



# QUESTIONS AMAZIGHES (TACHLHIT) À L'INTERFACE DE LA PHONÉTIQUE ET DE LA PHONOLOGIE

Rachid Ridouane

## ► To cite this version:

Rachid Ridouane. QUESTIONS AMAZIGHES (TACHLHIT) À L'INTERFACE DE LA PHONÉTIQUE ET DE LA PHONOLOGIE . Linguistique. Univeristé Denis Diderot Paris 7, 2015. tel-01287671

**HAL Id: tel-01287671**

**<https://shs.hal.science/tel-01287671>**

Submitted on 14 Mar 2016

**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.

Mémoire  
D'Habilitation à Diriger des Recherches

*par*  
**Rachid Ridouane**  
LPP (CNRS/Sorbonne Nouvelle)

**QUESTIONS AMAZIGHES (TACHLHIT)**  
**À L'INTERFACE DE LA PHONÉTIQUE ET DE LA PHONOLOGIE**

*Tome 1*  
**Synthèse des Travaux et Perspectives**

---

**Membres du jury**

|                 |                                                    |
|-----------------|----------------------------------------------------|
| Ioana Chitoran  | Professeur, Université Paris7-Diderot – Directrice |
| Didier Demolin  | Professeur, Université Paris3-Sorbonne Nouvelle    |
| Louis Goldstein | Professeur, University of Southern California      |
| Martine Grice   | Professeur, Universität zu Köln – Rapporteur       |
| Pierre Hallé    | Directeur de Recherche, CNRS                       |
| Noël Nguyen     | Professeur, Université d'Aix en Provence           |
| Annie Rialland  | Directrice de Recherche Émérite, CNRS – Rapporteur |

---

Juin 2015



# Questions Amazighes (Tachlhit) à l'Interface de la Phonétique et de la Phonologie

*par*

**RACHID RIDOUANE**

LPP (CNRS/Sorbonne Nouvelle)

Tome 1

**Synthèse des Travaux et Perspectives**





POUR IFUQQLALN INU : ELYAS, ADAM ET LILAS



## REMERCIEMENTS

Ma première pensée va à Nick Clements qui nous a malheureusement quittés trop tôt. J'ai eu le plaisir et l'honneur de travailler avec lui, sa passion pour la recherche et sa rigueur scientifique ont toujours constitué pour moi un idéal bien difficile à atteindre. Je lui serai à jamais reconnaissant pour son aide inestimable à des moments importants de mon parcours, et je serai à jamais marqué par son humanité et sa générosité.

Ce mémoire, avec les travaux qui y sont synthétisés, n'existerait pas sans le soutien et l'inspiration d'un grand nombre de personnes depuis le début des années 2000. Je me sens principalement redevable à l'égard de mon directeur de DEA, François Dell, et ma directrice de thèse, Annie Rialland. C'est grâce à leur orientation que mes travaux ont la forme qu'ils ont aujourd'hui. Je veux qu'ils trouvent ici l'expression de ma plus grande reconnaissance et ma plus profonde gratitude.

Le travail présenté dans ce mémoire est aussi un travail collectif. Mes remerciements vont à ceux qui m'ont accompagné dans cette aventure depuis ces dix dernières années. Cécile Fougeron tout d'abord. J'ai eu le plus grand plaisir, à son contact au cours de nos travaux communs et de nos discussions quasi quotidiennes, à aborder les sujets et à prendre les problèmes à bras le corps. Merci également à Pierre Hallé. Son apport m'a permis de donner une nouvelle orientation à ma recherche. Je souhaite ici lui témoigner le plaisir que j'ai à travailler avec lui. Je tiens à remercier Susanne Fuchs, Phil Hoole, Anne Hermes, Martine Grice et Timo Röttger, la *German Team*, qui ont marqué par leurs apports mes travaux anciens et récents.

Je remercie aussi les collègues qui ont participé aux différents projets que j'ai pu conduire ou auxquels j'ai pu participer. J'ai été ravi de leurs enthousiasmes et de leurs compétences. J'espère leur avoir apporté au moins autant qu'ils m'ont apporté.

Un grand merci aussi au soutien de mes collègues au sein du LPP, 'le labo des BG' ! Merci entre autres à Martine Adda-Decker, Angélique Amelot, Nicolas Audibert, Lise Crevier-Buchman, Cédric Gendrot, Rajesh Khatiwada, Gwénaëlle Lo Bue, Barbara Kuhnert, Claire Pillot-Loiseau, Jacqueline Vaissière, Naomi Yamaguchi, et, en dehors du LPP, à Sabrina Bendjaballah, Fayssal Bouarourou, Mohamed Lahrouchi, Julien Meyer, Yohann Meynadier et Sophie Wauquier.

Enfin, j'exprime toute ma reconnaissance à Ioana Chitoran pour avoir accepté de parrainer ce mémoire et à Didier Demolin, Louis Goldstein, Martine Grice, Pierre Hallé, Noël Nguyen et Annie Rialland pour avoir bien voulu prendre part à son évaluation.

## SOMMAIRE

---

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUCTION.....                                                                                                  | 1  |
| CHAPITRE I. La syllabe sans voyelle : phonétique et phonologie.....                                                | 5  |
| 1. La syllabe en tachlhit : une cause célèbre en phonologie.....                                                   | 7  |
| 1.1. Les premières analyses.....                                                                                   | 8  |
| 1.2. La syllabe en tachlhit et l'émergence de la Théorie de l'Optimalité.....                                      | 13 |
| 1.3. Conclusion.....                                                                                               | 18 |
| 2. La syllabe à l'épreuve expérimentale.....                                                                       | 18 |
| 2.1. Schwa : une histoire sans fin.....                                                                            | 19 |
| 2.2. La syllabe sans voyelle : quelles manifestations phonétiques ?.....                                           | 29 |
| 2.2.1. Caractéristiques acoustiques et articulatoires des<br>consonnes syllabiques.....                            | 31 |
| 2.2.2. La syllabe sans voyelle : une coordination temporelle<br>spécifique.....                                    | 34 |
| 2.2.3. Contraintes contre les attaques complexes : données<br>articulatoires.....                                  | 36 |
| 2.3. La syllabe sans voyelle : une réalité psychologique ?.....                                                    | 40 |
| 2.3.1. Contrainte contre les attaques complexes : arguments<br>perceptifs.....                                     | 41 |
| 3. Conclusion.....                                                                                                 | 45 |
| CHAPITRE II. La phonétique et la phonologie des consonnes géminées.....                                            | 47 |
| 1. La gémination consonantique en amazighe : de la nature du contraste.....                                        | 47 |
| 2. Simples vs. géminées lexicales : données acoustiques et articulatoires.....                                     | 53 |
| 2.1. Le corrélat primaire.....                                                                                     | 54 |
| 2.2. Les corrélats secondaires.....                                                                                | 58 |
| 2.3. Quel lien avec la représentation phonologique ? .....                                                         | 61 |
| 3. Occlusives sourdes géminées à l'initiale : de la production à la perception...                                  | 63 |
| 4. Géminées lexicales et géminées phonologiques : implémentation acoustique<br>et représentation phonologique..... | 69 |
| 5. Conclusion.....                                                                                                 | 74 |

### CHAPITRE III. Activité laryngale : caractérisation phonologique et ajustements

|                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| interarticulatoires.....                                                                      | 77  |
| 1. Traits distinctifs et implémentation phonétique.....                                       | 77  |
| 2. Le trait [spread glottis] : vers une définition à validé interlinguistique.....            | 79  |
| 2.1. Théorie de l'amplitude glottale.....                                                     | 81  |
| 2.1.1. Problèmes avec la théorie de l'amplitude glottale.....                                 | 83  |
| 2.2. Théorie du timing glottal.....                                                           | 84  |
| 2.2.1. Problèmes avec la théorie du timing glottal.....                                       | 85  |
| 2.3. Sur l'acoustique de [spread glottis] .....                                               | 88  |
| 2.4. Une nouvelle proposition : combiner les dimensions acoustiques et<br>articulatoires..... | 89  |
| 3. Ajustements laryngaux : du segment simple à la phrase sourde.....                          | 90  |
| 3.1. Ajustements laryngaux en français et en tachlhit.....                                    | 91  |
| 3.1.1. Propriétés des obstruantes simples.....                                                | 92  |
| 3.1.1.1. Mode d'articulation.....                                                             | 92  |
| 3.1.1.2. Lieu d'articulation.....                                                             | 93  |
| 3.1.2. Propriétés des séquences d'obstruantes sourdes.....                                    | 94  |
| 3.1.2.1. Les gémées hétéromorphémiques $C_i\#C_i$ .....                                       | 95  |
| 3.1.2.2. Les séquences $C_1(\#)C_2$ .....                                                     | 96  |
| 3.1.2.3. Les séquences de trois à six consonnes sourdes.....                                  | 97  |
| 3.1.3. Propriétés des mots et phrases sourds.....                                             | 100 |
| 4. Conclusion.....                                                                            | 104 |
| Chapitre IV. Travaux en cours et perspectives de recherche.....                               | 107 |
| 1. La syllabe : prosodie et parole sifflée.....                                               | 107 |
| 2. La gémation : une perspective typologique.....                                             | 111 |
| 3. Les traits laryngaux : le cas des éjectives.....                                           | 113 |
| REFERENCES.....                                                                               | 119 |
| ANNEXE 1 : Curriculum Vitae.....                                                              | 139 |
| ANNEXE 2 : Liste des publications et communications.....                                      | 145 |

## INTRODUCTION

---

Comme le souligne le titre de ce manuscrit « *Questions amazighes (tachelhit) à l'interface de la phonétique et de la phonologie* », le contexte de mes travaux de recherche tourne principalement autour de la phonétique et de la phonologie du tachelhit, langue amazighe (berbère) parlée au Maroc. Au-delà de la richesse de son inventaire consonantique, c'est notamment l'extrême souplesse que cette langue offre pour former de séquences consonantiques qui l'a fait connaître à la communauté des phonologues et des phonéticiens. Locuteur natif du tachelhit, je me suis intéressé depuis ma thèse aux questions soulevées par cet *embarras de consonnes* dans une démarche alliant questionnements théoriques et investigations expérimentales.

La préoccupation majeure de mes recherches porte sur la représentation des unités linguistiques – trait, phonème et syllabe – et sur les traitements qui leur sont appliqués en production et en perception. Cette problématique constitue un des objectifs fondamentaux de la recherche actuelle à l'interface de la phonétique et de la phonologie. C'est donc tout naturellement que l'approche adoptée tout au long de mes travaux a été celle de la *Phonologie de Laboratoire*.

La jonction des termes 'phonologie' et 'laboratoire' peut paraître incongrue à première vue (Dresher 2010). Quelle différence y'a-t-il en effet entre un phonéticien et un phonologue de laboratoire ? La phonologie, par convention, s'intéresse au fonctionnement des sons de la parole, autrement dit au système qui sous-tend la sélection, l'utilisation et l'interaction des sons d'une langue donnée. Or une fois dans un laboratoire, le 'phonologue' traitera des propriétés physiques de la parole, sa production, transmission et perception ; des domaines qui sont plutôt du ressort de la phonétique. Alors phonologue ou phonéticien ? J'ai souvent été confronté à cette question qui, me semble-t-il, ne renvoie pas uniquement à un simple problème d'étiquetage d'une activité de recherche à l'interface de deux disciplines, mais permet de situer et de justifier la conception que l'on a de la phonologie en fonction de sa propre formation. Pour ma part, mon activité de recherche consiste à questionner la nature des objets phonologiques (e.g. traits distinctifs, phonèmes, syllabes) avec l'aide d'outils de phonétique expérimentale, pour mieux définir les liens qui existent entre le fonctionnement des sons de la parole et leurs réalités physiques et psychologiques. De la



*Phonologie de Laboratoire* en somme, telle que cette nouvelle façon de faire la phonologie est généralement comprise et admise aujourd'hui.

'Phonologie de Laboratoire', un terme que l'on doit à Janet Pierrehumbert selon Kingston et Beckman (1990), désignait en premier lieu une série de conférences internationales dont la première édition a été organisée en 1987 à Ohio et qui portait sur la relation entre phonétique et phonologie. Désormais appelée *LabPhon*, la conférence, qui en sera à sa 15<sup>e</sup> édition en 2016, est depuis 2011 du ressort de l'*Association for Laboratory Phonology*, qui s'occupe aussi de la publication de *Journal of Laboratory Phonology* qui a fait suite aux volumes *Papers in Laboratory Phonology*.

A l'évidence, 'Phonologie de Laboratoire' ne désigne pas uniquement cette 'plateforme' où se rencontrent les phonologues et les phonéticiens. Ce terme désigne surtout un paradigme qui fait référence à une communauté de chercheurs. Il ne s'agit donc pas d'un cadre théorique. Tout en travaillant avec des modèles théoriques différents (Phonologie Autosegmentale, Phonologie Articulatoire, Phonologie Déclarative, OT, etc.), voire sans modèle théorique défini, les phonologues de laboratoire partagent une même finalité : mettre à profit les moyens techniques et expérimentaux pour mieux définir la relation entre l'aspect abstrait et l'aspect physique de la parole humaine (Pierrehumbert et al. 2000). En ce sens, la Phonologie de Laboratoire, adoptant une vision coopérative, pragmatique et non dogmatique, considère que les analyses théoriques doivent être *renforcées* par des études expérimentales basées sur des données objectives, contrôlables et reproductibles (Pierrehumbert et al. 2000, d'Imperio 2006).

Les travaux que je présente ici s'inscrivent totalement dans ce paradigme. Il s'agit en particulier de montrer comment les méthodes et outils expérimentaux développés et utilisés en phonétique ou en psycholinguistique sont à même de renforcer les bases scientifiques des analyses théoriques. Pour la plupart, les analyses phonétiques qui sont développées ici sont menées dans le cadre de modèles phonologiques déjà établis. Autrement dit, le but premier de cette démarche est non pas de nier la scientificité d'approches dites traditionnelles, mais plutôt de tester, compléter et affiner ces analyses en utilisant une approche expérimentale.

Comme souligné plus haut, l'essentiel de mes travaux porte sur la structure et le contenu des unités phonologiques et posent la triple question de la place de ces unités dans les systèmes phonologiques, de leurs manifestations physiques, et de leur réalité

psychologique. Ils portent plus spécifiquement sur la représentation de trois unités fondamentales : syllabe (notamment les syllabes sans voyelles), phonème (les consonnes géminées) et trait (composante laryngale) – et sur les traitements appliqués à ces “briques de base”, tant en production de parole qu’en perception. L’ordre dans lequel la synthèse de mes travaux est exposée ici reflète ce triple intérêt.

Le chapitre I porte sur la syllabe en tachlhit. Une des questions fondamentales qui sous-tend mes travaux sur ce thème concerne la nature des syllabes sans voyelle : s’agit-il uniquement d’un objet théorique utile pour les descriptions linguistiques ou est-ce aussi une réalité psychologique et un objet physique que l’on peut mesurer et idéalement trouver les faits acoustiques ou articulatoires qui le réalisent ? Ces travaux ont notamment contribué, en fournissant des arguments basés sur diverses études expérimentales, à conforter la thèse selon laquelle la syllabe en tachlhit peut ne contenir que des obstruantes sans voyelle.

Le chapitre II traite de la gémination consonantique. Mes travaux sur ce sujet poursuivent une longue tradition de recherches sur la structure et la manifestation physique de ces consonnes particulières. Les géminées posent en effet un ensemble de questions qui concernent leur nature phonologique – S’agit-il d’un ou de deux segments ? Comment rendre compte de leur comportement particulier ? – en lien avec leurs caractéristiques acoustiques, articulatoires et perceptives. J’ai traité de ces questions en examinant différents types de géminées (lexicales, par assimilation et par concaténation) dans différentes positions prosodiques (initiale, intervocalique, finale) pour différentes obstruantes (occlusives et fricatives sourdes et voisées). Un des résultats importants de ces recherches a été de montrer qu’il y a une relation très étroite entre représentation phonologique et manifestations acoustiques, articulatoires et perceptives : les caractéristiques phonétiques des géminées sont mieux rendues en traitant structurellement ces segments comme deux unités de durée liées à une position mélodique.

Le chapitre III porte sur la théorie des traits distinctifs en lien avec la composante laryngale. Je me suis intéressé plus particulièrement à la question de la relation que les traits laryngaux entretiennent avec les paramètres que l’on peut mesurer au niveau acoustique et articulatoire, en défendant l’idée qu’un trait [T] est un rapport entre une articulation donnée et son produit acoustique, valable pour toute la classe de sons définis par [T], la satisfaction de ces deux conditions étant nécessaire pour le

recouvrement du trait. Mes travaux sur la composante laryngale se sont intéressés plus largement à la question des ajustements glottaux pendant la tenue de longues séquences d'obstruantes sourdes. Les résultats fournissent une illustration frappante de la coordination temporelle particulièrement solide qui existe entre les gestes laryngaux et supralaryngaux dans la production des séquences d'obstruantes sourdes, et apportent un regard nouveau sur notre compréhension de la coordination laryngale-orale dans la parole.

Enfin, dans un bref quatrième et dernier chapitre, je conclus sur mes travaux en cours ainsi que sur mes perspectives de recherche pour les années à venir qui héritent en grande partie des problématiques sur la nature et la forme des représentations phonologiques.

L'écriture de ce manuscrit a été guidée par le désir de mettre en perspective mes travaux de recherche par rapport aux questionnements théoriques généraux sur les unités de représentation. En cela, elle reflète le souci constant de partir du tachlhit pour aborder des questions théoriques dépassant largement le cadre restreint des études amazighes.

## CHAPITRE I

---

### LA SYLLABE SANS VOYELLE : PHONÉTIQUE ET PHONOLOGIE

La syllabe est de loin le constituant prosodique le plus étudié, l'unité linguistique la plus connue. Paradoxalement, sa nature exacte demeure encore floue. A la question 'qu'est-ce qu'une syllabe?', les phonologues et les phonéticiens sont loin de s'accorder sur une réponse claire. Au niveau phonologique, même s'il semble y avoir un certain consensus sur son utilité comme construit théorique et sur l'interaction entre son organisation interne et le degré de sonorité des segments (mais voir Ohala 1992), plusieurs questions restent ouvertes sur son statut dans la structuration des sons de la parole (Kenstowicz 1994), sur la façon d'incorporer la sonorité dans la grammaire (Clements 1990, 2009), et sur les principes qui gouvernent la syllabation des séquences consonantiques (Levin 1985, Steriade 1982). De même, son utilité comme domaine d'application de règles ou de contraintes peut être mise en doute. En effet, on peut motiver un processus phonologique ou expliquer une propriété acoustique ou articulatoire sans que la référence à la syllabe ne soit nécessairement la seule explication possible : un élément « attaque » ou « coda » est aussi souvent un segment « pré-vocalique » ou « post-vocalique ».

Au niveau phonétique, le flou autour de la syllabe est encore plus important tant il est difficile de dégager les faits acoustiques et/ou articulatoires qui la réalisent (tentatives entamées dès la naissance de la phonétique (Rousselot 1909) ; voir aussi Saussure 1916, Grammont 1933, Delattre 1940, 1944). La difficulté de définir phonétiquement la syllabe est en partie liée à sa structure. Dans la majorité des langues du monde, (ou tout au moins dans la majorité de celles qui ont fait l'objet d'études phonologiques), la distinction entre le noyau (l'élément essentiel et obligatoire de la syllabe) et ses marges est presque toujours corrélée avec la distinction entre les sonantes (essentiellement les voyelles) et les obstruantes. D'où la question de la définition des constituants syllabiques, sur la base de leurs propriétés intrinsèques en tant que segments (une voyelle, une sonante), de leurs propriétés relatives aux segments adjacents (sommet de sonorité) ou de quelques autres propriétés (e.g. un point d'ancrage pour l'alignement temporel des gestes articulatoires).

Pour autant, il existe des structures syllabiques où des segments obstruants peuvent occuper le noyau de la syllabe. C'est le cas notamment du tachlhit. Une des caractéristiques de cette langue, probablement la plus connue, est l'extrême souplesse qu'elle offre pour former de séquences consonantiques : ses racines (notamment verbales) et ses préfixes et suffixes peuvent contenir des consonnes uniquement. La concaténation de ces radicaux et affixes peut donner lieu à des phrases contenant des suites de consonnes d'une longueur, à ma connaissance, typologiquement unique (1) :

(1) Suite de 7 consonnes<sup>1</sup>

/t-bdr=tnt/ (3fs-évoquer=do3fp)

[tbdrtnt]

Elle les a évoquées

Suite de 13 consonnes

/s-gn=tnt s lqqblt/ (caus-dormir:pf=do3fp vers Qibla)

[sgntnt s lqqblt]

Couche-les en direction de la Qibla

Suite de 32 consonnes

/t-kks-t=stt t-fsr-t=stt qqbl t-ls-t=stt s zzrba/

(2-enelever-2s=do3fs 2-faire sécher-2s:aor =do3fs avant 2-se vêtir

2s:aor=do3fs en vitesse)

[tkkststt tfsrtstt qqbl tlststt s zzrba]

Tu l'as enlevée et mise à sécher avant de l'enfiler en vitesse

Plusieurs questions en lien avec la structuration syllabique se posent tout naturellement au vu de ce type de formes : Ces formes contiennent-elles des syllabes ? Si oui, comment est syllabifiée une forme comme [tbdrtnt] et quels sont les principes qui régissent cette syllabation ? Où sont les noyaux et les marges ? Comment ces suites se manifestent-elles sur le plan phonétique ? Quels points communs avec des structures syllabiques plus communes (avec noyaux vocaliques) ? Et qu'en est-il des jugements des locuteurs natifs ? La thèse défendue ici est que les formes en (1) sont composées de syllabes où toute consonne, même une occlusive sourde, peut être noyau. Cette thèse, largement admise

<sup>1</sup> Les géminées sont considérées comme une suite de deux positions consonantiques (voir ch. 2).

<sup>2</sup> Quelques divergences existent entre ce travail et les travaux ultérieurs de Dell et Elmedlaoui (voir notamment leur ouvrage de 2002). Malgré ces quelques divergences, dont certaines sont mentionnées dans ce travail, l'essentiel de

aujourd'hui, repose sur un grand nombre de travaux depuis le milieu des années 80 (Elmedlaoui 1985, Dell et Elmedlaoui 1985, 1988, 2002, 2010, Boukous 1987, Prince et Smolensky 1993/2004, Jebbour 1995, Clements 1997, Ridouane 2003, 2008, Ridouane et Fougeron 2011). Et bien avant ces travaux, Laoust (1918) signalait il y'a déjà presque un siècle que toute consonne en tachlhit peut être syllabique, sans fournir pour autant d'analyse détaillée. De même Applegate (1958) relève à la fin d'un paragraphe consacré au relâchement consonantique que : « ... *it is possible to state that in Shilha [tachlhit], not only /l m n r/ but all consonants in certain environments have syllabic allophones* » (ibid : 13).

Ce chapitre est principalement une mise au point sur les différents arguments avancés à l'appui de cette thèse. Il est organisé en deux parties. La première partie met en valeur les bases empiriques de la syllabe phonologique telle qu'elle a été proposée pour le tachlhit par Dell et Elmedlaoui (1985)<sup>2</sup> dans le cadre de la phonologie générative standard, et montre la façon dont elle a été ré-analysée par la suite dans le cadre de la Théorie de l'Optimalité (Prince et Smolensky 1993/2004). La deuxième partie confronte ces analyses théoriques aux données expérimentales. L'objectif est de déterminer si la syllabe théorique décrite par ces modèles correspond à une réalité phonétique et psychologique. Trois aspects ont plus spécifiquement été examinés sur des bases expérimentales et détaillés ici. Le premier aspect concerne la nature phonétique des suites consonantiques en examinant plus spécifiquement le statut des éléments vocaliques parfois présents dans ces suites. Le deuxième aspect concerne la manifestation acoustique et articulatoire de la structuration syllabique proposée. Le troisième aspect traite de la syllabe comme réalité psychologique et fournit des jugements métalinguistiques sur la façon dont les locuteurs natifs syllabifient et délimitent certaines séquences consonantiques.

## **1. La syllabe en tachlhit : une cause célèbre en phonologie**

L'inventaire consonantique du tachlhit est donné dans le tableau I.1. Le système vocalique est constitué de trois voyelles lexicales /a, i, u/. La structure syllabique du tachlhit a été analysée par Dell et Elmedlaoui dans une série d'articles très remarquables (1985, 1988). Elle est aujourd'hui un exemple connu en phonologie de par son aspect

---

<sup>2</sup> Quelques divergences existent entre ce travail et les travaux ultérieurs de Dell et Elmedlaoui (voir notamment leur ouvrage de 2002). Malgré ces quelques divergences, dont certaines sont mentionnées dans ce travail, l'essentiel de leur analyse phonologique de la structuration syllabique du tachlhit demeure sensiblement le même.

typologiquement rare et son impact sur l'évolution des théories phonologiques.

**Tableau I.1.** L'inventaire consonantique du tachlhit.

| Labials | Dentals                                | Palato-alveolars                       | Palatals | Velars                                  | Uvulars                                 | Aryepiglottals | Glottals |
|---------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------|----------|
|         | t t <sup>ʕ</sup><br>tː tː <sup>ʕ</sup> |                                        |          | k k <sup>w</sup><br>kː k <sup>w</sup> ː | qː q <sup>w</sup> ː                     |                |          |
| b<br>bː | d d <sup>ʕ</sup><br>dː dː <sup>ʕ</sup> |                                        |          | g g <sup>w</sup><br>gː g <sup>w</sup> ː |                                         |                |          |
|         | n n <sup>ʕ</sup><br>nː nː <sup>ʕ</sup> |                                        |          |                                         |                                         |                |          |
| f<br>fː | s s <sup>ʕ</sup><br>sː sː <sup>ʕ</sup> | ʃ<br>ʃː                                |          |                                         | χ χ <sup>w</sup><br>χː χ <sup>w</sup> ː | ħ<br>ħː        |          |
|         | z z <sup>ʕ</sup><br>zː zː <sup>ʕ</sup> | ʒ<br>ʒː                                |          |                                         | ʁ ʁ <sup>w</sup><br>ʁː ʁ <sup>w</sup> ː | ʕ<br>ʕː        | h<br>hː  |
| w<br>wː | l l <sup>ʕ</sup><br>lː lː <sup>ʕ</sup> | r r <sup>ʕ</sup><br>rː rː <sup>ʕ</sup> | j<br>jː  |                                         |                                         |                |          |

Très souvent citée dans les manuels de phonologie (Kenstowicz 1994, de Lacy 2007), la syllabe en tachlhit a été utilisée comme argument de premier plan en faveur d'innovations théoriques importantes, notamment par Hyman (1985) et Clements (1997). Mais c'est probablement à partir de 1993 que la structure syllabique du tachlhit allait devenir une 'cause célèbre' (Nathan 2004). Réanalysée par Prince et Smolensky (1993/2004) dans leur ouvrage fondateur de la Théorie de l'Optimalité, la description élégante qu'ils y développent a probablement été un des aspects les plus persuasifs '*de cette nouvelle façon de voir le monde*' occasionnée par ce modèle (de Lacy 2007).

