liés à la dimension diatopique ou au contact linguistique des locuteurs n'ont pas pu être identifiés contrairement aux résultats d'études antérieures. La palatalisation recrutant les « muscles vocaliques », nos résultats montrent qu'elle bloque la coarticulation avec les voyelles adjacentes. La résistance à la coarticulation serait un facteur explicatif de l'apparente stabilité du système consonantique du russe malgré sa complexité articulatoire et son caractère marqué. La définition de classe naturelle unique pour les consonnes [+palatal] à partir des résultats obtenus a été mise à l'épreuve dans les cadres (1) de la Phonologie Articulatoire pour proposer une modélisation des coordinations gestuelles observées (2) de la Théorie des Éléments pour proposer une modélisation du système phonologique du russe qui unifie les segments palatalisées, palato-alvéolaires et le glide palatal à partir de la primitive |I|, résonance palatale qui peut être supplémentaire à une autre résonance.

Mots clefs : Palatalisation, geste linguo-palatal, contrôle et complexité articulatoires, modélisation phonologique, russe

Abstract

Complexity and control of the linguo-palatal gesture in the light of its variability. The case of Russian palatalization. Phonetic and phonological aspects.

Characterizing tongue gesture and its control in the production of [+palatal] consonants is still a matter of debate in phonetics and phonology. In this dissertation, we investigated the linguo-palatal gesture by focusing on its variability in the production of different consonant types and by suggesting that as a primary or secondary gesture, it could account for the notion of articulatory complexity and reflects some aspects of speech motor control. In addition to consonant type, three other variation factors were considered in this research: speaker, stress position and syllabic structure. Russian was chosen for the exceptional performance of the [\pm palatal] contrast in this language. In a multi-technique experimental approach, 3 complementary laboratory and field studies were carried out. The first one consisted in acquiring electromagnetic articulography data in order to measure the position and timing of 4 tongue regions. The 2nd consisted in collecting data from monolingual native speakers in Russia, using ultrasound imaging, in order to better understand linguo-palatal gesture variability related to diatopic and individual speaker variation. The third study is an analysis of a corpus of MRI images of vocal tract made up of a speaker's productions who participated in the other two studies. The experimental part is completed by a study on Russian phonotactics based on first-hand data which allowed us to update distributional trends of [+palatal] consonants. The findings confirm that palatalized consonants are more marked than non-palatalized ones and suggest marking degrees depending on the consonant place of articulation and the position within the syllable. The experimental results allowed us (1) to define the linguo-palatal gesture involved in the production of the palatalized vs non-palatalized contrast independently of the variability factors and (2) to discuss differences between labials, coronals and velars. We observed that palatalized coronals in stressed or unstressed syllable onsets are produced from a superposition of two successive primary and secondary constrictions. While no effect of stress or within syllable position on tongue shape contours was found, a more global movement of the tongue was observed in unstressed syllables and codas, whereas a sequential activation of the different tongue regions was observed in onset positions and in stressed syllables. This result suggests different motor control processes depending on stress and within syllable position. Still concerning the variation related to the distribution of palatalized consonants, tongue gesture properties seem to some extent specific to a given language. No effect of diatopic or language contact on tongue articulation were found contrary to findings of previous studies. Since it involves "vowel muscles", our results show that palatalization gesture blocks the coarticulation with adjacent vowels. Coarticulatory resistance could explain the apparent stability of the Russian consonant system despite its articulatory complexity and markedness. Our findings allow us to propose a unified natural class definition for [+palatal] consonants and to test it in the frameworks of (1) Articulatory Phonology to propose a formal gestural coordination modeling; (2) Element Theory to suggest a modeling of the Russian phonological system that unifies the palatalized, palatal-alveolar segments and the palatal glide through the primitive |I| for palatal resonance that can be supplementary to another resonance.

Keywords: Palatalization, linguo-palatal gesture, articulatory control and complexity, phonological modeling, Russian