### 1.1. Les premières analyses

Les travaux de Dell et Elmedlaoui (D&E) traitent du système syllabique d'une variété du tachlhit parlée dans la vallée d'Imdlawn dans le Haut Atlas Occidental (Maroc). Ils fournissent des arguments majeurs attestant que tout segment – consonne ou voyelle, obstruante ou sonante – peut être noyau de syllabe. Selon cette analyse, le système du tachlhit contient, en plus des syllabes conventionnelles V, CV, VC et CVC, des syllabes de type C, CC, CC, et CCC (où C = noyau de syllabe). Tableau I.2 fournit des exemples illustratifs de tous les noyaux syllabiques permis par la langue :

**Tableau I.2.** Exemples illustrant les différents types de noyaux syllabiques en tachlhit<sup>3</sup>

| Type de noyau       | Morphologie         | Syllabation         | Glossaire          |
|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| a. Voyelle          | aman                | a.man               | Eau                |
| b. Liquide          | frs                 | f <sub>r</sub> s    | Aiguise            |
| c. Nasale           | n-fta               | n <sub>f</sub> .ta  | Nous sommes partis |
| d. Fricative voisée | t-ɸ <sup>w</sup> li | tɸ <sup>w</sup> .li | Elle est montée    |
| e. Fricative sourde | t-χwa               | tχ.wa               | Elle est vide      |
| f. Occlusive voisée | gli                 | g.li                | Guide              |
| g. Occlusive sourde | ksi-ɸ               | k <sub>s</sub> .siɸ | J'ai fait paître   |

Le système syllabique du tachlhit n'est pas aussi complexe qu'il en a l'air. Si l'on met de côté la nature des segments syllabiques, la structuration en elle même est assez simple. Seuls 4 types de gabarits syllabiques sont permis : Noyau ; AttaqueNoyau ; NoyauCoda ; AttaqueNoyauCoda (voir aussi tableau I.2), bien loin de plus de 10 types de syllabes attestés en anglais ou en français, par exemple [voir <http://wals.info/chapter/12>].

Un ensemble d'arguments, externes et internes (dans le sens de Kenstowicz et Kisseberth 1979), a été fourni par D&E (1985, 1988) en faveur de la structuration syllabique proposée pour le tachlhit. Parmi les arguments externes, le plus marquant concerne les jugements de bonne formation en versification : la syllabation proposée pour la langue parlée permet de rendre compte des régularités métriques observées dans la versification, en distinguant entre syllabes lourdes et syllabes légères. Cet argument a été introduit pour la première fois en 1988, à la suite des travaux de Jouad (1983, 1986), et abondamment développé par la suite (voir notamment D&E 1997, 2002, 2008). Les arguments internes incluent des phénomènes de phonologie segmentale et de morphologie prosodique, notamment l'alternance de longueur dans le préfixe causatif et la gémination dans la formation des verbes imperfectifs (voir D&E 2010 pour un développement plus approfondi de ce dernier argument, en réponse à une approche alternative développée par Lahrouchi 2010).

Étant donné que tout segment peut occuper le noyau de syllabe, la syllabation d'une

<sup>3</sup> L'élément souligné est le noyau consonantique et le « . » marque les frontières de syllabes.



forme est potentiellement ambiguë. Ainsi, comment déterminer que la syllabation de [tbdrtnt] est bel et bien [t̥b.dr.t̥nt] et non [t̥b.dr.t̥nt] ou [t̥b.dr̥t.nt], etc., étant donné que les syllabes [t̥b, dr̥t, nt], prises individuellement, ont des structures licites et sont bien formées ? Selon D&E (1985), la syllabation d'une chaîne de segments donnés est presque toujours la même et le choix du noyau y est déterminé par la sonorité relative des segments de la chaîne. Ils proposent l'échelle de sonorité suivante avec une hiérarchie à 8 niveaux<sup>4</sup> :

- (2) Voyelle basse > Vocoïdes hauts > Liquides > Nasales > Fricatives voisées > Fricatives sourdes > Occlusives voisées > Occlusives sourdes

Partant de cette échelle, les syllabes sont construites à l'aide de règles ou suite de règles ayant chacune une description structurale et un changement structural. Le changement structural est toujours le même : construire à partir d'une suite de segments une syllabe de type Attaque-Noyau<sup>5</sup> (AN, Core Syllabification). La description structurale, définie en termes de traits distinctifs, renvoie à une suite YZ, où Y correspond à n'importe quel segment (sauf /a/) et Z à une matrice de traits définissant un niveau de l'échelle de sonorité présentée en (2). En descendant pas à pas le long de cette échelle, l'algorithme aboutit à la syllabation attestée [t̥b.dr.t̥nt], quand cette forme est produite à l'isolé :

**Tableau I.3.** Procédure de syllabation de [tbdrtnt] à l'aide de l'algorithme de D&E (1985)

| Étapes de l'algorithme de D&E                | [tbdrtnt]                      |
|----------------------------------------------|--------------------------------|
| Z = [- cons, + bas]                          | ---                            |
| Z = [- cons, - bas]                          | ---                            |
| Z = [+ cons, + son, - nas] et construit AN   | t̥b(dr̥)t̥nt                   |
| Z = [+ cons, + son, + nas] et construit AN   | t̥b(dr̥)(t̥n)t̥                |
| Z = [- son, + cont, + voisé]                 | ---                            |
| Z = [- son, + cont, - voisé]                 | ---                            |
| Z = [- son, - cont, + voisé] et construit AN | (t̥b)(dr̥)(t̥n)t̥ <sup>6</sup> |
| Z = [- son, - cont, - voisé]                 | ---                            |

<sup>4</sup> A noter que l'échelle de sonorité présentée ici est légèrement différente de celle adoptée par les mêmes auteurs dans leur ouvrage de 2002. D&E (2002), avec une hiérarchie à 6 niveaux, ne font plus de distinction entre les obstruantes selon leurs traits de voisement.

<sup>5</sup> Sauf à l'initial d'un domaine de syllabification, où la syllabe peut ne pas avoir d'attaque.

<sup>6</sup> La structure syllabique construite par cet algorithme est réajustée en rattachant la consonne non syllabifiée /t/ à la rime de la syllabe qui précède (et occupe ainsi la position coda).

Le domaine de la syllabation est la phrase phonologique ; les segments dans les marges des mots peuvent ainsi être resyllabifiés et seule une pause peut stopper la syllabation. Ainsi [brahim] « Brahim, prénom » à l'isolé est syllabifié [b.ra.him], où la première syllabe est constituée d'un noyau /b/. Dans [ifta brahim] « Brahim est parti », le /b/ est resyllabifié comme coda de la syllabe précédente (i.e. [if.tab.ra.him]).

Avant de poursuivre dans l'analyse proposée par D&E, soulignons ici un aspect de la structuration syllabique du tachlhit qui illustre l'importance fondamentale des contraintes imposées aux marges de la syllabe : les attaques complexes ne sont pas permises. Une conséquence est que toute suite CC prévocalique est analysée comme étant hétérosyllabique. Ainsi, la suite [bra] est analysée non pas comme une monosyllabe avec attaque complexe, même si la suite /br/ est conforme au Principe de Sonorité Séquentielle (Steriade 1982, Selkirk 1984, Clements 1990, Zec 1995, parmi d'autres), mais plutôt comme une dissyllabe où la première syllabe est constituée de l'élément noyau [b]. La contrainte contre les attaques complexes, particulièrement importante en tachlhit, a fait l'objet d'examen expérimentaux dans une partie de mes travaux détaillés dans les sections 2.2.3 et 2.3.1.

La syllabation de certaines séquences peut être agrammaticale tout en étant conforme au principe de sonorité relative. Ainsi, la forme /haUlnas<sup>7</sup>/ est syllabifiée [ha.wl.nas] et non [ha.ul.nas] alors même que /u/ est plus sonore que /l/. L'agrammaticalité de /ul/ dans ce contexte est dû à l'adjacence de son noyau (/u/) avec le noyau de la syllabe qui précède (/a/). Un examen détaillé des formes de ce type et de leurs syllabations (par e.g. [irzmas] « il lui a ouvert » syllabifiée [i.rz.mas] et non \*[i.rz.mas]) montre qu'il est plus approprié de traiter le principe qui exclut la syllabe [ul] ou [rz] en milieu de mot non pas comme une contrainte sur des paires de syllabes adjacentes, mais plutôt sur des syllabes individuelles. En effet, les deux mêmes principes (i.e. sonorité et non adjacence de deux noyaux) génèrent des syllabations non attestées \*[haw.l.nas] et \*[ir.z.mas]. Pour les exclure, D&E stipulent un principe qui impose à toute syllabe en tachlhit d'avoir une attaque (sauf après pause).

L'algorithme de D&E avec les principes développés à ce stade fonctionne correctement puisqu'il permet de générer presque toutes les syllabes attestées. Pour autant, certaines

---

<sup>7</sup> /U/ désigne un vocoïde haut qui se réalise [u] ou [w] selon qu'il occupe ou pas le noyau de syllabe. Sur la syllabation des vocoïdes, voir D&E (2002 : 189–226).

formes demeurent problématiques. D&E présentent des cas où des consonnes successives partagent le même degré de sonorité, comme [rksχ] « j’ai caché », par exemple. La syllabation attestée de cette forme est [r.ksχ] et non [rk.sχ], même si cette dernière respecte tout autant le principe de sonorité et le principe imposant une attaque à des syllabes non initiales. Pour trancher entre ces deux structures, D&E invoquent le principe de scansion de gauche à droite (G-D), tout en précisant qu’il n’a de raison d’être que pour favoriser l’application de l’algorithme qui maximise les différences de sonorité entre les variables Y et Z (i.e. entre /k/ et /s/ dans cet exemple).

Comme l’ont relevé Prince & Smolensky (1994/2003), l’algorithme proposé par D&E a ceci de particulier qu’il procède par double boucle : une boucle interne de scansion G-D à travers le mot et une boucle externe par étape successive le long de l’échelle de sonorité du plus haut au plus bas. Au-delà de son aspect arbitraire, la scansion G-D peut aboutir à des syllabations incorrectes. D&E citent la forme [it.bd.rin] (\*[i.tb̥d.rin]) « pour les cafards ». D’autres formes sont présentées en (3) montrant que les suites VC<sub>1</sub>C<sub>2</sub>C<sub>3</sub> (où C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> ont le même degré de sonorité) se voient attribuées des syllabations incorrectes en appliquant la scansion G-D (voir aussi Boukous 1987).

| (3) |                                                        | D-G                  | G-D      |                      |
|-----|--------------------------------------------------------|----------------------|----------|----------------------|
| a.  | C <sub>1</sub> <C <sub>2</sub> =C <sub>3</sub> /i-rUI/ | [ir.wi]              | *[i.ruɟ] | « il a mélangé »     |
| b.  | C <sub>1</sub> >C <sub>2</sub> =C <sub>3</sub> /i-ɜbd/ | [iɜ.bd] <sup>8</sup> | *[i.ɜbd] | « il a tiré »        |
| c.  | C <sub>1</sub> =C <sub>2</sub> =C <sub>3</sub> /i-sxf/ | [is.χf]              | *[i.sχf] | « il s’est évanoui » |

La boucle externe soulève aussi des questions : « *We must ask, why start at the top? why descend the scale? why not use it in some more elaborate or context-dependent fashion?* » (Prince et Smolensky 1993/2004 : 15). La critique formulée ici par Prince et Smolensky cible en réalité tout le modèle de la phonologie générative standard qui procède par dérivation à l’aide de règles ordonnées : cette approche peut générer des formes

<sup>8</sup> Selon D&E (1985), les formes de type [iɜbd] ou [isχf] sont réalisées comme des monosyllabes en vertu d’une règle tardive appelée ‘Annexation Prépuasale’ qui resyllabifie obligatoirement une suite de deux obstruantes formant une syllabe ouverte en coda de la syllabe précédente. Cette règle est optionnelle si le noyau est occupé par une sonante. Selon cette analyse, les codas peuvent donc être branchantes. D&E (2002) ne font pratiquement plus mention de cette règle dans leur analyse de la syllabe en tachlhit et renvoie dans une note de bas de page (p. 144) à leur travail de 1985. La motivation de cette règle est de rendre compte des deux réalisations possibles d’une forme comme /igidr/ “aigle” selon que le ton haut est sur la voyelle /i/ (auquel cas [dr] est annexée comme coda complexe) ou sur /r/ (auquel cas [dr] compte comme une syllabe à part entière). Dans une analyse plus récente (Grice et al. 2011, Röttger et al. 2012), nous avons présenté des arguments qui suggèrent non pas une resyllabification mais une simple division de labeur entre association phonologique de l’accent tonal et son alignement phonétique, la structure syllabique restant la même.

indésirables qui doivent en principe être exclues par les grammaires phonologiques<sup>9</sup>. La structure syllabique en tachlhit offrira à ces auteurs un exemple parfait pour développer les bases d'un autre modèle phonologique qui met l'emphasis non plus sur l'input et les règles qui le transforment, mais sur des contraintes imposées à la forme de surface et à leurs interactions. De ce point de vue, la structure syllabique du tachlhit résulte de la façon dont un ensemble de contraintes façonnent la forme attestée.

## **1.2. La syllabe en tachlhit et l'émergence de la Théorie de l'Optimalité**

A l'exception notable de Chomsky et Halle (1968) dont la théorie phonologique ne fait quasi aucune mention de la syllabe<sup>10</sup>, toutes les approches majeures de la phonologie (École de Prague, Structuralisme américain, Phonologie Générative post-SPE, Phonologie Autosegmentale, Phonologie Métrique, Phonologie de Gouvernement, Phonologie Articulatoire) ont placé la syllabe comme un constituant phonologique majeur. Parmi tous les cadres théoriques récents, c'est incontestablement la Théorie de l'Optimalité (Prince et Smolensky 1993/2004) qui a le plus érigé la syllabe comme constituant prosodique crucial en phonologie (voir Féry et van de Vijver 2003).

Malgré un consensus quasi général chez les phonologues générativistes sur l'importance des contraintes qui régissent les formes de surface, des questions liées à la nature et à l'activité de ces contraintes restent sans réponses probantes, et ce jusqu'à la fin des années 80<sup>11</sup>. C'est dans le contexte de cette '*crise conceptuelle au cœur de la pensée phonologique*' pour paraphraser Prince et Smolensky (1993/2004 : 2) que la Théorie de l'Optimalité (OT) se développera. Le changement de perspective est fondamental. Contrairement à la phonologie générative standard, OT envisage la composante phonologique non plus comme un mécanisme qui cible l'input et le transforme à l'aide de règles ordonnées, mais plutôt comme un dispositif qui évalue un ensemble de sorties possibles (à l'aide du module EVAL) et en sélectionne la sortie optimale (d'où le nom de

---

<sup>9</sup> Dans leur ouvrage de 2002, D&E ont laissé de côté le principe de scansion G-D et de dérivation par étape et ont proposé une approche basée sur les contraintes. Ce glissement ne doit pas être compris comme un changement strict de cadre théorique, les auteurs se sont en effet servis des contraintes – mais aussi des règles – comme simples outils pour atteindre leur objectif premier, à savoir une couverture empirique la plus large possible du phénomène de la syllabation en tachlhit.

<sup>10</sup> Il est d'ailleurs assez frappant de voir que le mot 'syllabe' n'apparaît pas dans l'index des sujets dans *Sound Pattern of English*. Même si Chomsky et Halle intègrent partiellement cette entité par le remplacement du trait [vocalique] par le trait [syllabique], la syllabe n'apparaît pas pour autant comme unité prosodique, mais plutôt comme unité plus petite que le segment (i.e. comme trait distinctif pouvant caractériser certains segments).

<sup>11</sup> Voir notamment Kisseberth (1970) sur le phénomène de conspiration qui renvoie au fait que plusieurs règles "conspirent" pour éviter une configuration (transformations gérées par la sortie). Tout comme les contraintes à la OT, la conspiration se réfère à l'output et implique différentes opérations qui peuvent participer à la conspiration soit en s'appliquant (déclenchement) soit en ne s'appliquant pas (blocage).

la théorie). Les candidats OT sont évalués par des contraintes qui sont universelles, hiérarchisées, conflictuelles et transgressables. Deux types de contraintes coexistent : les contraintes de marque<sup>12</sup>, qui restreignent les sorties marquées, et les contraintes de fidélité, qui s'assurent que le matériel figurant dans l'output est identique au matériel figurant dans l'input et inversement. Le conflit entre les contraintes de marque et de fidélité est résolu par le principe de hiérarchisation (La violation d'une contrainte hiérarchiquement inférieure est moins grave que la violation d'une contrainte située en haut de la hiérarchie) ou de domination – celui qui domine gagne !

La variation typologique est au cœur des préoccupations d'OT. Il en est ainsi plus particulièrement pour la variation des structures syllabiques des langues du monde. Le tachelhit, à ce titre, est exemplaire. Sa structure syllabique, considérée comme particulièrement marquée, offrira un terrain propice pour poser les bases d'un modèle qui voit dans les variations entre langues une conséquence de la manière dont des contraintes de marque sont hiérarchisées: « ... *[OT's] success at dealing with markedness hierarchies in the now famous case of Imdlawn Tashlhiyt Berber syllabification is probably part of the reason that OT's influence spread so quickly* » (de Lacy 2007: 23).

Prince et Smolensky (1993/2004) modélisent la structuration syllabique des langues du monde à l'aide de l'ensemble interactif de contraintes listées en (4). Les trois premières sont des contraintes de marque qui reflètent le fait que CV est la syllabe non marquée par excellence. Les deux dernières sont des contraintes de fidélité.

- (4) HNUC (Nuclear Harmony Constraint) : Un noyau de sonorité élevée est préférable à un noyau de plus faible sonorité
- ONSET : Chaque syllabe doit avoir une attaque
- NoCODA : Les syllabes se terminent par une voyelle
- PARSE : Le matériel segmental de l'entrée doit être intégré à une structure syllabique dans la forme de sortie
- FILL : Les positions syllabiques doivent être remplies par le matériel segmental de l'entrée

PARSE est une contrainte contre l'élision et FILL contre l'épenthèse. Ainsi, à partir d'une entrée de type /CVC/, les différentes hiérarchisations de PARSE et NoCODa auront pour

---

<sup>12</sup> La notion de marque, déjà utilisée chez les structuralistes et les générativistes, est au cœur d'OT, intégrée dans les grammaires des langues sous formes de contraintes sur les formes de surface.

conséquence soit une syllabe fermée [CVC] (si PARSE domine NoCODA) soit une élision de la consonne finale [CV] (si NoCODA domine PARSE), étant donné qu'il est impossible pour un candidat de satisfaire simultanément ces deux contraintes. De même dans une langue où la contrainte ONSET domine la contrainte FILL, la forme de sortie possèdera une attaque même si l'entrée lexicale n'en possède pas.

Selon la réanalyse de la syllabe en tachlhit proposée par Prince et Smolensky, basée dans un premier temps sur un échantillon très limité de formes, deux de ces contraintes permettent de rendre compte de la syllabation de ces mots : HNUC et ONSET. Selon HNUC, si la sonorité intrinsèque de l'élément Y est plus élevée que la sonorité intrinsèque de l'élément Z, alors une syllabe avec Y comme noyau est plus harmonieuse ou optimale qu'une syllabe avec Z noyau. La contrainte ONSET, qui oblige les syllabes qui ne sont pas précédées d'une pause à avoir une attaque, est hiérarchiquement supérieure à la contrainte H-Nuc. Autrement dit, toute violation de la contrainte ONSET est fatale. Cette hiérarchisation entre les deux contraintes explique le choix de la syllabe [wl] de la forme /haUlnas/ – vue précédemment – au détriment de [ul]. La hiérarchisation de ces contraintes et le candidat optimal qui en découle sont représentés sous forme de tableau (I.4). La violation d'une contrainte est marquée par un astérisque "\*" et la violation fatale d'une contrainte est marquée par un point d'exclamation "!". Le symbole ☞ signale le candidat optimal :

**Tableau I.4.** Comparaison partielle de deux candidats pour la séquence /Ul/ (Prince et Smolensky 1993/2004: 18).

| Candidats        | Onset | HNUC |
|------------------|-------|------|
| ☞ ~.w <u>l</u> ~ |       | *    |
| ~.ul~            | * !   |      |

La ressemblance entre HNUC et ONSET d'un côté et les deux principes posés par D&E (sonorité relative et principe interdisant les syllabes sans attaques, respectivement) est évidente. La notion de domination a aussi été utilisée d'une façon ou d'une autre dans la littérature pré-OT, soit de façon informelle ou comme clause clarifiant comment un ensemble de contraintes doit être interprété. Dans plusieurs passages, D&E (1985) ont employé le verbe 'override' qui renvoie clairement à cette notion : "*The prohibition of hiatus...overrides...*" (p. 109), "*the overriding effect of (10) over (12)*" (p. 110), etc.

L'intuition était donc clairement là, même si elle était exprimée uniquement en prose et non intégrée à la grammaire, le processus de syllabation étant exclusivement du ressort de l'algorithme et des règles ordonnées qu'il incorpore. La nouveauté apportée par OT réside dans le fait que les contraintes et leur interaction sont intégrées de manière formelle dans la théorie. Les contraintes sont données par la grammaire universelle (UG) et leur classement est spécifique aux langues. Autrement dit, la relation de domination  $\text{ONSET} \gg \text{HNUC}$  est un principe de la grammaire du tachlhit.

La procédure d'évaluation de la structure syllabique est une autre innovation induite par la réanalyse de Prince et Smolensky. Alors que le processus initialement proposé par D&E procède par étape (i.e. syllabe par syllabe dans une forme qui peut en contenir plusieurs), Prince et Smolensky étendent la procédure de sorte à pouvoir évaluer en même temps toutes les syllabes contenues dans une forme. Pour se faire, ils appliquent le même raisonnement utilisé pour définir la domination, mais au sein des catégories de contraintes. Ils ont ainsi remplacé la procédure par itération par un schème récursif : au lieu de produire et éventuellement éliminer un candidat à chaque étape du processus séquentiel, l'ensemble des syllabations possibles est définie et évaluée, le candidat optimal étant celui dont la structure complète satisfait le mieux la hiérarchie des contraintes. Le tableau I.5 présente l'analyse parallèle de la syllabation complète de [txznt] « tu as emmagasiné » :

**Tableau I.5.** Analyse parallèle de la syllabation complète de [txznt] (Prince et Smolensky 1993/2005: 20).

| Candidates                                                                                   | ONS     | HNUC       | Comments                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------|---------------------------|
|  .tX.zNt. |         | n      x   | optimal                   |
| .Tx.zNt.                                                                                     |         | n      t ! | $ n  =  n ,  t  <  x $    |
| .tXz.nT.                                                                                     |         | x !      t | $ x  <  n , t$ irrelevant |
| .txZ.Nt.                                                                                     | * !     | z      n   | HNUC irrelevant           |
| .T.X.Z.N.T.                                                                                  | * ! *** | n z x t t  | HNUC irrelevant           |

Ce tableau contient toute l'information nécessaire pour évaluer les différents candidats. La violation de la contrainte ONSET élimine d'emblée les deux derniers candidats : la

dernière syllabe de [tx̣z.ɳt] n'a pas d'attaque ainsi que les 4 dernières syllabes de [ṭx̣.ẓ.ɳ.ṭ] (pour rappel une syllabe peut être sans attaque en position initiale absolue). Les trois candidats restants sont à leur tour évalués par la contrainte HNUC, qui choisit le noyau le plus sonore comme étant le plus optimal. [tx̣z.ɳt] est éliminé de la compétition, puisque /n/, qui est le segment le plus sonore, n'est pas le noyau de la syllabe finale. Les deux autres candidats ont tous des syllabes avec attaque et /n/ comme noyau. L'évaluation HNUC se poursuit en évaluant le noyau le plus sonore après /n/. /χ/ dans [ṭx̣.ẓ.ɳṭ] étant plus sonore que /t/ dans [ṭx̣.ẓ.ɳṭ], c'est le premier candidat qui est optimal. Au cours du développement de leur analyse de la structure syllabique du tachlhit (dans la partie II de leur ouvrage), Prince et Smolensky ont déconstruit la contrainte HNUC et l'ont remplacé par les deux ensembles de contraintes suivantes spécifiques aux segments qui peuvent occuper les marges (M<sub>argin</sub>) ou le sommet de syllabe (P<sub>ea</sub>k), où α renvoie aux segments tels qu'ils sont hiérarchisés à l'aide de l'échelle de sonorité présentée en (2) :

- \*M/α : α ne doit pas être associé à une marge de syllabe (Attaque ou Coda)
- \*P/α : α ne doit pas être associé à un sommet de syllabe

Dans leur analyse, les contraintes sur les marges (i.e. Onset et \*M/α) dominent les contraintes sur les sommets de syllabes (\*P/α), comme le montre le tableau I.6 pour la forme [tx̣z.ɳt], suggérant ainsi que la syllabification en tachlhit est principalement guidée par l'identification et la non violation des contraintes sur les attaques.

**Tableau I.6.** Analyse de la syllabation de [tx̣z.ɳt] (adaptée de Clements 1997).

|   | /t-xzn-t/    | ONSET | *M/n | *M/z | *M/χ | *M/t | *P/t | *P/χ | *P/z | *P/n |
|---|--------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ☞ | ṭx̣.ẓ.ɳṭ  |       |      | z    |      | t t  |      | χ    |      | n    |
|   | ṭx̣.ẓ.ɳṭ  |       |      | z    | χ!   | t    | t    |      |      | n    |
|   | ṭ.χ̣.ẓ.ɳṭ |       | n!   |      | χ    |      | t t  |      | z    |      |
|   | ṭx̣.ẓ.ɳṭ  |       | n!   |      | χ    | t    | t    |      | z    |      |
|   | ṭx̣.ẓ.ɳṭ  | *!    |      |      | χ    | t t  |      |      | z    | n    |
|   | ṭx̣.ẓ.ɳṭ  | *!    |      | z    |      | t t  |      | χ    |      | n    |



### **1.3. Conclusion**

La syllabation en tachlhit a offert une base empirique solide pour poser les bases d'OT, modèle dominant en phonologie aujourd'hui. Pour autant, au moins concernant l'analyse de la structure syllabique du tachlhit, OT n'a pas permis d'apporter LA solution à un problème resté insoluble pour les autres modèles, comme ce fut le cas pour l'analyse des constituants dissyllabiques du Guugu Yimidhirr (Kager 1996) ou le problème de la reduplication (McCarthy et Prince 1995). On l'a vu, un modèle qui procède par dérivation fonctionnait tout aussi correctement (mais voir le problème de directionnalité mentionné plus haut) et les contraintes proposées par Prince et Smolensky, même si elles sont sujettes à débat (voir Clements 1997 et sa critique de la contrainte  $*M/\alpha$ ), ne rejettent pas le fondement de l'analyse phonologique initialement proposée par D&E.

Des critiques plus sérieuses ont suivi les travaux de D&E, Prince et Smolensky, et Clements, remettant en cause la nature même du phénomène examiné (Angoujard 1997, Coleman 1999, Louali et Puech 2000). La critique d'Angoujard (1997 : 184) est en ce sens représentative des débats particulièrement vifs autour de la syllabation en tachlhit : *« Lorsqu'une langue peut être décrite comme porteuse de configurations exotiques, deux attitudes sont communément observées : le linguiste peut se saisir avidement de ces configurations susceptibles d'attirer l'attention générale ; il peut également, s'il n'imagine pas qu'une langue puisse être n'importe quoi, s'atteler à une réanalyse et tenter de montrer que l'exotisme linguistique a ses limites, quitte à décevoir les amateurs de curiosité »*. Un seul point d'accord est sorti de ces débats, la connaissance des phénomènes à partir de l'introspection, des jugements des linguistes natifs et des transcriptions traditionnelles est insuffisante, et il faut avoir recours à des données expérimentales pour résoudre les problèmes.

### **2. La syllabe à l'épreuve expérimentale**

En parlant de curiosité, Angoujard faisait notamment référence aux longues suites consonantiques (comme dans (1) ci-dessus) et doutait que de telles séquences soient dépourvues d'éléments vocaliques (schwas) aptes à occuper les noyaux syllabiques. Le doute exprimé par Angoujard soulève en réalité deux questions. La première est liée à la nature phonétique de ces longues séquences : sont-elles purement consonantiques ou contiennent-elles des éléments vocaliques ? La deuxième question a trait au statut phonologique de ces éléments vocaliques (s'ils sont phonétiquement présents) : peuvent-ils

prétendre au statut de noyau syllabique ? Ces deux questions nécessitent, en plus des arguments phonologiques, des analyses expérimentales pour y apporter des éléments de réponse. Ces analyses ont été entreprises dans divers travaux menés notamment en collaboration avec C. Fougeron (Ridouane 2003, 2008, 2009, Fougeron et Ridouane 2008a-b, Ridouane et Fougeron 2011). Les résultats les plus importants sont récapitulés dans la section 2.1.

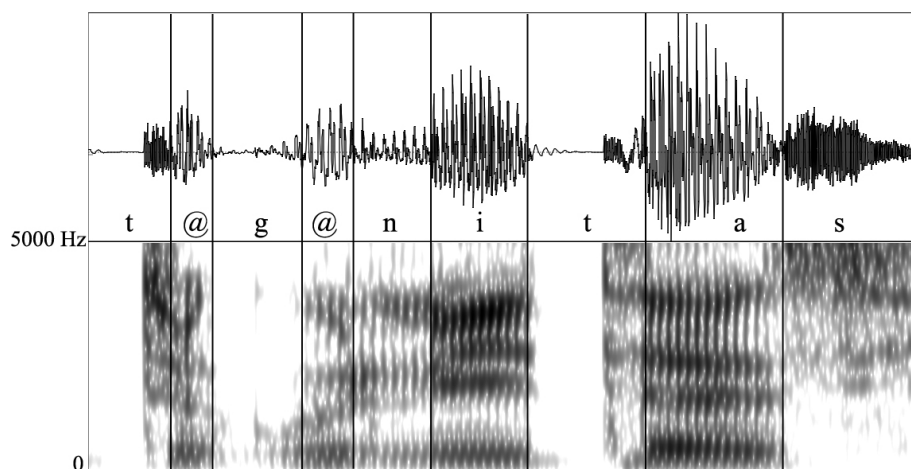
Un autre sujet qui a nécessité une approche expérimentale concerne la manifestation phonétique des syllabes sans voyelles. Définir la syllabe sur des bases phonétiques n'est pas une tâche aisée. La raison, comme je l'ai signalé plus haut, est liée en partie à la structure même de la syllabe dans la majorité des langues du monde. Le fait que dans la majorité de ces langues la syllabe soit constituée autour d'un élément vocalique rend difficile de définir le noyau sur la base de ses propriétés intrinsèques en tant que segment, de ses propriétés relatives aux segments adjacents (sommet de sonorité) ou de quelque autre propriété. A cet égard, la structure syllabique du tachlhit est particulièrement intéressante puisqu'elle permet à un même segment d'être noyau ou marge de la syllabe. Ainsi une occlusive sourde comme /k/, par exemple, peut être noyau (e.g. [tk.f̩m] « elle est rentrée »), attaque (e.g. [k̩f.mat] « rentrez »), ou coda (e.g. [ik.f̩m] « il est rentré »). L'existence de telles structures a permis, à travers plusieurs travaux (Fougeron et Ridouane 2008a, Ridouane, Meynadier et Fougeron 2011, Hermes, Ridouane, Mücke et Grice 2011, Ridouane, Hermes et Hallé 2014), de tester un ensemble de propositions sur la manifestation phonétique de différents groupements consonantiques qui ne se distinguent que par leur structure syllabique. Les résultats de ces travaux sont détaillés dans la section 2.2.

Un autre aspect examiné expérimentalement porte sur la perception des syllabes par les locuteurs natifs grâce aux jugements métalinguistiques. Encore en cours pour l'essentiel, ces travaux menés en collaboration avec P. Hallé tentent de déterminer si les locuteurs natifs ont une notion cohérente de la structure syllabique des énoncés, et comment cela pourrait correspondre à une organisation syllabique telle que décrite par l'organisation phonologique (Ridouane et Hallé 2014 ; Ridouane, Hermes et Hallé 2014). Les résultats de ces travaux sont détaillés dans la section 2.3.

### ***2.1. Schwa : une histoire sans fin***

Il y'a trois voyelles sous-jacentes en tachlhit : /a i u/. Au niveau de la surface, en plus des

différentes réalisations de ces 3 voyelles, un autre élément vocalique (transcrit ici comme [@]) est parfois visible sur le signal acoustique, comme le montre la figure I.1.



**Figure I.1.** Le signal acoustique et le spectrogramme de la forme [tg<sup>w</sup>nitas] « tu as cousu pour lui » contenant deux vocoïdes [@].

La présence de ce type de vocoïdes n'est pas propre au tachlhit. En français, par exemple, on peut observer sur le plan acoustique un élément ressemblant à une voyelle entre /b/ et /d/ dans le mot <abdiquer> (ou entre /d/ et /v/ dans <advenir>) (voir aussi Hall 2003). Alors qu'en français l'aspect transitionnel de ce type d'éléments ne souffre aucune contestation, en tachlhit, son statut exact a des implications importantes sur la théorie de la syllabe. La question du statut de ce vocoïde a fait l'objet d'âpres discussions dans la littérature. Deux tendances ressortent de ce débat : (i) la première, représentée par les travaux de D&E (1985, 1988, 1996, 2002), Ridouane (2003, 2008), Ridouane et Fougeron (2008), et Ridouane et Fougeron (2011), considère ce vocoïde comme un simple élément transitionnel sans aucune valeur structurelle, (ii) la deuxième, représentée notamment par les travaux de Coleman (1996, 1999, 2001, mais aussi Louali et Puech 2000), considère au contraire qu'il s'agit là de voyelles épenthétiques insérées par la composante phonologique pour occuper les noyaux de syllabes.

En se basant sur l'inspection auditive des productions d'un des auteurs (Elmedlaoui), qui est locuteur natif de la variante du tachlhit parlée dans la vallée d'Imdlawn, D&E postulent que la présence d'un élément vocalique dans un contexte de consonnes voisées n'est qu'une transition vocalique d'une consonne à une autre. Sa présence n'est pas permise entre deux consonnes sourdes ou entre certaines consonnes homorganiques. D&E ne présentent pas de données expérimentales pour appuyer cette analyse et leurs

observations auditives des séquences hétérorganiques sont principalement basées sur les suites occlusives-occlusives, étant donné que cet élément vocalique est particulièrement difficile à percevoir dans des suites contenant une fricative.

De son côté, le modèle de co-production développé par Coleman (1996) interprète les consonnes syllabiques comme une réalisation phonologique d'une suite schwa + consonne. Ce schwa qui doit occuper le noyau syllabique peut dans certains cas s'effacer ; la trace laissée est reliée dans la co-articulation de la consonne suivante. Des données acoustiques ont été présentées à l'appui de cette analyse. Il s'agit notamment de données enregistrées auprès d'Elmedlaoui et qui montrent des occurrences de schwa là où l'analyse de D&E ne les prévoit pas, notamment en fin de mot, ou entre consonnes sourdes. Pour autant, ces données restent limitées à un seul locuteur – conscient de l'objet de l'étude de surcroît – et ne sont pas suffisamment balancées pour avoir une idée plus précise de la distribution de cet élément vocalique.

Du point de vue phonologique, D&E (2002), Ridouane (2008) et Fougeron et Ridouane (2008b) présentent un ensemble d'arguments qui tendent à montrer que cet élément vocalique n'a pas de segment qui lui correspond au niveau des représentations phonétiques :

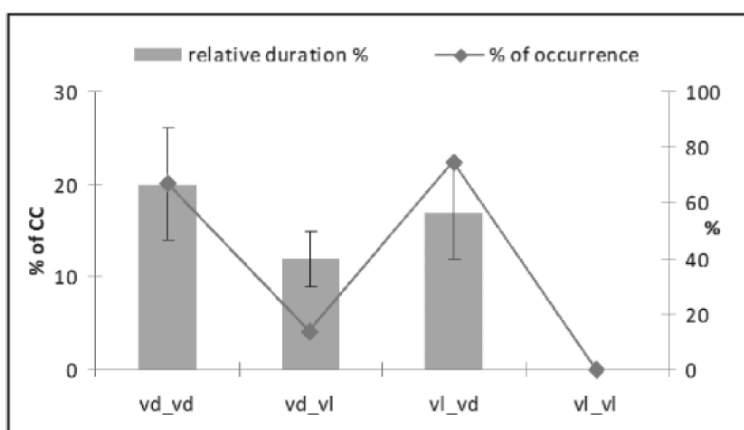
1. Les locuteurs natifs sont largement inconscients de sa présence dans leurs productions ;
2. Sa présence ne dépend pas de la position syllabique de la consonne adjacente ;
3. Il ne contribue pas au poids de la syllabe dans la versification (i.e. une séquence C@C est traitée comme une syllabe légère) ;
4. Il n'interagit pas avec la phonologie en ce sens que les processus phonologiques, comme l'assibilation ou le dévoisement, ignorent totalement sa présence.

Pour autant, ces divers arguments, aussi solides soient-ils, n'excluent pas de manière définitive un traitement phonologique de ces éléments vocaliques. Tout d'abord, l'intuition des locuteurs natifs est souvent sujette à controverse, notamment pour les cas aussi complexes que ceux traités ici. Ensuite, l'absence d'effet de schwa sur le poids de la syllabe n'implique pas forcément qu'il n'est pas inséré par la composante phonologique, la littérature abonde de travaux illustrant la non moraïcité des schwas épenthétiques (Voir notamment Bensoukas et Boudlal (2012) sur l'amazighe et l'arabe marocains). Enfin, le fait que les processus phonologiques ignorent la présence de cet élément

vocalique peut être accommodé, dans une approche transformationnelle, en postulant que l'épenthèse est une règle tardive, qui a lieu après la règle de dévoisement ou la règle d'assibilation.

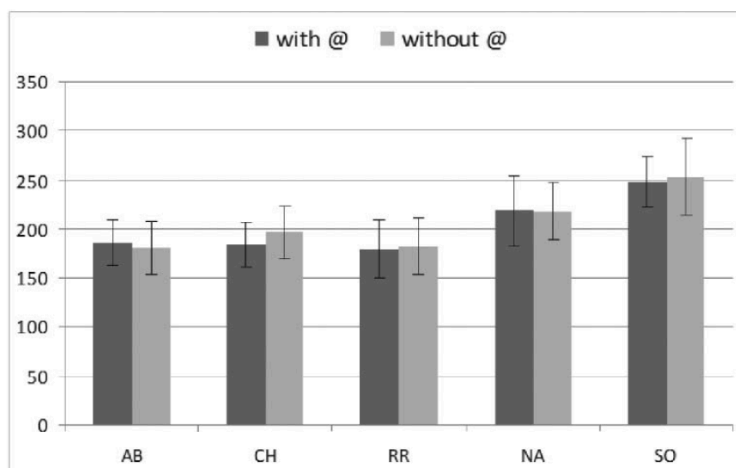
Les données phonétiques apportent des arguments supplémentaires montrant que cet élément vocalique est un élément transitionnel dont la distribution dépend essentiellement de la nature des consonnes contenues dans une séquence. L'essentiel de ces arguments a été présenté dans (i) Ridouane (2008) à partir de données acoustiques pour 7 locuteurs et des données fibroscopiques et photoélectroglottographiques pour 2 locuteurs, (ii) Fougeron et Ridouane (2008a, b) à partir de données échographiques et électropalatographiques pour 1 locuteur, et (iii) Ridouane et Fougeron (2011), sur la base d'analyses acoustiques des suites #C<sub>1</sub>C<sub>2</sub>V pour 5 locuteurs. Les arguments résumés dans cette synthèse sont principalement tirés de cette dernière étude qui portait sur la distribution de [ə] selon le voisement, le mode d'articulation et le lieu d'articulation des consonnes contenues dans la séquence.

Le premier argument concerne la distribution de ces éléments vocaliques selon les spécifications laryngales des consonnes dans une suite #C<sub>1</sub>C<sub>2</sub>V. Les résultats, illustrés par la figure I.2, montrent que cet élément n'apparaît acoustiquement que dans les séquences où au moins une des deux consonnes est [+voisé] : schwa est plus fréquent dans les séquences où C<sub>2</sub> est voisée (70%), moins fréquent dans les séquences où C<sub>2</sub> est sourde (14%) – pour cause de dévoisement régressif – et totalement absent dans les séquences où C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub> sont sourdes (0%).



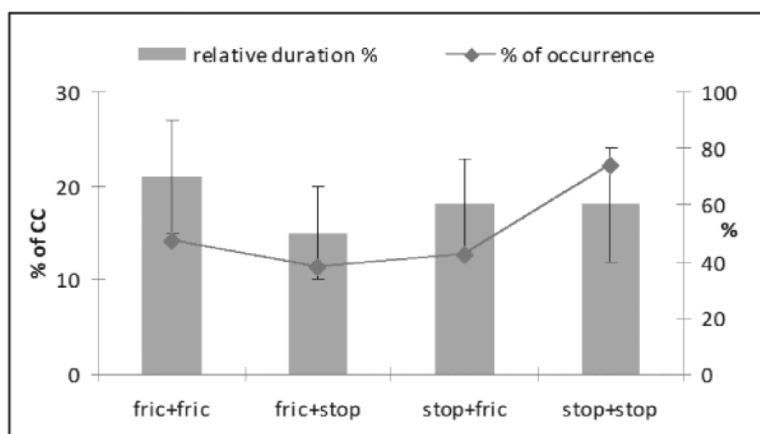
**Figure I.2.** Pourcentage d'occurrence d'éléments vocaliques (en courbe, axe de droite) et leurs durées relatives (en barre, axe de gauche) en fonction des spécifications laryngales des consonnes dans la séquence C<sub>1</sub>C<sub>2</sub> (vd=voisées, vl=sourdes).

Il est important de signaler que ce résultat n'implique pas l'absence systématique d'éléments vocaliques entre toutes suites de consonnes sourdes. Dans Ridouane (2008), il a été montré que pour certains locuteurs, des mots composés au niveau sous-jacent de consonnes sourdes uniquement peuvent être le siège de [ə] facultatif. Ce phénomène qui peut être attribué à l'influence de l'arabe marocain, suggère aussi qu'il puisse jouer un rôle structurant pour les constituants prosodiques plus larges que la syllabe, en ce sens qu'il peut être porteur de l'accent tonal. En effet, en l'absence d'un noyau sonore dans un mot sourd, les locuteurs peuvent parfois associer le ton à ce vocoïde transitionnel. Je reviendrai sur cet aspect à la fin de cette section.



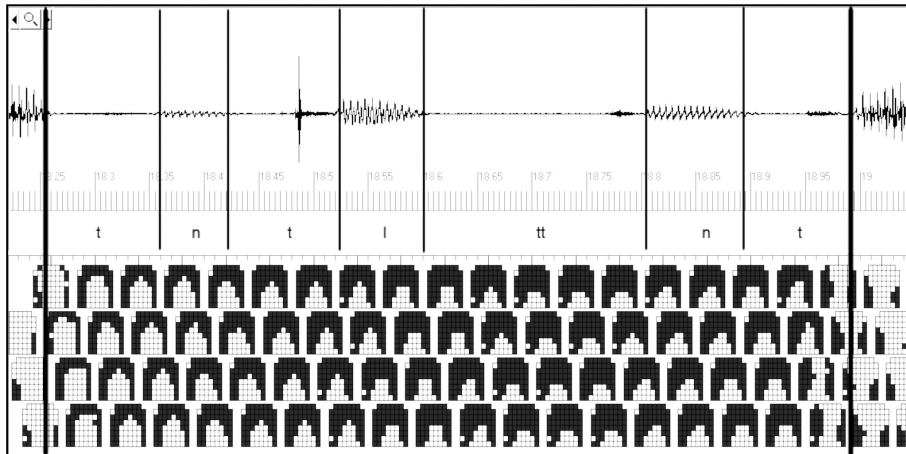
**Figure I.3.** La durée des séquences  $C_1C_2$  selon la présence ou l'absence de l'élément vocalique @ entre  $C_1$  et  $C_2$ .

Le deuxième argument concerne l'effet de schwa sur la durée totale de la séquence où il apparaît. Partant du postulat qu'un élément épenthétique augmenterait la durée totale de la séquence où il est inséré, les mesures effectuées, illustrées par la figure I.3, montrent que la durée de [C@C] (203 ms) est sensiblement la même que celle de [CC] (206 ms), et systématiquement plus courte que la durée d'une séquence [CiC] (239 ms). A cet égard, l'élément vocalique du tachlhit semble se comporter différemment des schwas épenthétiques insérés par la composante phonologique. En russe, par exemple, une séquence de deux consonnes à l'initiale de mot séparées par un schwa phonologique (i.e., #CəC) est significativement plus longue qu'une séquence #C(@)C (Davidson et Roon 2008, voir aussi Gick et Wilson 2006, pour l'anglais).



**Figure I.4.** Pourcentage d'occurrence d'éléments vocaliques (en courbe, axe de droite) et leurs durées relatives (en barre, axe de gauche) en fonction du mode d'articulation des consonnes dans la séquence  $C_1C_2$ .

Le troisième argument concerne la distribution de ces éléments vocaliques selon le mode d'articulation des consonnes dans la suite  $C_1C_2$ . Les résultats, illustrés par la figure I.4, montrent qu'il y a plus d'éléments vocaliques dans une suite [occlusive – occlusive] (80%) que dans une suite contenant une fricative (moins de 50%). Cette différence distributionnelle est probablement liée à l'importance du relâchement des occlusives comme indice perceptif de leurs lieux d'articulation. En effet, le lieu d'articulation d'une occlusive est principalement signalé par l'information spectrale au moment du relâchement. Ainsi, dans [tg<sup>w</sup>nitás] « tu as cousu pour lui » (figure I.1), l'information sur le lieu d'articulation de  $C_1$  et  $C_2$  est essentiellement fournie par le burst et la transition formantique vers [@]. De même, le recouvrement perceptif de l'aspect voisé de /g<sup>w</sup>/ peut être renforcé par cet élément vocalique et permettre d'augmenter sa distance perceptive avec la forme [tk<sup>w</sup>nitás] « tu t'es courbé pour lui ». Pour les fricatives, c'est le bruit de friction intrinsèque à ces segments qui porte cette information transitionnelle à la frontière d'une suite  $C_1C_2$ .



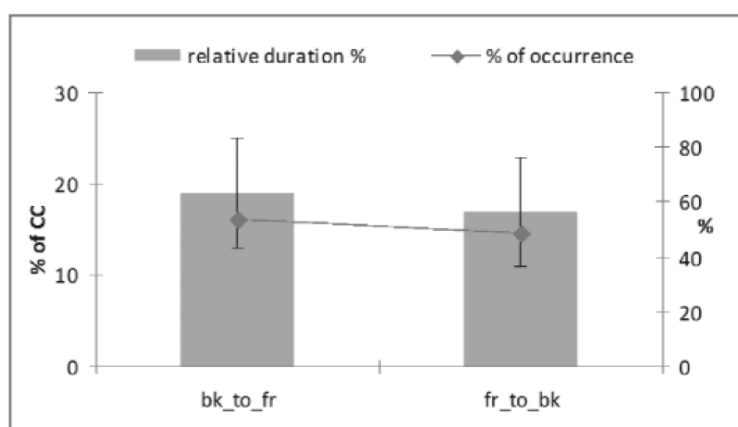
**Figure I.5.** Le signal acoustique et le profile linguo-palatal pendant la production de la forme [tntltnt] « tu les as masquées ». Données obtenues par électropalatographie (EPG), une technique qui permet, à l'aide d'un palais artificiel, de mesurer le contact linguopalatal (carrés pleins = électrodes contactées).

Le quatrième et dernier argument concerne la distribution de ces éléments vocaliques selon le lieu d'articulation et le degré de chevauchement des consonnes. Les résultats des données électropalatographiques montrent que pour que schwa se réalise acoustiquement, le conduit vocal doit être suffisamment ouvert au moment de la transition d'une consonne vers une autre. Ainsi, schwa n'apparaît jamais entre une obstruante et une sonante ne partageant pas le même lieu d'articulation. La réalisation des formes contenant des suites des consonnes coronales comme [ntntni] « elles » ou [tntltnt] « tu les as masquées » illustre cet aspect : la langue reste colée aux alvéoles du début jusqu'à la fin de la séquence consonantique, une configuration qui rend impossible la réalisation d'un élément vocalique (voir figure I.5).

La présence de cet élément vocalique est donc liée au degré de chevauchement entre les deux consonnes ; le relâchement de  $C_1$  ne doit pas être chevauché par  $C_2$  (i.e. le relâchement de  $C_1$  et l'occlusion de  $C_2$  doivent être espacés dans le temps). Étant donné que la coordination articulatoire n'est pas directement observable à partir de données acoustiques et que le relâchement articulatoire n'est pas toujours visible acoustiquement, nous avons testé l'impact du degré de chevauchement à l'aide d'un argument indirect : l'effet de l'ordre du lieu d'articulation des consonnes (antérieur-postérieur vs. postérieur-antérieur). Plusieurs études ont montré que le chevauchement entre deux consonnes dépend de leur point d'articulation respectif. Les séquences postérieur-antérieur présentent moins de chevauchement temporel que les séquences antérieur-postérieur

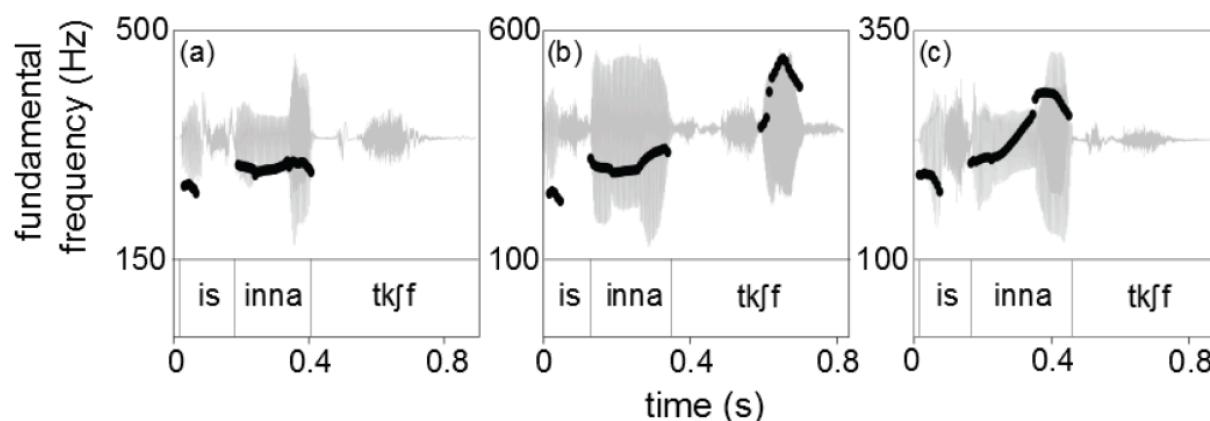


(voir par exemple Chitoran et al., 2002). Si l'effet de lieu s'applique pour le tachlhit, on devrait observer moins d'éléments vocaliques dans les séquences postérieur-antérieur comparées aux séquences antérieur-postérieur. Nos résultats, illustrées par la figure I.6, ne confirment pas cette hypothèse, et montrent que la distribution de [@] n'est pas une fonction du lieu d'articulation des consonnes dans la séquence. Pour autant, la durée de [@] est significativement plus longue dans les séquences postérieur-antérieur. Si la durée de [@] est effectivement le reflet acoustique du gap entre  $C_1$  et  $C_2$ , alors la durée plus longue de cet intervalle peut être interprétée comme une conséquence d'un chevauchement moindre entre les gestes de  $C_1$  et  $C_2$  dans les séquences postérieur-antérieur.



**Figure I.6.** Pourcentage d'occurrence d'éléments vocaliques (en courbe, axe de droite) et leurs durées relatives (en barre, axe de gauche) en fonction du lieu d'articulation des consonnes dans la séquence  $C_1C_2$ .

Pour résumer, l'examen des spécifications de  $C_1$  et  $C_2$  montre que des configurations articulatoires spécifiques peuvent favoriser ou inhiber l'émergence de cet élément vocalique. Plus spécifiquement, pour que cet élément se manifeste acoustiquement, deux conditions doivent être satisfaites : (1) au moins une des deux consonnes doit être phonétiquement voisée et (2) le conduit vocal doit être suffisamment ouvert pendant la transition d'une consonne à une autre. Ces résultats, couplés aux arguments phonologiques, constituent des arguments importants montrant que schwa en tachlhit n'est pas une voyelle qui joue un rôle dans la structuration syllabique mais un élément transitionnel qui résulte de manière automatique de la nature des ajustements entre les gestes laryngaux et supralaryngaux des consonnes contenues dans une séquence.

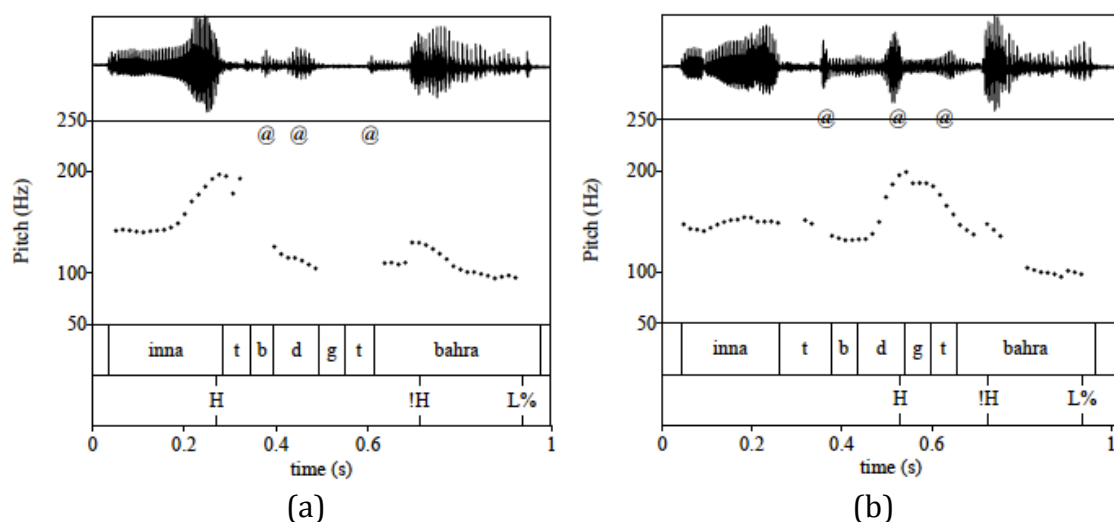


**Figure I.7.** Signaux acoustiques et contours-F0 pour trois réalisations de trois locuteurs différents de la forme [is inna tkjf] « est-ce qu’il a dit ‘elle est sèche’ »

Pourtant, comme souligné plus haut, schwa peut servir de site porteur d’accent tonal dans certains contextes particuliers, ce qui suggère que l’histoire de schwa n’est pas encore totalement finie et que d’autres travaux sont nécessaires pour cerner le statut exact de cet élément en tachlhit. En collaboration avec Martine Grice et Timo Röttger (IFL, Cologne), nous avons examiné les facteurs qui déterminent le placement de l’accent tonal et comment ces facteurs interagissent entre eux en tachlhit, en examinant la prosodie des questions polaires et celle de la focalisation contrastive. En plus de la modalité phrastique, nous avons contrôlé les mots cibles pour investiguer l’interaction de la nature du noyau syllabique, de la sonorité et du poids de la syllabe comme facteurs pouvant déterminer l’association tonale. Les résultats montrent que l’association entre tons prosodiques et syllabe est déterminée par une interaction complexe de facteurs indépendants : le degré de sonorité du noyau de syllabe, le poids de la syllabe, et la modalité de la phrase. Ces différents facteurs contribuent ensemble ainsi à déterminer à quelle syllabe est associée l’accent tonal.

Comme le montre la figure I.7, en l’absence d’un noyau sonore dans une syllabe ou un mot, les locuteurs soit omettent totalement le ton (I.7a), soit il est anticipé et réalisé sur le /a/ de /inna/ (I.7c), ou, fait intéressant, il est associé à un élément vocalique apparaissant entre l’onset et le noyau de la dernière syllabe (I.7b). L’exemple de la figure I.7b illustre un contexte où les schwas transitionnels ne sont pas normalement censés apparaître, i.e. entre obstruantes sourdes. Comment donc réconcilier l’aspect transitionnel de cet élément et le fait qu’il puisse non seulement apparaître entre obstruantes sourdes mais aussi porter un ton prosodique ? Autrement dit, comment

réconcilier le fait que schwa ne joue aucun rôle au niveau phonologique et le fait qu'il participe à la structuration tonale d'un énoncé ? Gordon et Nafi (2012), confrontés au même résultat, supposent l'existence de deux types de schwa en tachlhit, un qui serait transitionnel et un autre épenthétique inséré par la composante phonologique. Même si la coexistence de deux types de schwa a déjà été rapportée pour au moins deux langues (mono et kelchi, voir Hall 2003), une telle supposition souffre d'un manque d'arguments objectifs pour la soutenir. La figure I.8 illustre deux réalisations de la forme [tb.dgt] « tu es mouillé » par un même locuteur. Cette forme est produite avec trois schwas, mais seul celui précédant /g/ porte le ton H dans l'exemple (I.8b). Comment objectivement distinguer au sein de ce même item entre ce schwa qui serait donc inséré phonologiquement et les autres schwas qui, parce qu'ils ne portent pas de ton H, seraient de simples éléments transitionnels ?



**Figure I.8.** Signaux acoustiques et contours-F0 pour la forme [tb.dgt] « tu es mouillé » par un même locuteur. Dans (a), l'accent tonal H est sur le mot qui précède (i.e. le verbe /inna/ « il a dit » de la phrase cadre « inna ... bahra ») ; dans la figure (b) l'accent tonal H est sur le vocoïde transitionnel (entre /d/ et /g/).

L'examen d'un nombre plus important d'items et de contextes suggère une autre explication. Tout d'abord schwa n'apparaît pas entre consonnes homorganiques (e.g. entre /q/ et le noyau /ɤ/ dans /ʃt.qɤ/ « j'ai sauvé »). Dans cette forme, schwa, si schwa il y'a, ne peut apparaître qu'entre /t/ et /q/ ou après /ɤ/. La présence de ce type de schwa est donc, à un certain degré, lié aux propriétés articulatoires des consonnes adjacentes.

Un autre aspect important est lié à la grande variabilité dans la réalisation des locuteurs.

Si l'on ne regarde que les mots sourds, sur les 288 réalisations de ce type de formes par les 4 sujets enregistrés dans Grice, Ridouane et Röttger (à paraître), seules 23% ont contenu des schwas porteurs de ton H. Un fait intéressant, qui renvoie à la figure I.7c, est que dans les cas où le sommet de F0 est anticipé (i.e. réalisé sur le /a/ de /inna/), il ne peut y avoir de schwa sur le mot cible. Une anticipation de la montée de F0 et un schwa entre obstruantes sourdes sont donc mutuellement exclusives. Ainsi, malgré le fait que schwa est pertinent pour la structuration intonationnelle du tachlhit, sa présence est probablement le résultat d'une organisation gestuelle conditionnée par des facteurs prosodiques. Il serait dans ce cas-là le résultat d'une sorte de pression exercée par le système prosodique pour trouver un site, le plus proche possible de la fin de l'énoncé, où réaliser une montée de F0. Une telle explication serait en accord avec les résultats de Ridouane et Fougeron (2011) qui montrent que schwa ne se réalise jamais entre obstruante sourde dans un mot qui contient déjà une voyelle. A cet égard, la présence d'une voyelle pleine dans une forme comme [tsskʃftas] « tu as séché pour lui », avec une suite de 7 obstruantes sourdes, exclut la présence de schwa entre ces obstruantes.

## **2.2. La syllabe sans voyelle : quelles manifestations phonétiques ?**

La quête de preuves sur la réalité physique de la syllabe commence avec la naissance de la phonétique expérimentale moderne initiée par l'abbé Rousselot (1909). Bien que les résultats de cet auteur invalident l'existence phonétique de la syllabe : « *Les mouvements organiques se lient les uns aux autres sans solution de continuité, et il n'y a pas de point d'arrêt dont on puisse dire d'une façon absolue : ici finit une syllabe et commence une autre* » (p. 969), les recherches sur cette question ont continué. Beaucoup, comme Saussure (1916), Delattre (1940, 1944) et, dans une moindre mesure, Grammont (1933), considèrent que la syllabe n'a pas de réalité en dehors de la production phonétique ; la syllabe est une unité physique avant d'être une unité linguistique. Cependant, ces conceptions phonétiques ne constituent pas à proprement parler de théorie de la syllabe, mais plutôt de la syllabification, c'est-à-dire attachées à la détermination des frontières syllabiques.

Les théories mettant la syllabe au cœur du processus de contrôle moteur de production de la parole sont amorcées en 1928 par Stetson (1951). Pour celui-ci, la syllabe est une unité motrice correspondant à un pic de pression de l'air phonatoire dû à la contraction des muscles intercostaux lors de la phase d'expiration. Cette corrélation systématique

entre l'initiation aérodynamique et la syllabe a été infirmée dès Ladefoged (1958) montrant qu'en parole continue plusieurs syllabes peuvent être produites en une seule impulsion expiratoire et que le *chest pulse* de Stetson correspond plutôt à la réalisation de groupes rythmiques plus larges. Pour autant, la proposition de Stetson offre un modèle général que des théories motrices ultérieures de la syllabe vont reprendre, comme le modèle VCV de Öhman (1966) ou le modèle Frame/Content de MacNeilage (1998). En effet, même si le substrat physiologique de la syllabe proposé par Stetson ne semble pas valide, celle-ci est appréhendée comme un cycle rythmique de base, ancré sur la modulation régulière d'une activité physiologique fondamentale à la parole, et auquel les articulations segmentales se superposent.

Pour d'autres auteurs, la syllabe n'est pas supportée par une dimension physiologique singulièrement fondamentale, mais émerge plus globalement comme un gabarit de programmation et de coordination motrice. La syllabe se révèle lors de l'observation de la synchronisation des mouvements articulatoires comme la manifestation de l'existence d'une horloge rythmique supervisant le processus de production articulatoire segmental. Ainsi, Tuller et Kelso (1990, 1991) montrent que la synchronisation entre la fermeture des lèvres et celle de la glotte de syllabes VC /ip/ réitérées avec débit croissant sont modifiées jusqu'à atteindre le phasage articulatoire caractéristique de la syllabe CV/pi/, faisant basculer perceptivement le patron VC.VC.VC vers un patron CV.CV.CV. Ce phénomène, déjà relevé par Stetson (1951), montre que les alternances VC sont des formes instables que les propriétés dynamiques du mécanisme articulatoire font converger vers une structure stable : la syllabe CV. En fournissant une base motrice au gabarit CV, ce phénomène expliquerait le caractère universel de ce type de syllabe.

Dans le cadre de la Phonologie Articulatoire, la structure syllabique émerge de la coordination temporelle entre les gestes articulatoires. Ces gestes (par exemple, le geste d'élévation de la pointe de la langue, le geste d'occlusion labiale, etc.) sont considérés comme les primitives de la parole. Comme les atomes, ils se coordonnent entre eux pour former des structures plus larges, des molécules. Les unités lexicales sont directement représentées sous forme de gestes<sup>13</sup>. Ces unités combinatoires s'organisent en termes de couplage dynamique (relations de phase) spécifiant leur coordination dans le temps. A

---

<sup>13</sup> Dans leurs différentes présentations de la Phonologie Articulatoire, Browman et Goldstein n'ont pas toujours été très explicites concernant l'existence d'unités d'organisations intermédiaires entre le niveau gestuel et le niveau lexical. Dans les versions initiales, il n'était question que de constellations de la taille du mot (Browman et Goldstein 1986). Ce n'est que par la suite que les auteurs ont introduit un patron d'organisation de taille syllabique.

chaque relation de phase entre deux gestes est également associée une spécification sur la rigidité du couplage (*bonding strength*, Browman et Goldstein 2000, Goldstein et al. 2007). C'est à partir des spécifications de couplage et de rigidité de couplage que vont émerger des patrons spécifiques de coordinations temporelles et de stabilité de phasage. Ces patrons vont alors être interprétés comme le reflet des relations structurelles entre les éléments constitutifs de la syllabe, comme par exemple la relation entre les deux membres d'un groupe consonantique en attaque ou en coda.

C'est dans la lignée de la Phonologie Articulatoire que plusieurs de mes travaux ont été menées pour examiner la manifestation phonétique des syllabes sans voyelles. Les résultats de trois études seront présentés dans cette synthèse. La première étude traite des manifestations acoustiques et articulatoires des segments selon leurs positions dans la syllabe. Plus spécifiquement, il est question ici de savoir si les propriétés phonétiques d'un segment varie selon qu'il occupe la position attaque, noyau ou coda. La deuxième étude porte sur la coordination temporelle entre les gestes articulatoires dans des séquences consonantiques pour déterminer si des différences existent en fonction de la syllabité des consonnes contenues dans ces séquences. La troisième étude examine si la syllabation proposée pour les suites C<sub>1</sub>C<sub>2</sub>V, notamment le fait qu'elles ne peuvent former une attaque complexe, se reflète dans leur organisation temporelle.

### ***2.2.1. Caractéristiques acoustiques et articulatoires des consonnes syllabiques***

Nombre de travaux se sont attelés à montrer que la réalisation d'un segment peut varier en fonction de sa position au sein de la syllabe. Mais la majeure partie de ces travaux s'est intéressée surtout à la réalité phonétique de la différence entre consonne d'attaque et consonne coda (Fromkin 1965, Chen et Wang 1975, Giles et Moll 1975, Kiritani et al. 1980, Locke 1983, Vaissière 1988, Krakow 1999, Kent et Read 1992, Sproat et Fujimura 1993, Byrd 1994, Browman et Goldstein 1995).

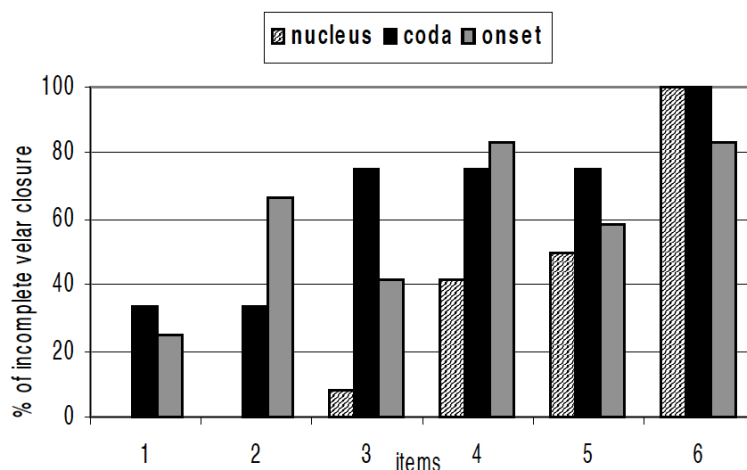
Comparées aux consonnes attaque et coda, les caractéristiques phonétiques des consonnes noyaux ont fait l'objet de moins d'études expérimentales. La raison, comme souligné plus haut, est due au fait que dans la majorité des langues examinées les consonnes occupent les marges de syllabe et très rarement le noyau. Une exception notable concerne les consonnes sonantes (voir Bell 1978). En anglais, en allemand ou en tchèque, par exemple, les consonnes sonantes peuvent occuper le noyau de syllabe (e.g. /l/ de l'anglais <bottle> « bouteille », /n/ de l'allemand <haben> « avoir », /r/ du tchèque

<brno> « Bruno »). Les consonnes sonantes en anglais américain et britannique ont fait l'objet de quelques études pour déterminer si leur position dans la syllabe a un quelconque effet sur leur implémentation phonétique. Lehiste (1964), à partir d'une étude acoustique sur 5 locuteurs, n'a pas trouvé de différences de structure formantique entre /l/ noyau et /l/ coda, les deux étant produites avec un F1 et un F2 identiques, alors que la sonante attaque a un F1 et F2 plus élevés. Toft (2002) a obtenu les mêmes résultats à partir des données de l'anglais britannique à partir de 8 locuteurs. Ces résultats semblent indiquer que la position noyau n'affecte pas la qualité des consonnes sonantes. En effet, c'est la durée qui est généralement considérée comme l'indice principal de la syllabité d'une consonne (Clark et Yallop 1995, Price 1980, Byrd 1993). Price (1980), dont l'étude traitait des corrélats perceptifs des sommets syllabiques, a montré que la durée est le corrélat principal permettant de distinguer les segments syllabiques, plus longues, de leurs contreparties non-syllabiques. Byrd a aussi montré, en se basant sur l'analyse du corpus TIMIT, que /n/ noyau a une durée significativement plus longue que /n/ attaque ou coda (mais voir Toft (2002) pour des résultats suggérant une absence de différence temporelle liée à la syllabité des sonantes à partir de données sur l'anglais britannique).

Dans une série d'études avec C. Fougeron (Fougeron et Ridouane 2005, Ridouane et Fougeron 2006, Fougeron et Ridouane 2008a), nous avons comparé, pour 18 items, les consonnes occlusives (/k, g/) en position noyau aux mêmes consonnes en position attaque et coda. Les séquences consonantiques étaient de la forme C<sub>1</sub>C<sub>2</sub>C<sub>3</sub> où C<sub>2</sub> (/k, g/) est soit en position noyau (e.g. [tk.sa] « elle a fait paître »), soit en position d'attaque (e.g. [n.ks] « nous paissions, aoriste »), soit en position coda (e.g. [nk.sa] « nous avons fait paître »). A partir de données électropalatographiques et acoustiques pour un locuteur produisant 12 répétitions pour chaque item, nous avons mesuré diverses propriétés temporelles et spatiales. Les propriétés temporelles incluent la durée acoustique de C<sub>2</sub>, la durée de l'occlusion linguopalatale, et la variabilité de ces 2 mesures à travers les 12 répétitions. Les propriétés spatiales incluent la fréquence des occurrences de C<sub>2</sub> avec ou sans occlusion vélaire complète (i.e. postriorisation ou lénition) et les mesures du degré de contact linguopalatal de C<sub>2</sub> selon la position syllabique.

Les résultats montrent que les consonnes en position noyau ne sont pas plus longues que dans les autres positions, tant en terme de durée acoustique, qu'en terme de durée d'occlusion articulaire. De même, aucune différence significative n'a été trouvée

concernant la variabilité de ces deux mesures. Ce résultat n'est pas surprenant étant donnée que la manipulation de la durée consonantique est fortement contrainte en tachlhit. La durée est en effet utilisée de façon contrastive en tachlhit, que ce soit sur le plan lexical, morphologique ou phonologique (voir chapitre II). Allonger la durée de /k/ de la forme [tkɛ] « elle fait paître », par exemple, risque de créer une confusion avec la forme [tkkɛ] « elle enlève », contenant une gémée /kk/ sous-jacente.



**Figure I.9.** La fréquence de réalisation de la vélaire occlusive avec occlusion incomplète dans les 6 verbes selon la position de C2

D'autre part, aucune différence n'est observée concernant le degré de constriction linguopalatale dans la région vélaire. Pour autant, comme le montre la figure I.9, c'est dans la position noyau, que les consonnes présentent le moins souvent une occlusion incomplète sur le palais artificiel. Mais les limitations inhérentes à l'EPG rendent difficile l'interprétation de ce résultat. En effet, il peut s'agir soit d'une articulation plus postérieure (et donc invisible sur le palais artificiel), soit d'une plus grande propension à la lénition pour les consonnes en position non-noyau. Cette étude devra donc être complétée par l'observation de consonnes antérieures pour lesquelles l'EPG ne souffre pas de ces limitations.

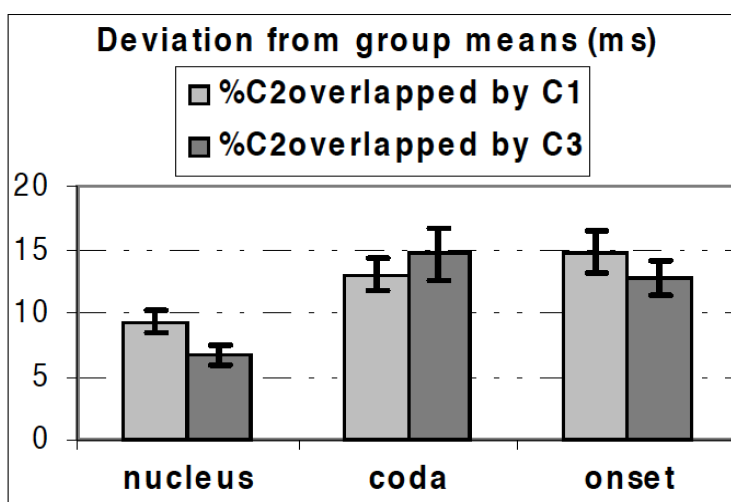
Si ces résultats montrent que les consonnes syllabiques ne présentent pas de propriétés spatio-temporelles spécifiques les distinguant de leurs contreparties non-syllabiques, l'observation de la coordination temporelle entre les gestes articulatoires dans les séquences consonantiques révèle des différences intéressantes en fonction de la syllabité des consonnes contenues dans ces séquences.



### 2.2.2. La syllabe sans voyelle : une coordination temporelle spécifique

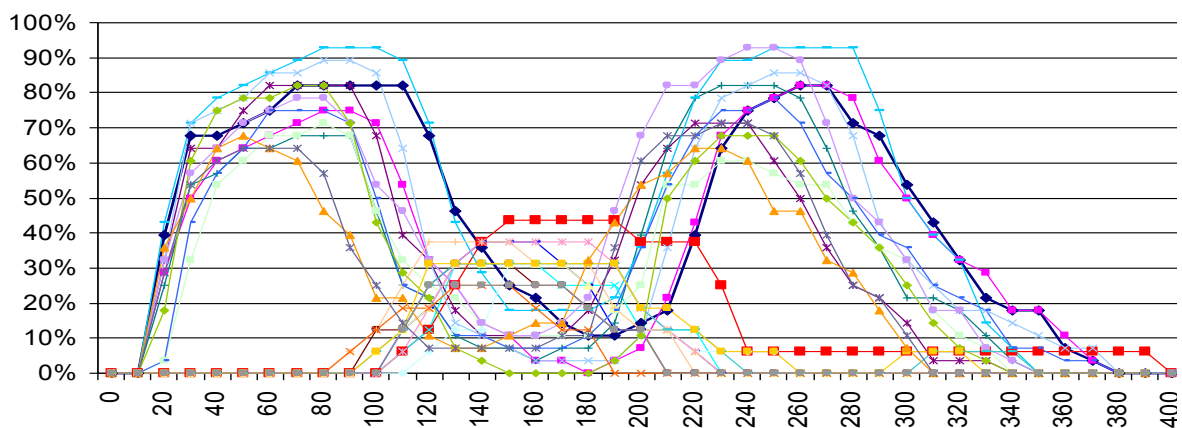
Partant du même corpus de séquences consonantiques de type  $C_1C_2C_3$  présenté plus haut et dont un autre triplet est présenté en (7), nous avons étudié la coordination entre les ‘pseudo-gestes’ (dérivés du contact linguopalatal) de la pointe de la langue pour  $C_1$  et  $C_3$  (alvéolaires) et du dos de la langue pour  $C_2$  (/k, g/).

|     |              |            |                                  |
|-----|--------------|------------|----------------------------------|
| (7) | C2 = noyau   | a. /t-gnu/ | [ <b>tg</b> .nu] ‘elle cousait’  |
|     | C2 = coda    | b. /n-gnu/ | [ <b>ng</b> .nu] ‘nous cousions’ |
|     | C2 = attaque | c. /n-gn/  | [ <b>n</b> .gn] ‘nous dormons’   |

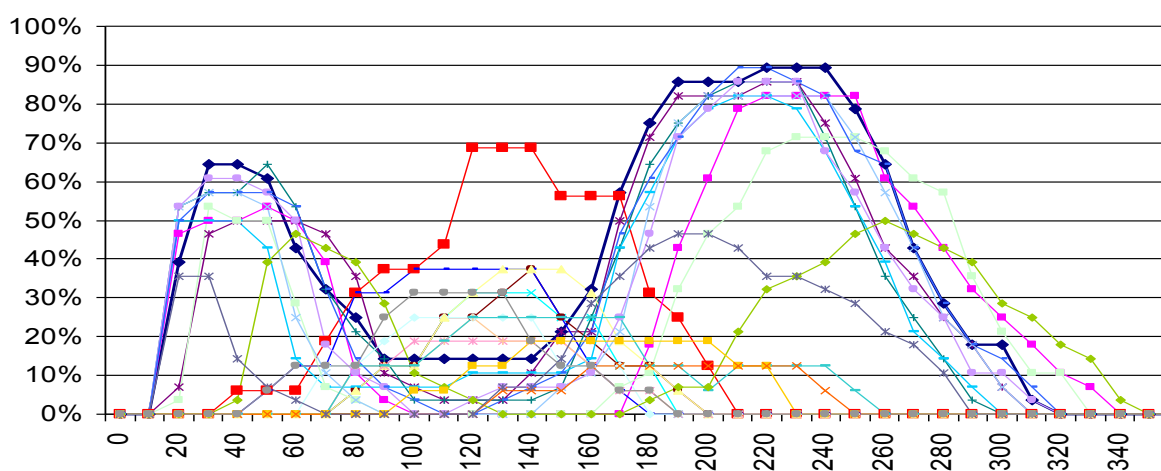


**Figure I.10.** Variabilité dans le degré de chevauchement de  $C_2$  par  $C_1$  et  $C_3$  (exprimé en pourcentage de la durée de  $C_2$ ) qui est interprété comme un indice de la stabilité de la coordination entre  $C_2$  et les consonnes adjacentes en fonction de sa position dans la syllabe.

Trois paramètres portant sur la coordination  $C_1$ - $C_2$  et  $C_2$ - $C_3$  ont été mesurés : (i) Latence absolue (i.e. l’alignement temporel entre différents évènements), (ii) le degré de chevauchement entre  $C_1$ - $C_2$  et (iii) la variabilité de ces mesures à travers les 12 répétitions. Le résultat le plus important, illustré dans la figure I.10, montre que la coordination des gestes de  $C_1$  et  $C_3$  par rapport à  $C_2$  est plus stable quand  $C_2$  est noyau. Dans cette position,  $C_2$  est moins chevauchée par la consonne suivante et cette coordination varie moins entre les répétitions. Les profils de contact électropalatographique pour l’item [tk.ti] (où [k] est noyau) vs. [nk.ti] (où [k] est coda) sont illustrés dans les figures I.11 et I.12, respectivement.



**Figure I.11.** Le profil du contact EPG pour la séquence [tk.ti], où [k] est noyau.



**Figure I.12.** Le profil du contact EPG pour la séquence [nk.ti], où [k] est coda.

Les résultats de cette étude, couplés aux résultats présentés en 2.2.1, suggèrent que l'organisation syllabique en tachlhit ne se traduit pas par des propriétés phonétiques additionnelles qui viendraient s'ajouter à l'élément noyau, mais plutôt par un pattern spécifique de coordination gestuelle. Ces propriétés configurationnelles des syllabes sans voyelles (moins de chevauchement, retard plus important entre les événements, coordination plus stable) peuvent contribuer à la préservation des indices perceptuels de du noyau syllabique au sein de la séquence consonantique. En effet, nous avons émis l'hypothèse que ce patron de coordination est probablement gouverné par un souci de préservation des indices perceptuels de l'élément fondamental de la syllabe, le noyau (voir aussi Browman et al. 1998). Ces résultats, même s'ils ne sont basés que sur la production d'un seul locuteur, confortent la vision adoptée par la Phonologie Articulatoire selon laquelle des schèmes de coordination temporelle spécifiques peuvent

refléter les relations particulières qui existent entre certains gestes, et par là, la structuration syllabique. L'existence d'un patron de coordination spécifique selon la constituance syllabique est confirmée par une étude EMA pour 3 locuteurs, et dont les résultats sont présentés dans la section qui suit.

### ***2.2.3. Contraintes contre les attaques complexes : données articulatoires***

Pour rappel, la syllabation en tachlhit est sensible à deux contraintes de base : une contrainte sur la sonorité qui hiérarchise les types de segments susceptibles d'être noyaux et des contraintes sur les marges de syllabe qui régulent les frontières syllabiques (D&E 2002, Prince et Smolensky 1993/2004). Parmi ces contraintes, celle contre les attaques complexes est particulièrement active et ne peut être violée. Par conséquent, toute suite XCCVX (où X peut être une frontière de mot, une consonne, une voyelle ou une suite de consonnes et de voyelles) est syllabifiée XC.CVX, et ce quelle que soit la nature des consonnes CC ou leur profil de sonorité. Par exemple, /gli/ est syllabifié [g.li] : la séquence [li] forme une syllabe dont le noyau est /i/, et [g] forme une autre syllabe constituée d'un noyau [g]. Une séquence de type [gl] n'est pas une attaque de syllabe permise en tachlhit malgré le fait qu'une occlusive suivie d'une liquide respecte le Principe de Sonorité Séquentielle 'PSS' (Hooper 1976, Kiparsky 1979, Steriade 1982, Selkirk 1984, Clements 1990, Zec 1995, parmi d'autres ; comparez au mot monosyllabique anglais <glee>). De même /tχwa/ est syllabifié [tχ.wa] malgré le fait que la séquence [tχw] ne viole pas le PSS (comparez au mot monosyllabique français <trois>). En collaboration notamment avec Anne Hermes (IFL, Cologne), nous avons testé si l'hétérosyllabité des séquences consonantiques se reflète au niveau articulatoire. S'appuyant sur des travaux antérieurs, nos analyses articulatoires ont examiné si l'absence des attaques complexes se matérialise au niveau de l'organisation temporelle des gestes articulatoires. Ces travaux ont été menés dans le cadre de la Phonologie Articulatoire qui permet d'appréhender les propriétés physiques de la syllabe et de tester expérimentalement différentes hypothèses d'organisation syllabique. Pour ce modèle, comme nous l'avons souligné plus haut, la structure syllabique émerge de la coordination temporelle entre les gestes articulatoires, considérés comme les primitives de la parole. Les syllabes sont ainsi directement représentées sous forme de gestes qui s'organisent en termes de couplage dynamique (relations de phase) spécifiant leur coordination dans le temps.

Concernant le constituant *Attaque*, la différence entre les langues permettant les attaques complexes et celles ne permettant que les attaques simples se reflète dans les différents patrons d'organisation temporelle des gestes dans les séquences consonantiques. Dans une forme tautosyllabique CV, le geste consonantique est coordonné avec le geste vocalique. Dans une syllabe CCV (où CC forme une attaque complexe), il y a un double couplage : les consonnes sont toutes deux coordonnées par rapport à un point d'ancrage dans la syllabe (e.g. noyau) et en même temps, elles sont coordonnées entre elles (Browman et Goldstein 1988, 2000, Byrd 1995, Honorof et Browman 1995, Goldstein et al. 2007). Les consonnes d'attaque sont ainsi coordonnées avec le noyau comme un groupe, et ce lien assure une stabilité de coordination temporelle indépendante du nombre de consonnes dans l'attaque. Autrement dit, dans les langues permettant les attaques complexes, l'intervalle temporel entre le centre de l'attaque et le point d'ancrage ne change pas à travers les mots en augmentant le nombre de consonnes initiales. L'ajout d'une consonne à l'attaque d'une syllabe modifie ainsi la coordination de tous les gestes consonantiques par rapport au point d'ancrage, en diminuant l'intervalle temporel entre la consonne la plus à droite et le point d'ancrage, pour préserver la coordination globale du centre de la suite consonantique par rapport à ce point d'ancrage. Ce phénomène, connu sous le nom de 'C-center stability', a été observé en anglais américain (Browman et Goldstein 2000 et Marin et Pouplier 2010), en géorgien (Goldstein et al. 2007) en italien (Hermes et al. 2013), et en roumain (Marin 2013).

Dans les langues ne permettant pas d'attaques complexes, le patron attendu est différent : l'alignement temporel correspondrait à une configuration où seule la consonne la plus à droite de la séquence serait temporellement coordonnée de manière stable avec un point d'ancrage dans la syllabe. Autrement dit, quel que soit le nombre de consonnes dans la séquence, la consonne la plus à droite maintiendra une relation temporelle stable avec le point d'ancrage. Ce patron, connu sous le nom de 'right-edge stability', a été observé en arabe marocain (Shaw et al. 2009, 2011) qui, à l'instar du tachlhit, a été analysée comme une langue ne permettant pas d'attaques complexes (Boudlal 2001, D&E 2002, Kiparsky 2003).

Antérieurement à ces travaux sur l'arabe marocain, Goldstein et al. (2007) ont présenté des données préliminaires en tachlhit à partir d'un locuteur produisant le triplet /mun/ 'accompagner', /s-mun/ 'caus-accompagner', et /t-s-mun/ '3fs-caus accompagner'. Ils ont trouvé que contrairement aux langues permettant des attaques complexes, l'intervalle

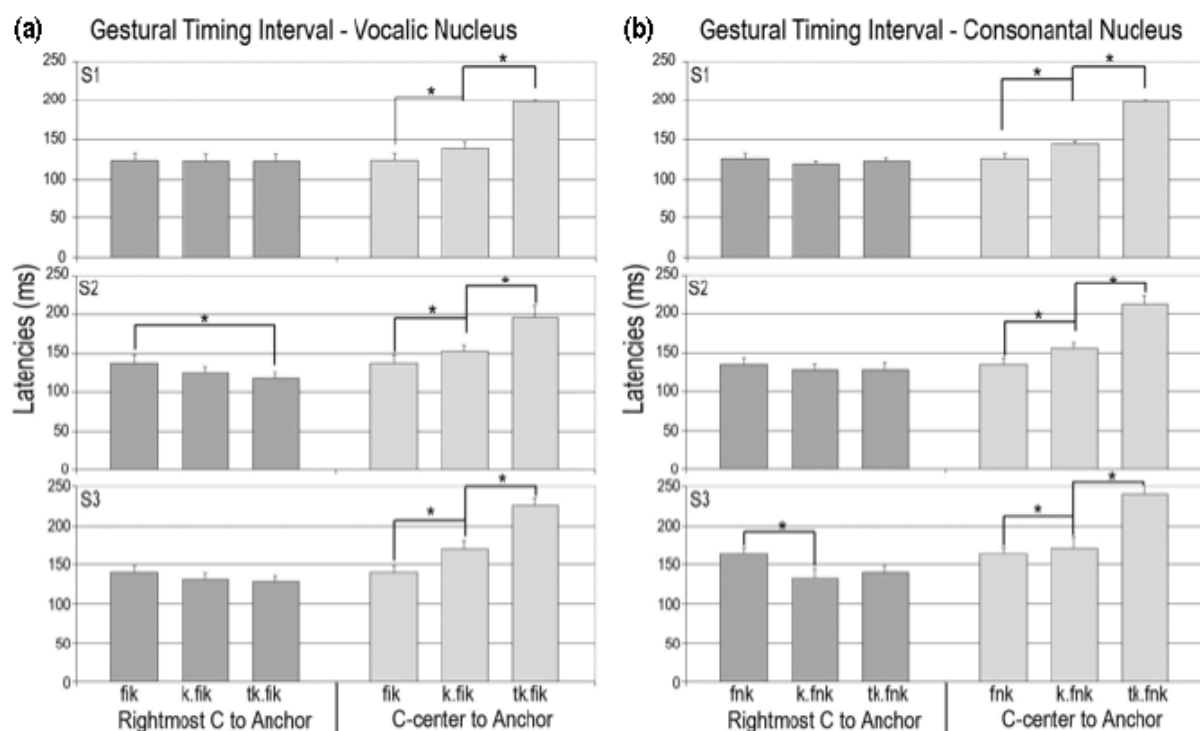
temporel entre la consonne la plus à droite de la séquence (ici /m/) et le point d'ancrage (ici /u/) ne diminue pas mais reste stable quand le nombre de consonnes initiales augmentent. Dans une série de travaux plus récents (Hermes, Ridouane et al. 2011a, b), nous nous sommes servis de la notion de 'C-center stability' et 'right-edge stability' pour tester l'affiliation syllabique de séquences consonantiques à l'initiale de mot.

Nous avons enregistré trois locuteurs à l'aide du système EMA (Electro-Midsagittal Articulograph) au Laboratoire IfL Phonetik (Université de Cologne). Les locuteurs ont produit des triplets ayant la structure CVC (e.g. kif « comme »), CCVC (e.g. lkif « le kif » et CCCVC (e.g. flkif « pour le kif »)<sup>14</sup>. Nous avons effectué deux mesures sur ces triplets : pour le 'C-center stability', nous avons mesuré l'intervalle temporel entre le milieu des consonnes contenues dans la séquence initiale du mot (e.g. le centre de la suite /l/ et /k/ dans le mot [lkif]) jusqu' point d'ancrage dans la syllabe (la coda /f/). Pour le 'right-edge stability', nous avons calculé l'intervalle temporel entre la consonne la plus à droite (i.e. /k/ dans les mots [kif], [lkif], et [flkif]) et le point d'ancrage. Nous avons aussi calculé l'indice de stabilité pour ces deux mesures, où un indice bas indique une meilleure stabilité (Shaw et al. 2009). Si l'analyse phonologique proposée pour le tachlhit est correcte (i.e. les consonnes initiales ne forment pas une attaque complexe), la latence pour le 'right-edge stability' ne diminuera pas quand une consonne est ajoutée ; elle devrait rester stable à l'inverse de 'C-center stability' qui devrait augmenter.

Les résultats, illustrés par la figure I.13, montrent un patron clair : l'intervalle entre le 'C-center' et le point d'ancrage augmente à mesure que le nombre de consonnes en début du mot augmente. L'intervalle entre 'Rightmost-C' et le point d'ancrage reste, par contre, systématiquement stable quel que soit le nombre de consonnes à l'initiale du mot. L'indice de stabilité diffère aussi pour les deux mesures ; il est de 20% pour 'C-Center' et moitié plus bas pour 'Rightmost-C' (10%). A l'instar de l'arabe marocain, les séquences consonantiques du tachlhit ont une organisation temporelle différente de celles observées pour les langues ayant des attaques complexes (e.g. anglais américain, italien, géorgien). Ces résultats, illustrant la stabilité temporelle de la seule consonne la plus à droite d'une séquence consonantique, sont en faveur d'un découpage hétérosyllabique des séquences consonantiques (C.CV ou CC.CV), reflétant le fait que les attaques complexes ne sont pas permises en tachlhit.

---

<sup>14</sup> Seuls les résultats pour le triplet donné en exemple ici sont présentés pour illustration. Les autres triplets donnent exactement le même résultat.



**Figure I.13.** Mesures de 'right-edge stability' (gris foncé) et de 'C-center stability' (gris léger) pour le triplet [kif], [lkif] et [flkif] pour chacun des trois locuteurs S1, S2 et S3.

Pour conclure, les relations qu'entretiennent des consonnes adjacentes selon leur affiliation syllabique ne sont pas uniquement mises en évidence par l'observation des comportements phonologiques de ces consonnes mais aussi par l'observation de caractéristiques articulatoires dynamiques qui marquent leur cohésion. Il est légitime de considérer que cette organisation temporelle des séquences consonantiques est une facette de la connaissance linguistique partagée par les locuteurs natifs du tachlhit et sur laquelle ils peuvent s'appuyer pour délimiter les syllabes de leur langue. Cette hypothèse est testée dans la section qui suit qui présente des données sur les jugements métalinguistiques des locuteurs natifs.

### ***2.3. La syllabe sans voyelle : une réalité psychologique ?***

Les locuteurs natifs sont généralement capables de déterminer le nombre de syllabes contenues dans les mots de leurs langues maternelles. Ainsi, n'importe quel locuteur natif du français, sans regard pour son niveau de scolarisation ou d'éducation, est capable de dénombrer les syllabes d'un mot comme <partir> et d'énoncer d'autres mots ayant la même structure syllabique. D'autres comportements témoignent aussi d'une manipulation consciente de la syllabe. Elle est utilisée dans plusieurs jeux de langue (Bagemihl 1987), comme le verlan en français (Plénat 1987), le ludikya en luganda (Clements 1986), ou le zuujago japonais (Itô et al. 1996). Elle a servi de base à plusieurs systèmes d'écriture phonographique, comme le devanâgarî, le chypriote ancien, le suméro-akkadien, le coréen. Elle est aussi un élément fondamental du décompte métrique et de la versification (Cornulier 1982).

Tous ces comportements suggèrent que les locuteurs natifs sont capables d'intuitions, plus ou moins tranchées, sur la division des mots en syllabes. Mais qu'en est-il des locuteurs natifs d'une langue comme le tachlhit dont la structuration syllabique semble pour le moins particulière ? Les premiers arguments en faveur de la syllabation proposée pour le tachlhit ont été justement basés sur les jugements des linguistes natifs. Ces jugements reflètent généralement les intuitions de ces linguistes sur le nombre de syllabes et la localisation des sommets de syllabes dans tel ou tel mot. C'est le cas notamment des intuitions d'Elmedlaoui qui étaient à la base des analyses proposées dans Elmedlaoui (1985) et D&E (1985) (voir aussi Boukous 1987). Le recours aux intuitions d'un seul locuteur – linguiste connaissant l'objet de son analyse – peut poser des problèmes d'ordre méthodologique. Abandonnant cette méthode, D&E (1988, 2002) ont basé leur argumentation sur les jugements de bonne formation en versification. Tout en demeurant basée sur les intuitions des locuteurs, cette méthode a l'avantage de s'appuyer sur une tâche méthodologique solide et bien définie, la syllabe étant un élément fondamental du décompte métrique et de la versification.

Louali et Puech (1999) est à notre connaissance la première étude expérimentale sur la perception de la syllabe par des locuteurs natifs du tachlhit. Les auteurs ont demandé à 5 locuteurs de juger si une paire de mots (sur une liste de 20 mots) a une même structure syllabique ou pas (e.g. [ldi] « tire » et [ildi] « il a tiré »). La méthodologie employée pour obtenir ces jugements n'est malheureusement pas suffisamment détaillée par les auteurs, qui signalent de façon très laconique que le test a été présenté comme une

expérience portant sur la musique des mots. De même les résultats ne sont pas très clairs, ce qui rend toute interprétation en lien avec la structuration syllabique difficile à formuler. Ainsi, le fait que les locuteurs ont jugé que [ldi] et [ildi] n'ont pas la même « musique » a fait dire aux auteurs que [ldi] n'est pas une forme dissyllabique comme le propose l'analyse de D&E (i.e. [l.di]), mais plutôt une monosyllabe avec attaque complexe. Cette conclusion est à l'évidence prématurée. La différence dans la « musique » de ces deux mots peut être liée non pas au nombre de syllabes mais à la nature de la syllabe initiale dans les deux formes, légère dans [l.di] et lourde dans [il.di], étant donné que les régularités métriques observées dans la versification en tachlhit distinguent ces deux types de syllabe (Jouad 1983, 1986, D&E 2002, 2008).

Ainsi, au-delà de ce que montrent les jugements de bonne formation en versification, des études expérimentales portant sur la perception de la syllabe en tachlhit sont nécessaires pour déterminer comment les locuteurs/auditeurs natifs syllabifient les séquences consonantiques en tachlhit. C'est pour combler cette lacune, que deux études expérimentales ont été menées en collaboration avec P. Hallé (LPP). La première étude (Ridouane, Hallé et Hermes 2014), dont je présente une synthèse ici, porte sur la question spécifique de l'interdiction des attaques complexes en tachlhit en observant comment les locuteurs syllabifient les suites de deux consonnes en position prévocalique. La deuxième étude (Ridouane et Hallé, en préparation) est un questionnaire direct sur le nombre de syllabes que contient une liste de 101 mots en tachlhit et comment ces jugements correspondent à la segmentation suggérée par l'organisation phonologique.

### ***2.3.1. Contrainte contre les attaques complexes : arguments perceptifs***

Pour rappel, l'analyse phonologique prévoit l'hétérosyllabité des séquences de deux consonnes en position prévocalique, quelle que soit la nature des consonnes dans la séquence et quel que soit leur profil de sonorité. Pour étudier comment les locuteurs natifs du tachlhit syllabifient ce type de séquences, nous nous sommes appuyés sur une tâche de syllabification explicite classique (Treiman et Danis 1988, Content et al. 2001), la *tâche de répétition de syllabe*.

Vingt locuteurs ont participé à l'expérience. Âgés en moyenne de 24 ans, ils étaient tous étudiants à l'université Ibnou Zohr d'Agadir (Faculté des Lettres) et avaient des compétences linguistiques plus ou moins importantes en arabe marocain, arabe



standard, français et anglais. Un ensemble de 56 formes de type  $(C)VC_1C_2V(C)$ <sup>15</sup> a été construit. Ces formes variaient en termes de structure morphologique et de profile de sonorité de  $C_1C_2$ . Vingt-neuf items étaient monomorphémiques (e.g. [amlal] ‘sable’) et 27 étaient hétéromorphémiques. Parmi ces 27 formes, 19 étaient préfixées (e.g. /i-sli/ ‘3ms-toucher’) et 8 étaient suffixées (e.g. /aws-as/ ‘aider-dat3s’). Nous avons contrôlé la structure morphologique des items dans le but de tester si la segmentation des locuteurs natifs correspondait aux frontières morphologiques (e.g. /azn=as/ partitionné en deux parties [azn] et [as]). Le profile de sonorité de la séquence  $C_1C_2$  définissait trois groupes d’items : plateau où  $C_1$  a le même degré de sonorité que  $C_2$  (e.g. [umnid] « côté »), montant où  $C_1$  a un degré de sonorité plus bas que  $C_2$  (e.g. [ablad̥] « grosse pierre »), et descendant où  $C_1$  a un degré de sonorité plus élevé que  $C_2$  (e.g. [argaz] « homme »). Les principes gouvernant la syllabification des groupes consonantiques comme le Principe de Maximalisation d’Attaque (Clements et Keyser 1983, Blevins 1995) et le Principe de Sonorité Séquentielle (Clements 1990) jouent un rôle fondamental dans la structuration des attaques possibles. Ces deux principes suggèrent une préférence dans diverses langues du monde pour  $V.C_1C_2V$  au détriment de  $VC_1.C_2V$  si  $C_1C_2$  a un profile de sonorité montant. Cette préférence semble universelle dans le cas où la séquence  $C_1C_2$  est constituée d’une obstruante suivie d’une liquide (OL). Si l’analyse selon laquelle le tachlhit interdit les attaques complexes est correcte nous nous attendons à ce que les items  $VC_1C_2V$  soient réparties en deux parties  $VC_1$  et  $C_2V$ , sans égard pour le profile de sonorité de la séquence, ni pour le fait que la suite consonantique constitue une séquence OL.

Les stimuli ont été enregistrés par une locutrice native âgée de 32 ans, qui n’était pas au fait de l’objet de l’étude. Les 56 stimuli ont été randomisés en 12 listes avec ordres de présentation différents. L’instruction donnée à chaque participant a été d’écouter chaque item et de répéter soit sa première partie (pour la moitié des participants) soit sa deuxième partie (pour l’autre moitié des participants). L’expérience a été présentée comme un jeu de langue dans lequel chaque participant devra écouter une liste de mots et répéter ‘la première partie’ (‘agzzum amzwaru’) ou ‘la deuxième partie’ (‘agzzum wiss sin’) de chaque mot. Des exemples où les deux parties d’un item étaient identiques ont

---

<sup>15</sup> Nous avons également inclus 26 items supplémentaires de structure VCVC et VCiCiVC (où CiCi = géminée) pour donner plus de variété à la structure syllabique des mots et examiner, entre autres, comment les consonnes géminées CiCi sont partitionnées. Nous ne présenterons pas ici les résultats pour ces items.

été utilisés pour expliquer les règles du ‘jeu’ (e.g. [gawgaw] « un type de poisson », [baba] « mon père »). Ainsi, pour la répétition de la 1<sup>e</sup> ou de la 2<sup>e</sup> partie, la consigne suivante a été donnée aux participants en tachlhit : “iɣ nniɣ baba rad tinit ba” (‘si je dis baba, tu diras ba’). Chaque participant a complété une session d’entraînement avant de commencer l’expérience. Un script AppleScript permettait de contrôler la présentation des stimuli et la transcription des réponses. Les réponses ont aussi été enregistrées sur un enregistreur Marantz PMD 660 pour vérification ultérieure des transcriptions notées par l’expérimentateur.

Les pourcentages des réponses pour les différents types d’items examinés sont donnés dans les tableaux I.7 et I.8. Ces items ont été codés séparément pour la condition ‘première partie’ et la condition ‘deuxième partie’. Pour la première partie, il y’avait trois types de réponses possibles : (C)V, VC, et VCC (e.g. pour [usman]: u, us, usm). Pour la deuxième partie, il y’avait aussi trois types de réponses possibles : VC, CVC et CCVC (e.g. pour [usman]: an, man, sman).

**Tableau I.7.** Pourcentage des réponses (partie 1 et partie 2) pour les items VC<sub>1</sub>C<sub>2</sub>VC selon la structure morphologique. HM = hétéromorphémique, MM = monomorphémique<sup>16</sup>.

| VCCVC   | Partie 1 (%) |      |     |       | Partie 2 (%) |     |      |      |       |
|---------|--------------|------|-----|-------|--------------|-----|------|------|-------|
|         | V            | VC   | VCC | Autre |              | VC  | CVC  | CCVC | Autre |
| HM      | 1,9          | 95,6 | 2,6 | 0,0   |              | 4,8 | 93,0 | 1,1  | 0,7   |
| Préfixe | 1,6          | 96,3 | 2,1 | 0,0   |              | 3,2 | 93,7 | 1,6  | 1,1   |
| Suffixe | 2,5          | 93,8 | 3,8 | 0,0   |              | 8,8 | 91,3 | 0,0  | 0,0   |
| MM      | 1,0          | 97,9 | 0,3 | 0,7   |              | 1,7 | 94,8 | 3,4  | 0,0   |

Concernant l’effet de la nature hétéromorphémique vs. monomorphémique des items, les résultats, illustrés par le tableau I.7, montrent que la structure morphologique n’affecte pas la partition des items. En effet, que la forme soit morphologiquement complexe ou pas, les participants ont très largement répondu VC pour la ‘1<sup>e</sup> partie’ et CVC pour la ‘2<sup>e</sup> partie’. Pour les items hétéromorphémiques, le taux de réponse est de 95.6% pour VC en ‘1<sup>e</sup> partie’ et 93.0% pour CVC en ‘2<sup>e</sup> partie’. Aucune différence notable n’a été observée entre

<sup>16</sup> La catégorie ‘Autre’ correspond aux cas où le participant a répété la partie incorrecte (e.g. us pour [usman] pour la condition ‘partie 2’).

les formes préfixées et les formes suffixées. Pour les items monomorphémiques, ce taux est de 97.9% pour VC en '1<sup>e</sup> partie' et 94.8% pour CVC en '2<sup>e</sup> partie'. Seules 1.5% des réponses pour la partie 2 indiquent une partition CCVC avec une attaque complexe.

**Tableau I.8.** Pourcentage des réponses (partie 1 et partie 2) pour les items VC<sub>1</sub>C<sub>2</sub>VC selon le profile de sonorité de la suite C<sub>1</sub>C<sub>2</sub>.

| VCCVC   | Part 1 (%) |      |     |       | Part 2 (%) |     |      |      |       |
|---------|------------|------|-----|-------|------------|-----|------|------|-------|
|         | V          | VC   | VCC | Autre |            | VC  | CVC  | CCVC | Autre |
| Rising  | 1,6        | 97,6 | 0,8 | 0,0   |            | 2,8 | 95,5 | 2,0  | 0,7   |
| Plateau | 1,6        | 95,8 | 2,1 | 0,5   |            | 4,2 | 94,7 | 1,1  | 0,0   |
| Falling | 0,8        | 96,7 | 1,7 | 0,8   |            | 2,5 | 91,7 | 5    | 0,8   |

Le tableau I.8 montre la distribution des réponses selon le degré de sonorité de la suite consonantique. Là aussi, la grande majorité des réponses données étaient VC pour la '1<sup>e</sup> partie' et CVC pour la '2<sup>e</sup> partie'. Ainsi, les formes [asla], [alsas] ou [agbur] sont toutes découpées suivant les prédictions de l'analyse phonologique (i.e. VC<sub>1</sub>.C<sub>2</sub>VC). Ce pattern a été observé pour toutes les séquences C<sub>1</sub>C<sub>2</sub>, sans égard à leur degré de sonorité. A cet égard, le tachlhit se comporte de manière différente des autres langues en répartissant les suites C<sub>1</sub>C<sub>2</sub> sur deux syllabes au lieu de les grouper comme attaque complexe. Ce découpage vaut même pour les séquences OL.

Il est important de souligner que l'hétérosyllabité quasi systématique des suites C<sub>1</sub>C<sub>2</sub> n'est pas due au fait que ces séquences sont illégales en début de mot, comme le prédisent plusieurs théories syllabiques (Hooper 1972, Selkirk 1982). En effet, toutes les suites contenues dans les items testés dans cette expérience peuvent constituer des séquences initiales de mot en tachlhit (e.g. lsan 'ils sont habillés', sli 'toucher, pf', gbu 'trouer, pf'). Les résultats préliminaires d'une étude en cours (Ridouane et Hallé, en préparation) montrent, par ailleurs, que si le tachlhit permet ce type de séquences en position initiale de mot, les locuteurs natifs ne semblent pas les considérer pour autant comme des attaques complexes. Dix-huit des 101 mots testés pour cette étude avaient une structure #CCV ou #CCCV. Pour ces items, plus de 93% des réponses correspondaient à une partition dissyllabique. Deux exemples illustrent de manière particulièrement claire comment les locuteurs natifs du tachlhit syllabifient ce type de mots : [gli] « guide », qui

est prononcé à peu près de la même manière que le mot anglais <glee> « joie », et [tɣwa] « elle est vide », qui est prononcé à peu près de la même manière que le mot français <trois>. Alors qu'en anglais et en français ces mots sont clairement monosyllabiques, l'écrasante majorité des réponses des locuteurs du tachlhit (plus de 94%) les a considérés comme dissyllabiques : [g] et [li] pour l'un, et [tɣ] et [wa] pour l'autre.

### 3. Conclusion

Le tachlhit a une constituance syllabique particulièrement marquée, en permettant à tout segment, même une occlusive sourde, d'occuper le noyau. Cette contribution, construite en deux parties, est essentiellement une mise au point des différents arguments avancés en faveur de cette analyse. La première partie décrit la structure de la syllabe telle qu'elle a été initialement proposée dans le cadre de la phonologie générative standard, et ré-analysée par la suite dans le cadre d'OT. La deuxième partie a confronté cette analyse théorique aux données expérimentales. Il s'agissait entre autres de déterminer le statut de schwa, d'examiner les propriétés phonétiques des constituants syllabiques, et de tester si l'absence des attaques complexes correspondait à une réalité phonétique et psychologique. Au-delà de la présentation de ces divers arguments, cette synthèse a souhaité d'une part mettre en exergue les implications importantes que l'analyse de la syllabe en tachlhit a eu sur les théories syllabiques et au-delà sur l'architecture même des modèles phonologiques, et d'autre part de souligner l'intérêt d'une réflexion expérimentale sur les unités de représentation mentale. En combinant questionnements théoriques et démarche expérimentale, l'objectif a été de réconcilier intuitions et ce qui est observable et mesurable ; ce que l'on sent en tant que locuteur natif et ce que l'on 'voit' comme linguiste expérimentaliste.

### Valorisation

- Grice, M., Ridouane, R., & Röttger, T. (accepté). Tonal association in Tashlhiyt Berber: Evidence from polar questions and contrastive statements. *Phonology*.
- Ridouane, R., Hermes, A., & Hallé, P. (2014). Tashlhiyt's ban of complex syllable onsets: phonetic and perceptual evidence. *STUF – Language Typology and Universals* 67 (1), 7-20.
- Ridouane, R., & Hallé, P. (2014). Tashlhiyt syllabification: Perceptual evidence. *Laboratory Phonology 14 (LabPhon 14)*. Tokyo.
- Röttger, T., Ridouane, R., & Grice, M. (2014). Perception of peak placement in Tashlhiyt Berber. *Proceedings of 7th International Conference on Speech Prosody*,

408-411. Dublin.

- Röttger, T., Ridouane, R., & Grice, M. (2013). Phonetic alignment and phonological association in Tashlhiyt. *Proceedings of the 21<sup>st</sup> International Congress on Acoustics*, 1-7. Montréal.
- Röttger, T., Ridouane, R., & Grice, M. (2012). Sonority and syllable weight determine tonal association in Tashlhiyt Berber. *Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Conference on Speech Prosody*, 458-461. Shanghai.
- Ridouane, R. & Fougeron, C. (2011). Schwa elements in Tashlhiyt word-initial clusters. *Journal of Laboratory Phonology* 2, 1-26.
- Ridouane, R., Meynadier, Y. & Fougeron, C. (2011). La syllabe : objet théorique et réalité physique. *Faits de langue* 37, 225-246.
- Grice M., Röttger, T.B., Ridouane, R., & Fougeron, C. (2011). The association of tones in Tashlhiyt Berber. *Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Conference on Phonetic Sciences*, 775-778. Hong Kong.
- Hermes, A., Ridouane, R., Mücke, D., & Grice, M. (2011). Gestural coordination in Tashlhiyt syllables. *Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 859 – 862. Hong Kong.
- Hermes, A., Ridouane, R., Mücke, D., & Grice, M. (2011). Kinematics of syllable structure in Tashlhiyt Berber: The case of vocalic and consonantal nuclei. *Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Seminar on Speech production*, 401-408. Montréal.
- Ridouane, R. (2009). Questions de phonologie berbère à la lumière de la phonétique expérimentale. In S. Chaker, A. Mettouchi et G. Philippson (eds.), *Etudes de phonétique et de linguistique berbères. Hommage à Naïma Louali*, 43-68. Peeters : Paris/Louvain.
- Fougeron, C. & Ridouane, R. (2008a). On the phonetic implementation of syllabic consonants and vowel-less syllables in Tashlhiyt. *Estudios de Fonética Experimental* 17, 139-175.
- Fougeron, C., & Ridouane, R. (2008b). On the nature of schwa-like vocalic elements within some Berber clusters. *Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Seminar on Speech Production*, 441-444. Strasbourg.
- Ridouane, R. (2008). Syllables without vowels: Phonetic and phonological evidence from Tashlhiyt Berber. *Phonology* 25, 1-39.
- Ridouane, R., Hoole, P., & Fuchs, S. (2007). Voiceless schwa vs. nothing: photoelectroglottographic data. *Schwa(s), Actes des 5<sup>e</sup> Journées d'Etudes Linguistiques*, 159-164. Nantes.
- Ridouane, R., & Fougeron C. (2006). L'organisation syllabique : quelle évidence phonétique ? *Actes des 25<sup>e</sup> Journées d'Études sur la Parole*, 125-128. Dinard.

## CHAPITRE II

---

### LA PHONÉTIQUE ET LA PHONOLOGIE DES CONSONNES GÉMINÉES

Le contraste de gémination soulève un ensemble de questions théoriques portant sur sa représentation phonologique et son comportement computationnel, et des questions de nature phonétique portant sur son implémentation acoustique et articulatoire et sur ses indices perceptuels. Mes travaux sur la gémination ont traité de ces questions à l'interface de la phonétique et de la phonologie. Ils poursuivent une longue tradition de recherches sur la structure et la manifestation physique des géminées, notamment sur les indices acoustiques et perceptuels de la gémination (Abramson 1986, Lahiri et Hankamer 1988, Kraehenmann 2001), la phonétique et la phonologie des géminées résultant d'une assimilation totale (Ohala 1990), les gestes articulatoires distinguant simples et géminées (Smith 1995), les corrélats acoustiques des géminées lexicales et des géminées dérivées (Ladd et Scobbie 2003), et leur comportement phonologique particulier (Kenstowicz et Pyle 1973, Schein et Steriade 1982, Hayes 1986a, Churma 1988, Elmedlaoui 1993, Kirchner 2001). Ils poursuivent aussi une longue tradition de recherche chez les amazighisants qui se sont très tôt intéressés à la nature phonétique des géminées (Mitchell 1957, Chaker 1975, Ouakrim 1993, Louali et Puech 1994) ainsi qu'à leur représentation et leur comportement vis-à-vis de certains processus phonologiques (Saib 1976, Guerssel 1977, 1978, Elmedlaoui 1985, Dell et Elmedlaoui 1997).

#### 1. La gémination consonantique en amazighe : de la nature du contraste

Le tachlhit oppose à toute consonne simple une contrepartie géminée au niveau lexical. Comme le montrent les exemples en (1), cette opposition est attestée dans différentes positions dans le mot :

|     |         |               |         |                       |
|-----|---------|---------------|---------|-----------------------|
| (1) | [lan]   | « Ils ont »   | [llan]  | « Ils existent »      |
|     | [tidi]  | « Sueur »     | [tiddi] | « Taille »            |
|     | [ifis]  | « Hyène »     | [ifiss] | « Il est silencieux » |
|     | [kmi]   | « Fume »      | [kmmi]  | « Toi, féminin »      |
|     | [kkstt] | « Enlève-là » | [kst]   | « Fais-le paître »    |

Ainsi, une consonne géminée peut être en position intervocalique, la position la plus répandue à travers les langues, mais aussi en positions initiale et finale absolues, des positions où les géminées sont plus rares (Thurgood 1993, Muller 2001). Encore plus rare, les géminées en tachlhit peuvent être précédées ou suivies d'une ou de plusieurs consonnes. Un mot peut même être constitué uniquement d'une consonne géminée (e.g. [ʃʃ] « mange », [ggʷ] « lave, vêtements ») ; un aspect typologiquement unique à ma connaissance.

En plus des géminées lexicales, le tachlhit dispose aussi de géminées phonologiques et morphologiques. Les géminées phonologiques dérivent soit d'une assimilation totale entre deux segments adjacents (e.g. / rad=k sli-ʁ/ [rakk sliʁ] « je te toucherai »), soit d'une concaténation entre deux segments identiques (e.g. [fa=s sin] « donne lui deux »). Les géminées morphologiques dérivent de processus morphologiques comme la dérivation des pluriels (2a) ou la formation des inaccomplis (2b).

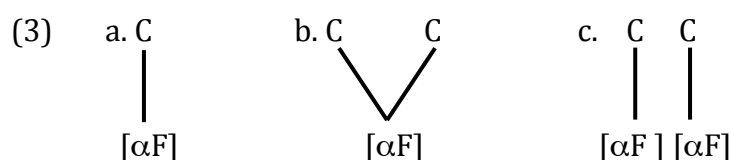
|     |    |                    |                      |                |
|-----|----|--------------------|----------------------|----------------|
| (2) | a. | <u>singulier</u>   | <u>pluriel</u>       |                |
|     |    | afus               | ifassn               | « Main »       |
|     |    | ad <sup>ʕ</sup> ar | id <sup>ʕ</sup> arrn | « Pied »       |
|     |    | afud               | ifaddn               | « Genou »      |
|     | b. | <u>aoriste</u>     | <u>inaccompli</u>    |                |
|     |    | ftu                | fttu                 | « Partir »     |
|     |    | lkm                | lkkm                 | « Arriver »    |
|     |    | ls                 | lssa                 | « S'habiller » |

Dans cette synthèse de mes travaux sur la gémination, le terme « géminée » sera utilisé dans un sens générique avec une distinction sur le plan phonologique entre longueur phonologique et tension. Les données phonétiques sur ce contraste seront évaluées en conséquence, avec la durée phonétique se reportant à la longueur phonologique et les autres corrélats (par exemple, l'intensité du relâchement) se reportant au trait [tendu].

Une des questions classiques de la phonologie des géminées est de déterminer s'il s'agit d'un seul segment ou d'une suite de deux segments identiques ? Cette question, clairement posée et débattue depuis les années 30 (Swadesh 1937, Trubetzkoy 1949), renvoie au comportement ambigu des géminées qui se comportent tantôt comme des segments simples et tantôt comme une suite de deux segments identiques. Confrontés à

ce fait, Chomsky et Halle (1968) présentent deux manières pour décrire les gémées : comme un segment spécifié par le trait [+long] ou comme une séquence de deux segments spécifiés par des traits identiques. Les travaux post-SPE ont rapidement mis en lumière les lacunes d'une telle description et démontré qu'aucune des deux représentations ne peut adéquatement rendre compte de la manière dont les gémées se comportent vis-à-vis de certains processus phonologiques (cf. Kenstowicz 1970).

Les travaux menés dans le cadre de la Phonologie Générative standard n'ont pas apporté de réponse satisfaisante au problème de la représentation des gémées - car le cadre théorique de l'époque ne le permettait pas - mais ils ont eu le mérite d'avoir identifié ce problème et d'avoir suggéré une généralisation qui allait s'avérer très prometteuse. Kenstowicz (1970), par exemple, a relevé que les gémées sont généralement traitées comme une seule unité par les règles sensibles à la qualité (i.e. à la composition interne des segments), et comme deux unités par des règles sensibles à la quantité (i.e. au nombre de segments). Cette distinction entre règles quantitatives et règles qualitatives sera développée de manière formelle dans le cadre de la Phonologie CV (Clements et Keyser 1983, Leben 1980). L'idée de base de la phonologie CV est que la propriété de la syllabacité est représentée sur une couche autosegmentale (couche prosodique) séparée de la couche mélodique. Les deux niveaux de représentation sont liés par des lignes d'association. Cette approche permet les représentations suivantes :



La représentation (3a) est celle d'un segment simple lié à une seule position prosodique. (3b) est la représentation des consonnes gémées. Les consonnes gémées se distinguent des simples, non pas par un trait distinctif, mais par le nombre de positions prosodiques qu'elles comportent : la simple est associée à une position prosodique (3a) et la gémée à deux positions prosodiques (3b). (3c) illustre la représentation d'une suite de deux consonnes identiques. La représentation (3b) rend adéquatement compte des propriétés des gémées : certaines de leurs propriétés suggèrent que ces consonnes sont constituées d'unités phonologiques successives tandis que d'autres suggèrent le contraire. L'ambivalence des gémées est ainsi résolue : la représentation des gémées



est identique d'une part à celle des simples puisque les deux comportent une seule position mélodique (comparez 3b à 3a), et d'autre part à celle des séquences de deux consonnes adjacentes puisque les deux comportent deux positions prosodiques (comparez 3b à 3c).

Une autre question importante concerne la nature de l'opposition entre simples et géminées : s'agit-il d'une opposition de durée ou de tension ? L'intérêt qu'ont porté les amazighisants à cette question est inégal. Ceux qui ont adopté une approche autosegmentale ont très peu traité de cette question. En effet, marquée au niveau de la structure syllabique, la distinction entre une ou deux positions prosodiques suffit à rendre compte de la différence entre simples et géminées au regard des processus phonologiques. En revanche, ceux qui soutiennent que les géminées et les simples se distinguent par un trait distinctif sont tout naturellement concernés par la nature de ce trait : [+/-long] ou [+/- tendu] ?

Le trait [tendu] a été utilisé de manières diverses à propos de systèmes consonantiques différents et dont les caractéristiques phonétiques sont loin de faire l'unanimité (voir Ridouane 2003 pour une revue). Les amazighisants qui emploient ce trait pour définir la gémination l'emploient généralement pour désigner une force ou une énergie articulatoire accrues. Ainsi, les corrélats acoustiques et articulatoires du trait [tendu] pour définir les géminées en tachlhit sont d'une part la durée (Applegate 1958, Chaker 1975, Ouakrim 1993, Louali et Puech 1994) et une force articulatoire accrue (Mitchell 1957, Galand 1960, 1988, 1997, Ouakrim 1993 et Louali et Puech 1994), qui se manifeste acoustiquement par un relâchement consonantique plus intense et un abrègement de la voyelle précédente.

Louali et Puech (1994), à partir d'une étude perceptuelle, aérodynamique et acoustique, ont tenté de déterminer si les géminées en tachlhit sont des consonnes longues ou des consonnes tendues. L'examen des données perceptuelles montre que les locuteurs natifs testés ont recours à la durée comme indice principal pour distinguer les géminées des simples. Mais ils semblent s'appuyer d'une manière subsidiaire sur des indices complémentaires. L'étude physiologique, qui porte sur la comparaison des courbes correspondant à la pression buccale (PB) et à la pression intra-orale (PIO), met en évidence d'une part la durée comme paramètre distinctif et d'autre part une différence des profils des deux courbes, les courbes reflétant la PB indiquant pour les géminées une montée rapide et importante au moment de l'explosion. Par ailleurs, les analyses

acoustiques montrent que la durée de la gémignée est systématiquement plus longue que la durée de sa contrepartie simple. Un autre corrélat associé à la réalisation des gémignées est reflété par la qualité de l'énergie de l'explosion qui est plus intense pour les gémignées (dans la zone de fréquence située entre 1000 et 2000 Hz). Le dévoisement sur la fin des consonnes gémignées voisées a aussi été observé. Les analyses effectuées pour mesurer l'effet acoustique des gémignées sur leur entourage vocalique montrent une tendance à l'abrègement de la voyelle qui précède mais aussi celle qui suit la consonne gémignée.

Ouakrim (1994) distingue explicitement les gémignées, qui ne doivent désigner selon lui que les suites de deux consonnes identiques séparées par une frontière morphologique, des tendues qui ne peuvent être subdivisées ni en deux segments phoniques ni entre deux syllabes. Les tendues, à l'inverse des gémignées, constituent, selon cet auteur, une unité phonétique indivisible. Pour Ouakrim, la durée plus longue des tendues est la manifestation de l'énergie physiologique qui intervient dans leur production tandis que pendant la tenue des gémignées, le locuteur maintient subjectivement constant le même effort que dans les non-gémignées ou les non-tendues.

Galand (1953), qui a été le premier à suggérer que les gémignées sont des consonnes tendues, soutient que le trait pertinent qui distingue les simples des gémignées est la tension musculaire. Un ensemble d'arguments est présenté par Galand (1997) en faveur de cette analyse. Une première observation permet selon lui d'exclure l'aspect de gémination à ces consonnes, à savoir leur présence dans des positions où il est impossible de les considérer comme faisant charnière entre deux syllabes : les positions initiale (e.g. [kk rz] « laboure ») et finale (e.g. [ju ff] « il est gonflé ») absolues. Pour identifier les gémignées, Galand reprend la définition de Dieth (1950 : 415) qui reconnaît dans les gémignées proprement dites deux sommets situés de part et d'autre d'une frontière syllabique, la pression buccale accusant une chute entre les deux. Un autre argument en faveur du trait [tendu] selon Galand est que la tension semble être le trait le plus à même d'expliquer quelques phénomènes relatifs à la distribution des gémignées. En tachlhit, quand une consonne simple et sa contrepartie gémignée n'ont pas le même trait continu, c'est toujours la gémignée qui est occlusive et la simple est fricative, ainsi la fricative simple [ɸ] alterne avec la gémignée occlusive [qq] (voir aussi les correspondances [x] ≈ [kk] ; [ɣ] ≈ [gg]). Aussi, quand une simple et sa contrepartie gémignée ont des réalisations qui diffèrent par le voisement, c'est toujours la simple qui

est voisée et la gémignée sourde, e.g. ([d̥] ≈ [t̥]). Pour Galand, la gémignation ou la durée ne peuvent pas expliquer ces phénomènes. Il ajoute qu'« *il n'est pas inconcevable [...] qu'une énergie musculaire mal dosée ait agi, par excès ou par défaut, sur les mouvements des organes de la parole. Ce ne serait pas le seul cas que de telles bavures auraient été acceptées et pour ainsi dire consacrées par la phonologie.* » (ibid : 106)<sup>17</sup>. Ainsi, la tension musculaire expliquerait la tendance qu'ont les gémignées à contrarier la vibration des cordes vocales. D'un point de vue aérodynamique, pour que les cordes vocales vibrent, il faut que la différence entre la pression sous-glottique et la pression supra-glottique soit maintenue au dessus d'un certain seuil. Pour Galand c'est l'énergie articulatoire qui est responsable de la diminution de la différence de pression entre la pression sous-glottique et la pression supra-glottique.

Un dernier argument qui milite, selon Galand, en faveur de la tension musculaire comme trait pertinent est fourni par des paires minimales comme [krz] « laboure, aoriste » vs. [kkrz] « laboure, inaccompli ». Galand se demande comment la durée peut distinguer ces deux formes alors que, l'occlusive sourde se trouvant à l'initiale absolue, on n'entend rien avant l'explosion. Ainsi, selon cette analyse, seule une variation de la tension musculaire permet d'opposer l'explosion plus puissante de /kk/ à celle de /k/. La même argumentation est valable, selon lui, pour les occlusives en position finale (e.g. [jut] « il a frappé » vs. [jutt] « il l'a frappé »). Pour Galand, la tension se manifeste dans toutes les positions, la durée seulement dans une partie d'entre elles.

Saib (1977), dans le cadre de la phonologie générative, propose une représentation séquentielle des gémignées, tout en défendant que chacune des deux parties de la gémignée est spécifiée par le trait [+ tendu]. Adoptant le modèle autosegmental, Dell et Elmedlaoui (1997, 2002) considèrent que la différence entre consonne simple et gémignée est de nature structurelle. Dans cette approche, les simples et les gémignées sont donc traitées comme partageant les mêmes traits distinctifs. Un ensemble d'arguments a été proposé par Dell et Elmedlaoui en faveur de l'analyse des gémignées comme un seul

---

<sup>17</sup> Galand avance un autre argument d'ordre historique. Il rappelle en effet que l'écriture lybico-berbère ne notait pas la gémignation des consonnes et y voit l'indice que la gémignée n'est pas sentie comme double si bien qu'une seule consonne suffit à l'écrire. Cet argument, même si Galand ne s'y attarde pas, ne doit pas à notre avis constituer une preuve en faveur du caractère unitaire des consonnes gémignées. D'une part, il n'est pas tenable de construire un argument en se basant sur l'état de la langue d'il y a plus de 2000 ans. D'autre part, l'alphabet libyque qui était strictement consonantique ne notait pas les voyelles non plus, est-ce là une preuve que le berbère n'a pas de voyelles ? Il existe par ailleurs des cas où l'orthographe d'une langue notait une gémignée (doublement de la consonne) là où il n'y ait en réalité qu'une consonne simple. Le doublement orthographique de la consonne en tamoul ne reflète pas une gémignation lexicale (Keane 2001).

faisceau de traits distinctifs lié à deux positions prosodiques : la fusion de deux consonnes simples identiques en une consonne géminée rendant ainsi compte de l'homophonie entre, par exemple, /gn-n/ « ils ont dormi » et /g=nn/ « met là-bas » ; la fission de certaines géminées finales (e.g. [bdd] « se mettre debout » qui donne lieu à [ttbdad] à l'inaccompli) ; le comportement semblable des géminées et des suites de deux consonnes vis-à-vis de certains processus phonologiques. D'autres arguments sont tirés de la structuration syllabique et de la morphologie (voir Dell et Elmedlaoui 2002 : 41-55 pour plus de détails).

La discussion des consonnes géminées dans le cadre de la phonologie autosegmentale n'a pas été suffisamment explicite quant aux traits acoustiques et articulatoires que la représentation (1b) est censée refléter (Lahiri et Hankamer 1988). Sauf à les considérer comme des positions prosodiques suffisamment abstraites, la différence entre un segment individuellement lié et sa contrepartie doublement liée est généralement comprise comme reflétant une différence phonétique de structure temporelle, tous les autres traits étant identiques (Clements 1986). J'adopte ce modèle représentationnel et teste plus particulièrement trois prédictions qui en découlent :

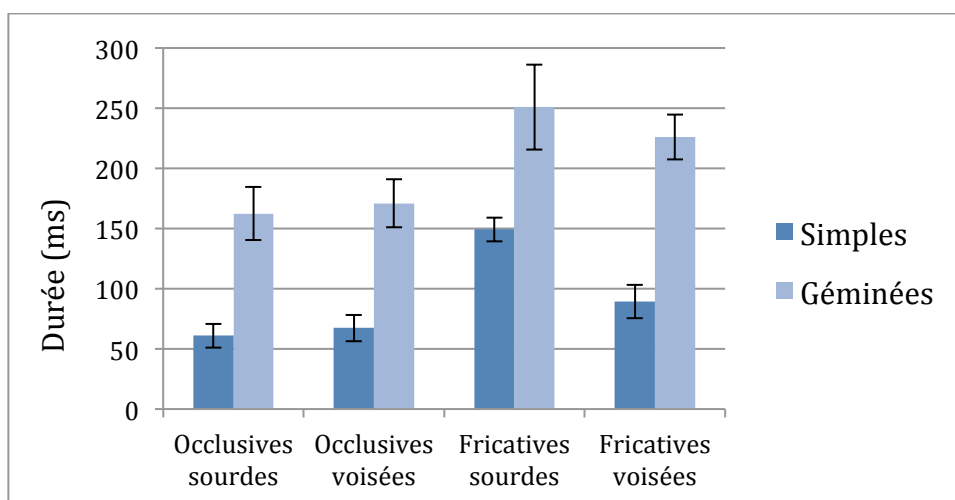
1. La distinction entre simples et géminées lexicales est principalement une distinction de nature temporelle ;
2. En l'absence de cette dimension temporelle, la distinction entre simples et géminées est perceptuellement plus faible (le cas des occlusives sourdes à l'initiale) ;
3. Les différents types de géminées (lexicales, issues d'une assimilation complète, et issues d'une concaténation) présentent les mêmes structures temporelles.

## **2. Simples vs. géminées lexicales : données acoustiques et articulatoires**

Avant d'entamer la discussion sur la manière dont la gémination est phonétiquement implémentée, il convient de dire quelques mots sur ce que j'entends par « primaire », car cette notion peut avoir plusieurs acceptations (Stevens et Keyser 1989). Un corrélat primaire est compris ici comme un paramètre invariant pour toutes les consonnes à travers les locuteurs et les contextes phonologiques, et constitue ainsi l'indice principal qui domine les autres indices, par nature secondaires, qui ne deviennent tangibles que dans les cas où les stimuli sont ambigües (voir Lahiri et Hankamer 1988, Pickett et al. 1999).

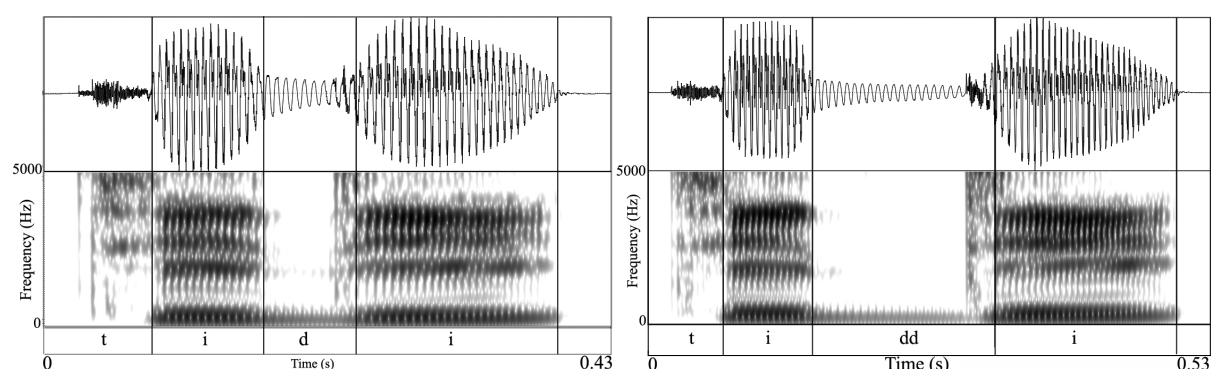
## 2.1. Le corrélat primaire

Le corrélat acoustique primaire de la gémiation en tachlhit est la durée, en ce sens que les gémées, occlusives et fricatives, sont systématiquement plus longues que leurs contreparties simples (voir figure II.1).



**Figure II.1.** Durées moyennes (ms) pour les simples et gémées occlusives et fricatives. Ces valeurs ont été obtenues à partir de données acoustiques pour 5 locuteurs (Ridouane 2007). Valeurs moyennes pour les 3 positions (initiale, intervocalique et finale) sauf pour les occlusives sourdes initiales.

La figure II.2 illustre cette différence pour /d/ et /dd/ dans [tidi] « sueur » et [tiddi] « taille », respectivement.



**Figure II.2.** Illustration de la différence de durée entre /d/ (à gauche) et /dd/ (à droite) en position intervocalique.

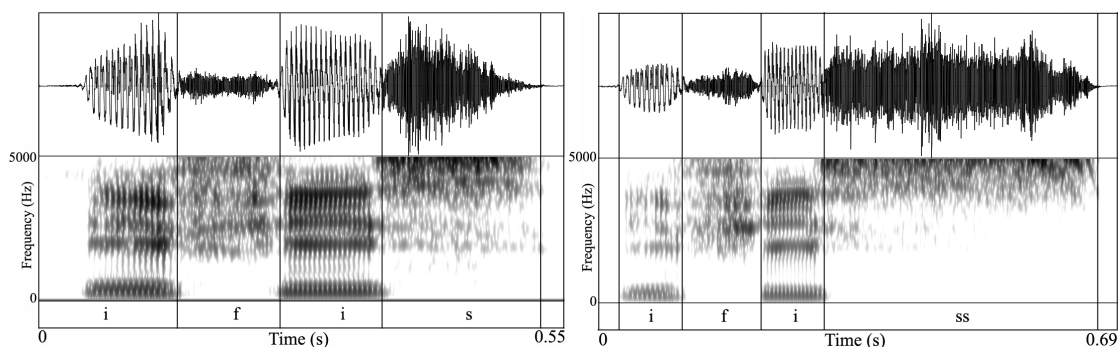
La différence de durée entre simples et gémées semble être un aspect universel, observé dans différentes langues du monde. Comme le montre le tableau II.1, basé sur

une revue de 24 langues opposant simples aux géménées, le seul paramètre acoustique partagé par les géménées est qu'elles sont significativement plus longues que leurs contreparties simples (Ridouane 2010). Ces différences temporelles systématiques ont été observées pour 100% de ces 24 langues (voir Hamzah 2013 pour une revue actualisée avec 16 autres langues).

**Tableau II.1.** Les principaux corrélats acoustiques temporels affectés par la géménation en position intervocalique dans 24 langues. Le symbole ‘++’ signifie que le corrélat est fortement significatif. ‘+’ signifie que le corrélat est significatif malgré quelques variations (dépendant soit des locuteurs, contextes ou nature des consonnes). ‘–’ signifie que le corrélat en question n’est pas affecté par la géménation. Les cases vides signifient que le corrélat n’a pas été examiné.

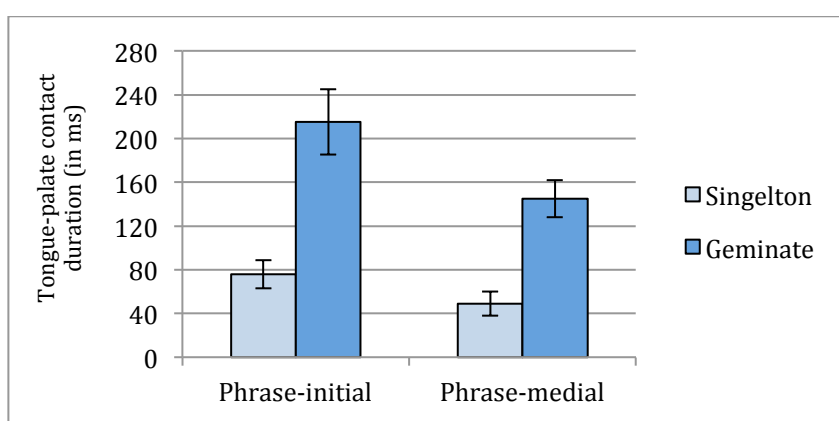
| Languages & References                       | Closure duration | Prec. vowel duration | Release duration |
|----------------------------------------------|------------------|----------------------|------------------|
| Buginese (Cohn et al. 1999)                  | ++               | ++                   | –                |
| Madurese (Ham 1998, Cohn et al. 1999)        | ++               | ++                   | –                |
| Toba Batak (Cohn et al. 1999)                | ++               | ++                   | –                |
| Swedish (Hassan 2002)                        | ++               | ++                   |                  |
| Bengali (Lahiri & Hankamer 1988)             | ++               | +                    | –                |
| Italian (Eposito & Di Benedetto 1999)        | ++               | +                    | –                |
| Malayalam (Local & Simpson 1988)             | ++               | +                    |                  |
| Rembranga (Mc Kay 1980)                      | ++               | +                    |                  |
| Cypriot Greek (Arvantini & Tserdanelis 2000) | ++               | –                    | ++               |
| Turkish (Lahiri & Hankamer 1988)             | ++               | –                    | +                |
| Japanese (Homma 1981)                        | ++               | –                    | –                |
| Palestinian Arabic (Miller 1987)             | ++               | –                    | –                |
| Iraqi (Hassan 2002)                          | ++               | –                    |                  |
| Moroccan Arabic (Zeroual 2006)               | ++               |                      | +                |
| Bernese (Ham 1998)                           | ++               |                      | –                |
| Burarran (Baker 1999)                        | ++               |                      | –                |
| Hungarian (Ham 1998)                         | ++               |                      | –                |
| Jawon (Jaeger 1983)                          | ++               |                      | –                |
| Levantine Arabic (Ham 1998)                  | ++               |                      | –                |
| Ngalakgan (Baker 1999)                       | ++               |                      | –                |
| Zapotec (Jaeger 1983)                        | ++               |                      | –                |
| Marathi (Lisker 1958)                        | ++               |                      |                  |
| Pattani Malay (Abramson 1986)                | ++               |                      |                  |
| Tamil (Keane 2002)                           | ++               |                      |                  |

En tachelhit, les différences de durées implémentent le contraste simple/gémignée non seulement en position intervocalique mais aussi en positions finale et initiale absolues. La figure II.3 illustre ces différences de durée en position finale de mot pour les fricatives sourdes /s/ et /ss/ dans [ifis] « hyène » et [ifiss] « il est silencieux »<sup>18</sup>.



**Figure II.3.** Illustration de la différence de durée en position finale de mot entre /s/ (à gauche) dans le mot [ifis] « hyène » et /ss/ (à droite) dans le mot [ifiss] « il s’est tu ».

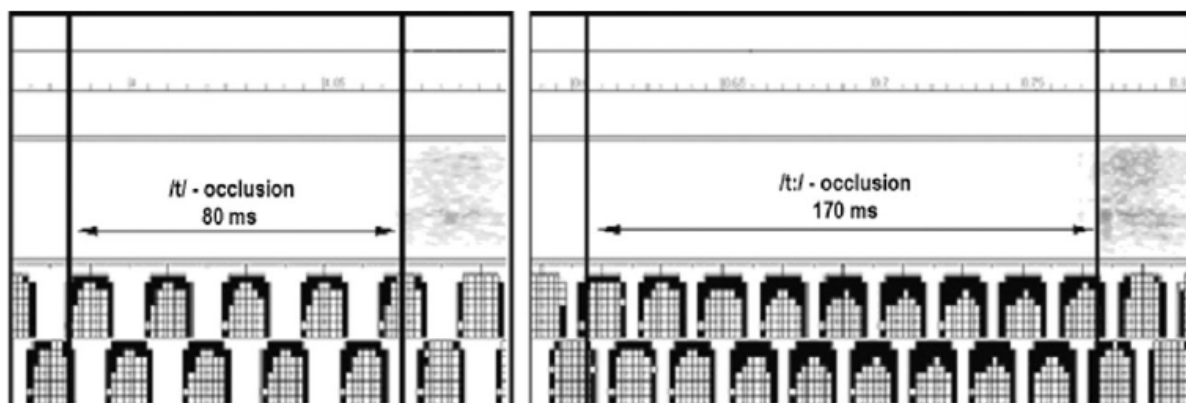
Comme nous l’avons souligné plus haut, un des arguments avancés en faveur de la primauté du trait [tendu] concerne le contraste entre simples et gémignées occlusives sourdes en position initiale absolue (e.g. [tut] « elle a frappé » et [ttut] « oublie-le »). La question ici est de savoir si les locuteurs maintiennent la différence de durée d’un point de vue articulatoire, même si acoustiquement aucune trace de cette durée ne peut être visible sur le signal. Ridouane (2007), à partir de données électropalatographiques, a montré que même dans cette position les locuteurs maintiennent des différences de durée entre simples et gémignées.



**Figure II.4.** Durée de contact linguopalatal pour les occlusives initiales sourdes simples et gémignées dans deux contextes prosodiques : positions initiale et médiane de phrase.

<sup>18</sup> Ces différences de durée ont été observées pour toutes les obstruantes, sauf pour l’uvulaire occlusive qui semble ne pas avoir de contrepartie simple. En effet, l’occlusive uvulaire simple /q/ n’est attestée que dans très peu de formes qui contiennent souvent dans le même radical une autre uvulaire sourde gémignée (voir Ridouane 2003).

Comme le montre la figure II.4, la phase d'occlusion pour les géminées sourdes à l'initiale de mot est maintenue pendant une durée beaucoup plus longue aussi bien en position initiale de phrase qu'en position médiane. La figure II.5 illustre la manière dont ces mesures ont été obtenues, grâce à l'apport de l'électropalatographie (EPG), une technique qui permet d'obtenir des informations sur la distribution et la localisation des contacts entre la langue et le palais pendant la parole.

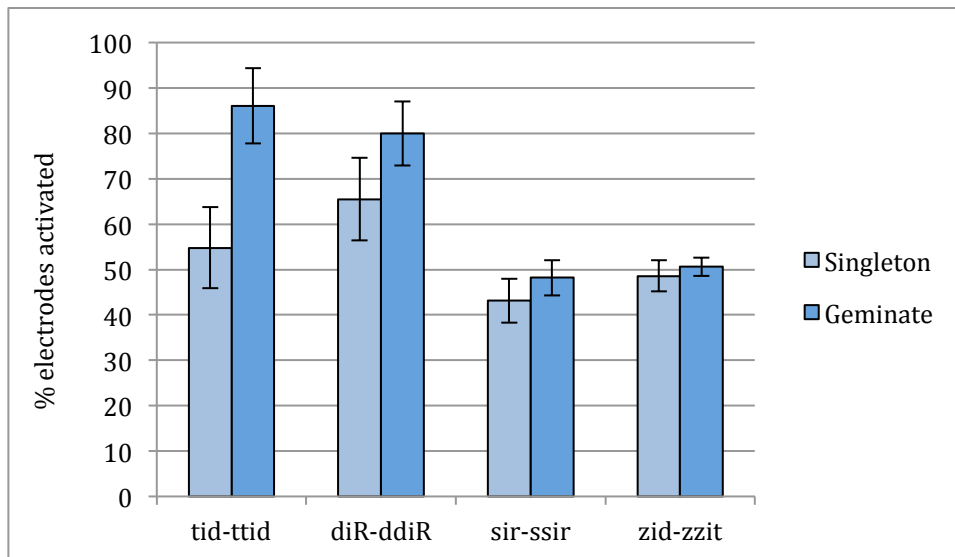


**Figure II.5.** Illustration des différences de durée d'occlusion entre occlusives sourdes simples et géminées en position initiale absolue. La figure montre la durée d'occlusion pour /t/ dans [tut] « elle a frappé » (gauche) et /t:/ dans [ttut] « oublie-le » (droite).

Étant donnée que la durée d'occlusion ne laisse aucun indice audible en position initiale absolue, la question se pose quant à savoir si les locuteurs peuvent pour autant distinguer par e.g. [tut] « elle a frappé » de [ttut] « oublie-le » dans cette position. Je reviendrai sur cette question plus bas.

Les données EPG présentées dans Ridouane (2007) ne traitaient que la dimension temporelle de la distinction simples/géminées. Plus récemment (Ridouane et Hallé, soumis), nous avons examiné les possibles différences entre simples et géminées sur le plan spatiale. Plus spécifiquement, nous avons souhaité savoir si les différences de durée de contact entre la langue et les alvéoles pour les dentales simples et géminées sont accompagnées de différences d'aire de contact, conformément à ce qui a été rapporté pour l'italien (Payne 2006) et le grec chypriote (Armosti 2009). Les résultats, illustrés par la figure II.6 pour les paires (tid vs. ttid ; diR vs. ddiR, sir vs. ssir ; zid vs. zzit), montrent que les occlusives, contrairement aux fricatives, sont systématiquement produites avec une aire de contact plus large pour les géminées que pour les simples :





**Figure II.6.** Pourcentage d'électrodes activées au niveau de l'aire de constriction pour les simples et les géminées en position initiale absolue.

Les différences observées, notamment pour les occlusives sourdes, sont probablement une conséquence automatique de la durée de contact plus longue pour les géminées comparées aux simples. Ainsi, les géminées occlusives ne se distingueraient pas des simples en terme de cible gestuelle sous-jacente, mais disposent de plus temps pour atteindre cette cible. L'absence de différences spatiales entre fricatives simples et géminées est cohérente avec cette analyse. Les différences de durée de contact pour les fricatives ne peuvent donner lieu à des différences d'amplitude de contact semblables à celles des occlusives, car l'articulation des fricatives alvéolaires est plus strictement contrôlée (voir Ridouane et Hallé, soumis, pour une discussion plus détaillée de ces résultats).

## **2.2. Les corrélats secondaires**

Le contraste simple/géminée en tachlhit est implémenté par d'autres corrélats en plus de la durée des segments cibles. Ces corrélats, considérés comme étant secondaires, incluent des paramètres temporels et non temporels.

Parmi les paramètres temporels, le corrélat secondaire le plus important est sans doute l'abrègement de la durée de la voyelle devant consonne géminée (20 ms plus courte en moyenne). Cet abrègement, qui a déjà été relevé par Ouakrim (1994) et Louali et Puech (1994), est observé dans d'autres langues du monde, comme l'arabe marocain (Zeroual 2006), le Bengali (Lahiri et Hankamer, 1988), l'italien (Esposito et Di Benedetto 1999), le

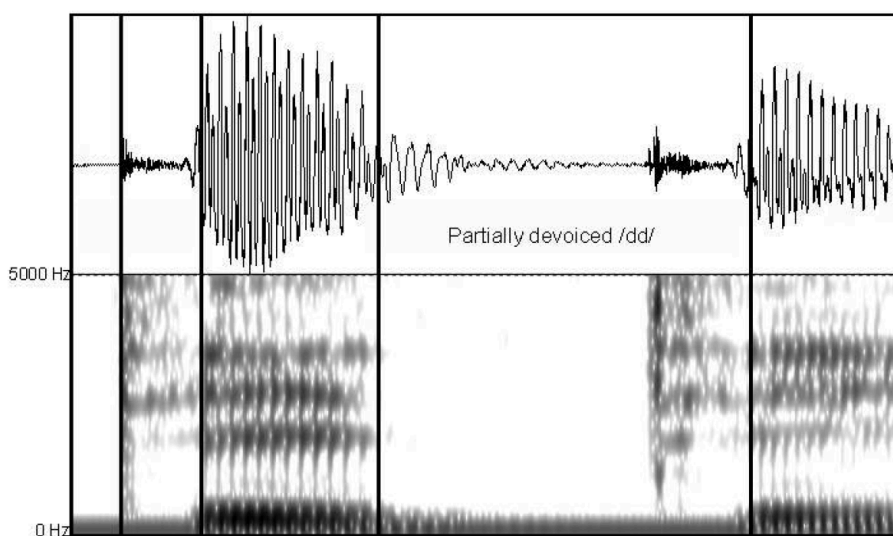
bougi, le madourais et le bataktoba (Cohn et al. 1999). Ce corrélat est considéré comme secondaire car il est contextuellement limité, puisqu'il n'est implémenté que quand la gémignée est effectivement précédée d'une voyelle. Il ne peut, par exemple, être implémenté en position initiale absolue ou dans les nombreux cas où un mot n'est composé que d'une gémignée (e.g. [gg<sup>w</sup>] « lave », [ʃʃ] « mange », etc.). Une question est de savoir si l'abrègement peut affecter tout segment précédant une gémignée, incluant les consonnes (e.g. la consonne [f] dans la forme [ifri] « grotte » comparée à [ifri] « il s'est fâché »). Cette question sera examinée dans mes recherches futures.

L'abrègement de la voyelle précédente est souvent attribuée aux différences de structure syllabique entre simples et gémignées : la voyelle est plus longue dans une syllabe ouverte (V.CV) et plus courte dans une syllabe fermée (VC.CV). Si cette interprétation est correcte, alors on observera le même abrègement vocalique pour toute séquence VC.CV, que CC soit une gémignée ou pas. Cette interprétation a été testée dans Ridouane (2010) pour des paires du type [ikkis] « il a enlevé » vs. [iktid] « il se rappelle ». Les mesures ont montré que les voyelles demeurent significativement plus courtes dans un contexte gémigné comparé au contexte non gémigné. Ces résultats montrent ainsi que l'abrègement vocalique, au moins en tachlhit, ne peut être considéré comme une conséquence des différences de structure syllabique.

De même l'explication syllabique ne peut rendre compte de l'abrègement observé en fin de mot. La voyelle dans cette position est dans une syllabe fermée aussi bien dans le contexte d'une simple (VC#) que dans le contexte d'une gémignée (VCC#), mais ne s'abrège que devant gémignée. Une autre explication de cet abrègement serait celle avancée par Malécot (1968, 1970) et adoptée par Ouakrim pour le tachlhit. Selon Malécot, l'abrègement vocalique serait dû à la tendance qu'ont les locuteurs à anticiper un effort important et de retarder celui qui l'est moins, de sorte que plus une consonne requiert une énergie articulatoire accrue plus la voyelle qui la précède s'abrège. L'abrègement de la voyelle serait ainsi un indice de l'énergie articulatoire plus importante que nécessite la production d'une gémignée. L'opposition simple/gémignée est en effet souvent associée à des corrélats supplémentaires caractéristiques d'une articulation tendue ou forte (voir par exemple Catford 1977, Ladefoged et Maddieson 1996). Jakobson, Fant et Halle (1952) et Jessen (1998), définissent les gémignées par le trait [tense], et Kohler (1984) propose le trait [fortis] pour caractériser cette opposition. En accord avec l'hypothèse avancée par Kluender, Diehl, et Wright (1998), l'abrègement

vocalique peut être considéré comme un geste de renforcement introduit pour augmenter la distance perceptuelle entre les simples et les géminées (voir plus bas).

Un autre paramètre temporel que l'on peut considérer comme secondaire concerne la durée du relâchement : Les occlusives géminées voisées présentent une durée de relâchement (30 ms en moyenne) plus longue que celle de leurs contreparties simples (17 ms en moyenne)<sup>19</sup>. Ce phénomène, observé aussi en Bengali (Mikuteit et Reetz 2007) et en finnois (Doty et al. 2007, Engstrand et Krull 1994), est très probablement dû au dévoisement qui affecte les géminées voisées (comparez la forme [tiddi] contenant une géminée dévoisée, illustrée dans la figure II.7, avec la même forme avec /dd/ non dévoisée présentée dans la figure II.2). Aucune différence significative de durée du VOT n'a été observée pour les occlusives sourdes. Une des raisons est probablement liée au fait que les simples et les géminées sont produites avec un degré d'ouverture glottale semblable au moment du relâchement oral (voir aussi chapitre III).



**Figure II.7.** Illustration d'un cas de dévoisement de la géminée /dd/ produite avec une durée de relâchement importante.

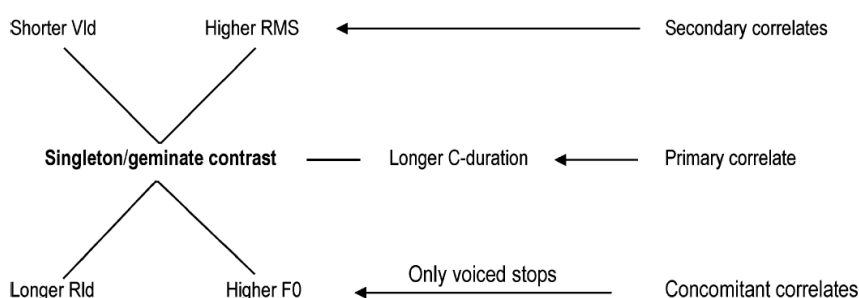
Les paramètres non temporels affectés par la gémination incluent, entre autres, l'amplitude du relâchement, la nature de l'occlusion, et le degré de dévoisement. Les occlusives géminées ont tendance à se produire avec une amplitude du relâchement plus importante que les simples. Mais cette tendance est dépendante du locuteur, n'ayant été observée que pour 3 des 5 locuteurs examinés dans Ridouane (2007). L'examen des

<sup>19</sup> A noter que cette différence n'a pas été observée en position finale de mot, où les occlusives voisées simples et géminées sont produites avec un relâchement d'une durée de 33 ms en moyenne.

caractéristiques spectrographiques montre que 15% des 390 réalisations d'occlusives sourdes sont produites avec occlusion incomplète. Les occlusives géminées, par contre, sont systématiquement produites avec occlusion totale. Le degré de lénition pendant la tenue des occlusives simples varie selon la nature sourde/voisée et le lieu d'articulation de la consonne : les voisées et les vélaires ont plus tendance à se produire sans occlusion complète comparées aux autres consonnes. Le dévoisement partiel affecte certaines géminées, mais son importance varie selon les locuteurs, les lieux d'articulation et le contexte. Il est ainsi plus important en position finale et pour les occlusives vélaires.

### 2.3. Quel lien avec la représentation phonologique ?

La figure II.8 schématise la façon dont le contraste de gémination en tachlhit est implémenté. Les résultats des analyses acoustiques et articulatoires montrent que ce contraste est phonétiquement implémenté par différents corrélats. Ces corrélats peuvent être caractérisés de trois façons. La durée peut être considérée comme étant le corrélat primaire, puisque l'opposition rendue par cet attribut est attestée dans tous les contextes examinés, même pour les occlusives sourdes après pause. Rien dans les données analysées n'indique que la durée plus longue des géminées est une conséquence de leur articulation tendue. Il semble, au contraire, que les différences de durée résultent de l'intention des locuteurs à maintenir une durée plus longue pour les géminées (voir aussi Louali et Maddieson 1999).



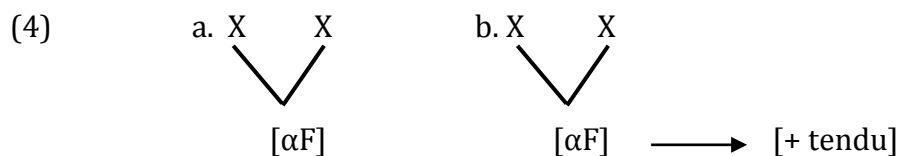
**Figure II.8.** Les corrélats acoustiques du contraste de gémination en tachlhit. Les différents types de corrélats sont disposés en trois couches (Rld = durée du relâchement pour les occlusives voisées, RMS = amplitude RMS, Vld = durée de la voyelle précédente).

Les différences observées dans la durée du relâchement et le degré de dévoisement peuvent être considérées comme des corrélats concomitants, étant des conséquences du dévoisement qui affecte ces segments à cause de leur durée plus longue. L'abrègement

vocalique et l'amplitude du relâchement, qui peuvent être interprétés comme des manifestations d'une articulation tendue, sont des corrélats secondaires. Ils sont en effet soit contextuellement limités (l'abrègement vocalique), soit variables à travers les locuteurs (amplitude du relâchement).

Les corrélats secondaires peuvent être considérés comme des corrélats de renforcement (Keyser et Stevens 2006, Stevens et Keyser 2010, Clements et Ridouane 2006). Ils sont présents pour renforcer le corrélat primaire en ajoutant des propriétés acoustiques additionnelles qui vont augmenter la distance perceptuelle entre les deux catégories phonémiques. Ces corrélats de renforcement peuvent assumer une fonction distinctive dans les cas où le corrélat primaire n'est pas perceptuellement récupérable. C'est le cas notamment des occlusives sourdes après pause, où les différences de durée d'occlusion entre les simples et les géminées ne peuvent être détectées par les auditeurs.

Partons du postulat qu'il y a une relation étroite entre représentation phonologique et représentation phonétique (voir par exemple Pierrehumbert 1990, Keating 1990), et que cette relation doit se refléter dans la théorie linguistique, les caractéristiques phonétiques des géminées en tachlhit sont mieux rendues en traitant structurellement ces segments comme deux unités de durée liées à une position mélodique (4a). Cette différence structurelle se reflète dans les différences observées dans les durées acoustique et articulatoire.



Les durées phonétiques sont assignées à ces représentations en prenant en considération les durées inhérentes aux segments et aux langues (voir Clements 1986). Ainsi, en tachlhit les géminées occlusives sont plus de 2 fois plus longues que leurs contreparties simples, tandis que les fricatives sont un peu moins de 2 fois plus longues. Ces durées sont ensuite ajustées pour d'autres facteurs qui peuvent soit allonger ou réduire la durée de ces segments (par exemple, les phénomènes d'allongement prosodique en positions initiale et finale). Le corrélat de renforcement [tendu] est assigné à la représentation des géminées à travers une règle de type (4b), suggérant que le renforcement acoustique et articulatoire des géminées est un effet général des règles

d'implémentation phonétique. Les antécédents pour cette analyse sont les divers travaux montrant que la position prosodique peut directement affecter la force articulatoire des segments (Pierrehumbert et Talkin 1992, Fougeron et Keating 1997, Keating et al. 2003). Une analyse alternative à (4b) est suggérée par le modèle exemplariste de Pierrehumbert (2002), selon lequel les traces de la mémoire des gémées lexicales sont hyperarticulées, car seuls les exemples hyperarticulés sont reconnus de manière fiable dans leurs compétitions avec des compétiteurs minimalement différents.

Une conséquence découlant de l'analyse des gémées comme deux unités de durée est qu'en l'absence de cette dimension temporelle, la discrimination entre simples et gémées sera plus faible. Ce point est traité dans la section qui suit.

### **3. Occlusives sourdes gémées à l'initiale : de la production à la perception<sup>20</sup>**

Le contraste de gemination est plus communément attesté en position intervocalique, moins présent en position finale et plus rare en position initiale (Thurgood 1993, Muller 2001, Pajak 2009, Dmitrieva 2011). Encore plus rare est la présence dans les langues du monde d'un contraste de gemination impliquant les occlusives sourdes à l'initiale de mot. A ma connaissance, cet aspect n'a été phonétiquement documenté que dans quatre langues : le malais (Abramson 1986, 1987, 1991, 1999 pour le pattani, Hamzah 2013 pour le kelantan), le grec chypriote (Tserdanelis et Arvaniti 2001, Muller 2003, Armosti 2009), le suisse allemand (Kraehenmann 2001, Kraehenmann et Lahiri 2008), et l'amazighe marocain (Ouakrim 1993, 1999, Louali et Puech 1994, Ridouane 2003, 2007, Ridouane et Hallé 2011 pour le tachlhit et Bouarourou et al. 2008, Bouarourou 2014 pour le tarifit).

Le contraste de gemination pour les occlusives sourdes initiales pose des questions déroutantes relatives à la nature du lien entre production et perception d'une opposition phonologique : est-ce que les locuteurs des langues disposant de ce contraste produisent articulatoirement le contraste de durée pour ces segments, même si cela ne transmet aucune information temporelle sur le plan acoustique ? Est-ce que d'autres indices acoustiques sont disponibles pour renforcer la distinction dans cette position ? Est-ce que les locuteurs natifs sont sensibles à ces attributs ?

---

<sup>20</sup> Cette section est adaptée et tirée pour l'essentiel de Ridouane, R. et Hallé, P. (soumis, article invité). Word-initial geminates: from production to perception. In H. Kubozono (ed.), *Phonetics and phonology of geminate consonants*. Oxford Studies in Phonology and Phonetics - Oxford University Press.

Des résultats contradictoires ont été rapportés dans la littérature. En malais (Abramson 1986, 1991, 1999), les auditeurs natifs sont capables d'identifier correctement les géminées vs. les simples, même en l'absence de la durée. Leur identification, en position initiale absolue, est basée sur un ensemble de corrélats secondaires, incluant les différences d'amplitude et de F0 de la syllabe initiale relative à la syllabe qui suit dans les mots dissyllabiques. Les mêmes résultats ont été rapportés par Hamzah (2013) pour le kelantan. En grec chypriote, aussi bien la durée d'occlusion que la durée du VOT permettent de significativement distinguer les simples des géminées, ces dernières étant produites avec des durées plus longues (Tserdanelis et Arvaniti 2001). En position initiale absolue, les auditeurs chypriotes sont tout aussi capables de bien percevoir le contraste de gemination, en se basant essentiellement sur les différences de VOT (Muller 2003). Pour le suisse allemand, en revanche, les auditeurs sont incapables de distinguer les occlusives géminées de leurs contreparties simples après pause. Pour autant, la distinction est très claire sur le plan articulatoire, la durée du contact articulatoire entre la langue et le palais étant deux fois plus longue pour les géminées que pour les simples (Kraehenmann et Lahiri 2008).

Ces résultats contradictoires peuvent s'expliquer : en malais, le contraste de gemination semble induire aussi des différences d'accentuation. Abramson (1999) n'exclut d'ailleurs pas une transphonologization de ce contraste vers une distinction accentuelle. Pour le chypriote, le contraste entre les géminées et les simples est aussi un contraste laryngal entre aspirées et non-aspirées, respectivement (Muller 2001, Tserdanelis et Arvaniti 2001, Armosti 2009). Armosti (2009), par exemple, rapporte une augmentation de 247% de la durée d'aspiration pour les géminées. Pour le suisse allemand, des vraies paires minimales impliquant le contraste de gemination pour les occlusives sourdes initiales sont plutôt rares et peuvent être traitées comme homophones sans que cela nuit considérablement à la compréhension. La situation pour le tachlhit est différente : la distinction est très productive et n'induit pas de corrélation avec des différences laryngales et accentuelles.

Comme nous l'avons montré plus haut, sur la base de données EPG, en tachlhit l'opposition dans cette position est implémentée articulatoirement par une différence très nette pour la phase d'occlusion sur les plans temporels et spatiaux, même en l'absence de conséquences acoustiques claires. Cette différence de durée ne peut donc être perçue, puisque, une occlusion sourde étant par nature silencieuse, on entend rien

avant le relâchement. La question est donc de savoir si les locuteurs natifs sont capables de discriminer ou distinguer les items de type [ks] « fait paître » et [kks] « enlève ».

Nous avons procédé à des tests d'identification AXB auprès de locuteurs natifs du tachlhit pour tenter de répondre à cette question. Un locuteur natif du tachlhit, pas au fait de l'objet de l'étude, a été enregistré en produisant les paires minimales en (5), parmi d'autres items.

#### (5) Stimuli utilisés pour le test de perception

##### Groupe1 : items contrastant les occlusives sourdes

|       |                   |     |        |                               |
|-------|-------------------|-----|--------|-------------------------------|
| tut   | « Elle a frappé » | vs. | ttut   | « Oublie-le »                 |
| tili  | « Brebis »        | vs. | ttili  | « Aie, inaccompli »           |
| kijji | « Toi »           | vs. | kkijji | « Prend ce chemin, pour moi » |
| ks    | « Fait paître »   | vs. | kks    | « Enlève, imp »               |

##### Groupe2 : items contrastant les occlusives voisées

|     |                  |     |      |                   |
|-----|------------------|-----|------|-------------------|
| bi  | « Propriétaire » | vs. | bbi  | « Coupe, imp »    |
| gar | « Mauvais »      | vs. | ggar | « Soit dernier »  |
| diɣ | « Avec nous »    | vs. | ddiɣ | « Je suis parti » |

##### Groupe3 : items contrastant les fricatives

|     |               |     |      |              |
|-----|---------------|-----|------|--------------|
| fit | « Donne le »  | vs. | ffit | « Verse le » |
| sir | « Part, imp » | vs. | ssir | « Lacets »   |

Quatre répétitions de chaque item ont été utilisées comme stimuli. Les formes du groupe 1 ont été enregistrées dans 4 contextes différents pour pouvoir manipuler la saillance perceptive du contraste simples/géménées : (i) 'embedded', autrement dit en position médiane dans une phrase porteuse (*inna ... jat twalt*, « il a dit ... une fois ») ; (ii) en 'isolation', en position initiale de phrase, où le mot est équivalent à une phrase entière ; (iii) 'sous focus', en position initiale de phrase en choisissant le premier mot de la paire qui est opposé à l'autre (e.g., *ttili as nniɣ mafɪ tili*: « J'ai dit **ttili**, pas *tili* »); (iv) 'sans focus', en position initiale de phrase en choisissant l'autre mot (e.g., *ttili as nniɣ mafɪ tili* « J'ai dit *ttili*, pas **ttili** »). Les paires minimales des groupes 2 et 3, opposent les occlusives voisées et fricatives simples et géménées initiales. Ces paires permettent de comparer l'impact perceptuel clair des différences de durée du voisement et du bruit de friction à celui des indices acoustiques minimales accompagnant les occlusives sourdes. Les

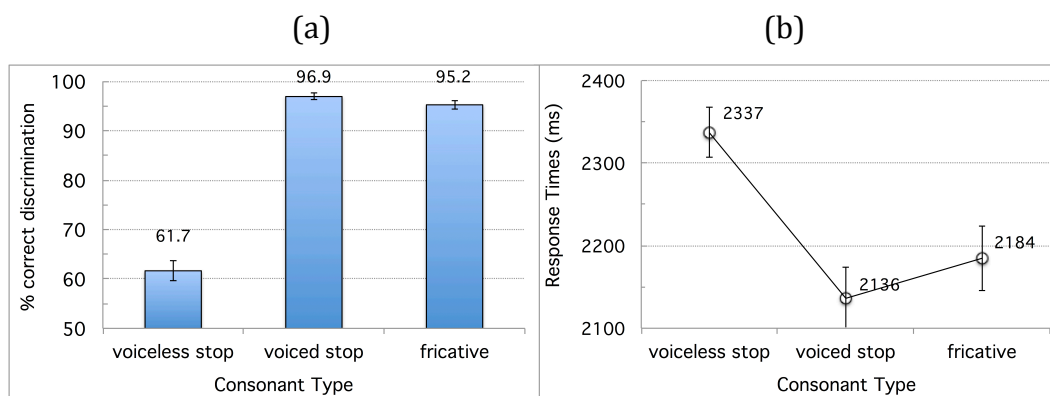


occlusives voisées et fricatives ont été enregistrées dans un seul contexte, i.e. « isolation ». Les stimuli ont été extraits de leurs contextes et présentés aux éditeurs lors de l'expérimentation perceptive.

L'analyse acoustique des ces items indiquent, comme attendu, que la durée est le corrélât principal de la gémination : 70 ms (SD 20) pour les occlusives voisées simples vs. 211 ms (SD 13.9) pour leurs contreparties géminées, et 130 ms (SD 19.3) pour les fricatives simples vs. 252 ms (SD 25.5) pour leurs contreparties géminées. Ces différences temporelles sont accompagnées de quelques différences qualitatives, dont certaines sont significatives. Ainsi, pour les occlusives voisées, l'énergie moyenne et la F0 du voisement sont plus élevées pour les simples ( $F_0$  : 127 > 118 Hz,  $t(22)=3.10$ ,  $p<.01$ ; énergie : 46 > 42 dB,  $t(22)=3.24$ ,  $p<.005$ ). Pour les fricatives, les géminées présentent une HNR moyenne plus basse comparées aux simples (0.8 < 4.0 dB),  $t(14)=1.91$ ,  $p=.074$ ).

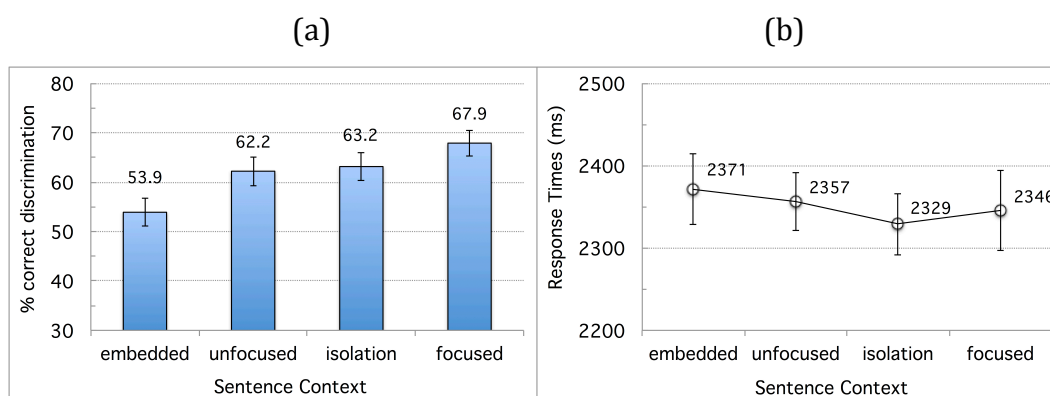
Les mesures effectuées sur les occlusives sourdes, pour lesquelles la durée d'occlusion ne peut être mesuré, indiquent quelques différences atteignant le seuil de significativité. Ainsi, l'intensité relative des géminées est significativement plus importante (au moins  $p<.05$ ) et ce pour les 4 conditions, mais cette différence n'est que de 2.5 dBs en moyenne, n'atteignant pas la valeur JND de 3 dB (Toole et Olive 1988). L'autre mesure pour laquelle des différences ont été observées entre simples et géminées concerne la durée du VOT. Les simples ont un VOT plus long que les géminées (8.4 ms en moyenne). Mais cette différence n'atteint le seuil de significativité que pour les items sous 'focus' ( $F(1,120)=10.45$ ,  $p<.005$ ). Aucune autre différence significative n'a été observée entre simples et géminées sourdes pour les autres paramètres acoustiques mesurés : durée de la voyelle (ou du /s/ pour [ks]-[kks]), F0 et HNR des voyelles, HNR du bruit du relâchement.

Vingt trois locuteurs natifs du tachlhit ont participé à l'expérience. Chaque contraste a été présenté 4 fois dans chacune des quatre combinaisons AXB possibles (AAB, ABB, BBA, et BAA). Pour chaque triplet AXB, trois stimuli ont été présentés aux participants qui devaient indiquer si le second stimulus X correspondait au premier ou au troisième stimulus, en appuyant sur la touche '1' ou '3'. Les temps de réaction (TR) ont été mesurés à partir de l'onset du stimulus X.



**Figure II.9.** (a) Taux de discrimination correcte et (b) TR pour les trois types de consonnes initiales moyennés à travers les 4 contextes phrastiques pour les occlusives sourdes.

La figure II.9 illustre le taux de discrimination correcte et le TR correspondant pour les trois types de consonnes initiales. Les participants ont eu de grandes difficultés à identifier les occlusives sourdes simples et géminées (61.7%), alors que leur identification pour les occlusives voisées (96.9%) et les fricatives (95.2%) est presque parfaite. Les résultats pour les TRs confirment la difficulté rencontrée par les auditeurs avec les séries d'occlusives sourdes, avec un TR 180 ms en moyenne plus long que pour les occlusives voisées et aux fricatives.



**Figure II.10.** (a) Taux de discrimination correcte et (b) TR pour les occlusives sourdes simples et géminées dans les 4 contextes phrastiques.

Le contexte phrastique où les occlusives sourdes ont été produites affecte le taux d'identification du contraste de gémination (mais pas autant pour le TR). Comme le montre la figure II.10a-b, la meilleure performance a été obtenue dans le contextes 'focus' et dans une moindre mesure 'isolation' et 'sans focus', ce qui suggère que des indices supplémentaires sont à l'œuvre dans ces contextes.

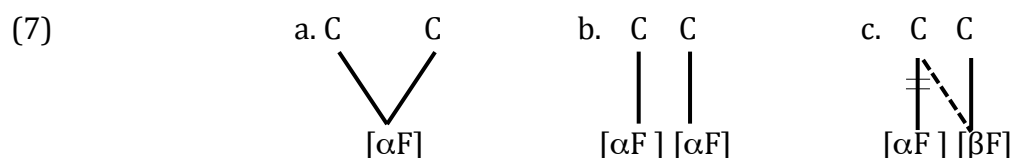
Ces résultats indiquent que les auditeurs peuvent se servir d'indices secondaires dans des contextes autres que 'embedded' (e.g. intensité relative) pour mieux discriminer le contraste de gémiation pour les occlusives sourdes à l'initiale. Pour autant, l'apport de ces indices n'est pas décisif, étant donné que la performance des auditeurs pour ce contraste dans cette position reste faible comparée à leur performance pour les autres obstruantes initiales. L'incapacité des auditeurs à correctement discriminer une occlusive simple de sa contrepartie géminée à l'initiale absolue montre qu'un contraste phonologique, combien même il est clairement implémenté sur le plan articulatoire, ne peut être perçu en l'absence d'indices acoustiques clairs. Autrement dit, un contraste phonologique est un rapport entre une articulation donnée et son produit acoustique, la satisfaction de ces deux conditions est nécessaire pour le recouvrement de ce contraste. Comme l'a suggéré Blevins (2004), de telles performances faibles peuvent aboutir à terme soit à une neutralisation du contraste de gémiation, soit à une réinterprétation des indices secondaires amenant à une réinterprétation phonologique ou à une transphonologisation. Une transphonologisation possible pour les géminées du tachlhit serait de les réinterpréter comme des consonnes tendues. La neutralisation du contraste demeure peu probable, étant donnée la vivacité du contraste dans cette position, exploitée aussi bien par le lexique que par la morphologie. La faible probabilité d'une neutralisation est due au fait que le contraste de gémiation initiale n'est pas limité aux occlusives sourdes et implique d'autres obstruantes avec des indices acoustiques clairement audibles. Il est possible aussi que le contraste soit maintenu par analogie avec des versions plus audibles des mêmes occlusives sourdes initiales quand elles apparaissent en milieu de phrase. Il est intéressant de souligner ici que les locuteurs/auditeurs ne sont pas inconscients de la difficulté que pose l'identification d'un contraste [#t] vs. [#tt]. Un calembour présenté dans (6), connu dans la région d'Agadir, joue justement sur cette ambiguïté perceptive, suggérant que les locuteurs/auditeurs ont une connaissance tacite des contraintes physiques qui façonnent les formes lexicales. Le jeu de mot ici est auditif et dépend de façon dont la dentale occlusive initiale de tili/ttili est entendue/perçue : comme une simple (6a) ou comme une géminée (6b) :

- (6) a. [iqqdr a tili] « C'est probable oh brebis » ('brebis' dans le sens de lâche)  
 b. [iqqdr a ttili] « Il se peut que ça arrive »

Nous ne discuterons pas plus en détail ici les différents aspects soulevés par ces résultats. Le point le plus important pour notre propos est ce que ces résultats nous indiquent sur la durée comme corrélat principal de l'opposition entre simples et géminées. Ce corrélat est primaire parce qu'il se manifeste sur le plan de la production dans tous les contextes où le contraste a lieu. Les résultats des tests de perception montrent en plus que c'est un indice fondamental pour recouvrer ce contraste ; en son absence les taux d'identification sont beaucoup plus faibles.

#### 4. Géminées lexicales et géminées phonologiques : implémentation acoustique et représentation phonologique

Un autre aspect examiné dans mes travaux sur la gémination concerne l'implémentation phonétique des différents types de géminées en lien avec leurs comportements phonologiques. Comme mentionné plus haut, les géminées de surface peuvent résulter de trois sources différentes, illustrées dans (7). Les géminées tautomorphémiques, données par le lexique, sont représentées au niveau sous-jacent comme une seule unité mélodique liée à deux positions prosodiques (7a). Les géminées hétéromorphémiques peuvent résulter soit d'une concaténation de deux consonnes identiques séparées par une frontière morphologique soit d'une assimilation totale. Les géminées par concaténation sont représentées au niveau sous-jacent comme une suite de deux unités prosodiques chacune associée à une position mélodique (7b).



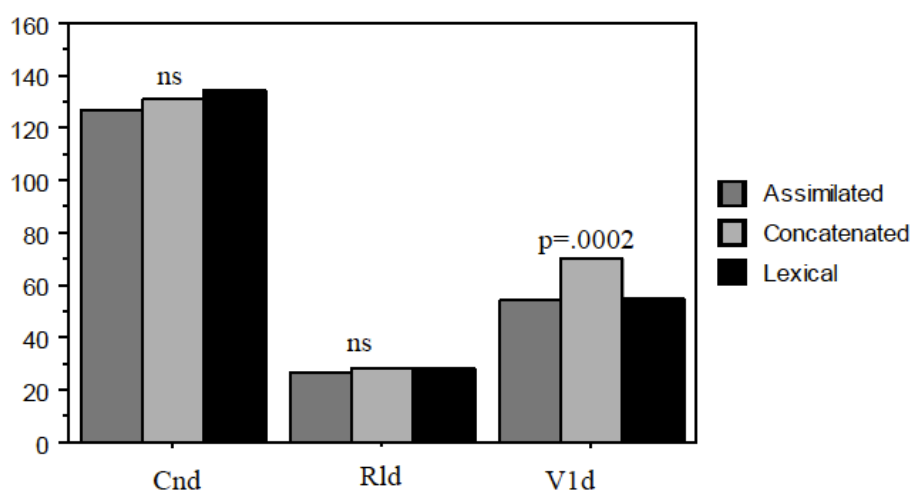
Selon McCarthy (1986), ces fausses géminées sont identiques aux géminées lexicales au niveau de la représentation de surface, une conséquence de *Tier Conflation* (voir aussi Dell et Elmedlaoui 2002 pour le tachlhit). Les géminées par assimilation (7c), qui résultent d'une propagation autosegmentale, sont aussi représentées comme une seule unité mélodique liée à deux positions prosodiques (Hayes 1986b). L'approche autosegmentale prédit ainsi que l'output du sandhi externe est une catégorie déjà établie pour le contraste lexicale. Si ces analyses sont correctes, les trois types de géminées, quelles que soient leurs représentations sous-jacentes, devraient être identiques au niveau de la surface, représentées comme une seule unité mélodique liée à deux positions prosodiques.

Comment ces représentations abstraites se reflètent-elles au niveau phonétique ? Et comment ces aspects phonétiques sont-ils liés au comportement distinct de ces trois types de gémées ? Le comportement en question est l'inaltérabilité des gémées : les gémées lexicales et les gémées issues d'une assimilation complète résistent à la spirantisation alors que les gémées par concaténation se spirantisent (Hayes 1986a). Pour traiter de ces questions, un corpus composé de 36 formes (12 pour chaque type de gémées) et produit par 5 locuteurs a été soumis à une analyse acoustique. Des exemples tirés de ce corpus sont donnés en (8) :

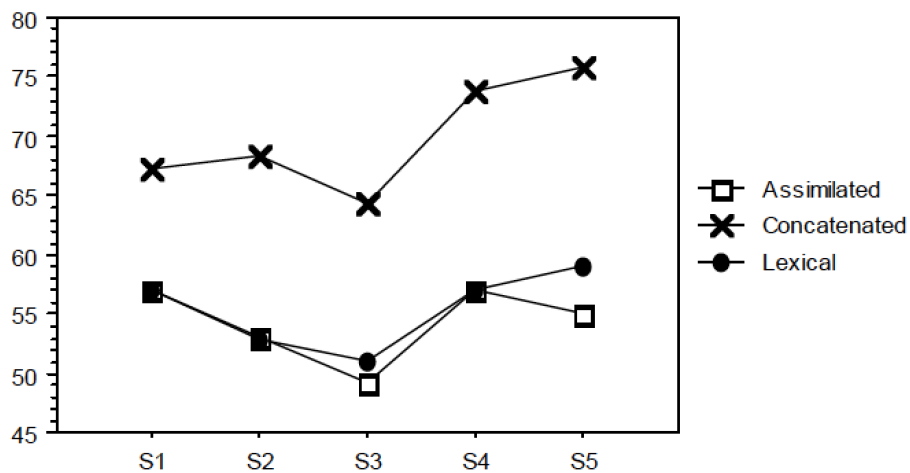
(8) Exemples de formes utilisées pour l'analyse acoustique de trois types de gémées.

|      | <u>Lexicales</u>   | <u>Concaténation</u> | <u>Assimilation</u> |
|------|--------------------|----------------------|---------------------|
| /tt/ | Innajas matta ʔid  | Inna tufat tayri     | Innajas attasit     |
| /dd/ | Innajas addal ns   | Inna tufad darsn     | Innajas addaʔ yaf   |
| /kk/ | Innajas takka nu   | inna jufak karim     | innajas akkasix     |
| /gg/ | Innajas aggu nu    | inna waddag gablt    | innajas aggis gaʔ   |
| /ss/ | Innajas tassast ad | Inna juddas samir    | Innajas assal flʔ   |
| /zz/ | Innajas azzan inu  | Inna urgaz zaydat    | Innajas azza slix   |

Un ensemble de paramètres a été examiné : la durée de la consonne (la durée de l'occlusion pour les occlusives), la durée de la voyelle précédente, la durée du relâchement, l'amplitude du relâchement, et la fréquence fondamentale des voyelles suivantes (i.e. les paramètres affectés par la gémation, indiqués en §2.1 et §2.2).

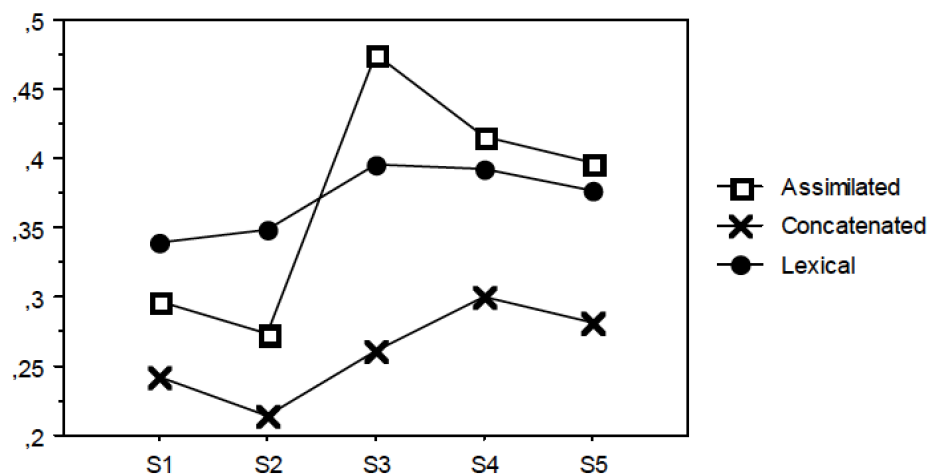


**Figure II.11.** L'effet du type de gémation (lexicale, par assimilation, par concaténation) sur la durée de la consonne (cnd), la durée du relâchement (rld) et la durée de la voyelle précédente (v1d).



**Figure II.12.** L'effet du type de gémation (lexicale, par assimilation, par concaténation) sur la durée de la voyelle précédente.

Les résultats concernant les paramètres temporels, illustrés par la figure II.11, montrent que les trois types de gémées présentent les mêmes durées consonantiques. Ceci constitue un argument en faveur d'une représentation identique pour ces trois sortes de gémées au niveau de la couche prosodique, responsable de la quantité (voir Lahiri et Hankamer (1988) pour le même résultat pour le bengali). Toutefois, un paramètre temporel permet de distinguer les trois séries de gémées en tachlhit : les voyelles sont significativement plus courtes devant les gémées lexicales et les gémées issues d'une assimilation que devant les gémées issues d'une concaténation (figure II.12).



**Figure II.13.** L'effet du type de gémation (lexicale, par assimilation, par concaténation) sur l'amplitude du relâchement.

Une autre différence notable entre les 3 types de géminées concerne l'amplitude du relâchement. Les mesures montrent une tendance pour une amplitude du relâchement moins importante pour les géminées issues d'une concaténation, comparées aux géminées lexicales et par assimilation (voir figure II.13).

Pour résumer, l'investigation acoustique a montré que les géminées phonologiquement dérivées présentent les mêmes caractéristiques temporelles que les géminées lexicales, étant toutes produites avec les mêmes durées consonantiques (durée d'occlusion et durée du relâchement pour les occlusives). Un tel résultat étaye l'assignation de la même représentation temporelle à ces trois types de géminées (i.e. 2 positions prosodiques). Pour autant, une différence importante a été observée entre géminées par concaténation et les autres géminées : comparées aux géminées par concaténation, les géminées lexicales et par assimilation abrègent la voyelle qui précède et sont produites avec une amplitude du relâchement plus importante. Cet aspect suggère que les géminées par assimilation, étant phonétiquement implémentées à l'aide de corrélats de renforcement additionnels, manifestent les mêmes caractéristiques d'une 'vraie' géminée'. Ce résultat, qui montre que les géminées qui résultent d'une assimilation totale sont catégoriquement identiques aux géminées lexicales, fournit une preuve supplémentaire qu'un processus de sandhi externe – assimilation totale – est correctement représenté dans le cadre d'un modèle non-linéaire, qui exprime l'assimilation non pas comme une modification d'un segment, mais plutôt comme une propagation autosegmentale (voir Ladd et Scobbie (2003) pour le même résultat pour le sarde). La réassociation qui résulte de cette propagation est une représentation doublement liée, autrement dit, la même représentation que celle des géminées tautomorphémiques. Ce modèle fournit aussi une représentation adéquate pour les géminées par concaténation, à condition qu'elles soient représentées au niveau de la surface comme deux positions prosodiques chacune liée à une position mélodique. De toute évidence, le simple fait d'avoir une suite de deux consonnes identiques n'est pas suffisant en soi pour manifester les caractéristiques attendues d'une 'vraie' géminée. Fait intéressant, du point de vue computationnelle, les géminées lexicales et assimilées 'patternent' aussi ensemble par opposition aux géminées par concaténation.

En effet, les géminées lexicales, par assimilation et par concaténation ne réagissent pas toutes de la même manière vis-à-vis de la spirantisation. En tachlhit parlé dans la région de Haha (Haut-Atlas Occidental), les géminées lexicales, et c'est là une tendance

universelle, ne se spirantisent jamais (9a). Les géminées issues d'une assimilation totale résistent aussi à l'application de cette règle (9b). Par contre, les géminées issues d'une concaténation se spirantisent (9c).

|     |    |                              |                            |                          |
|-----|----|------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| (9) | a. | /aggas/                      | [aggas]                    | « Blessure »             |
|     |    | /tukkimt/                    | [tukkimt]                  | « Coup de poing »        |
|     | b. | /rad=k i-ħrg/                | [rakk iħrg]                | « Il te brûlera »        |
|     |    | /rad=k <sup>w</sup> n i-ħrg/ | [rakk <sup>w</sup> n iħrg] | « Il vous brûlera »      |
|     | c. | /t-s-ħrrk=k/                 | [tshrrxx]                  | « Elle t'a fait bouger » |
|     |    | /t-ħrg=k <sup>w</sup> n/     | [thrx <sup>w</sup> n]      | « Elle vous a brûlés »   |

Le comportement distinct des géminées par assimilation (9b) et par concaténation (9c) est illustré en observant le comportement des pronoms d'objet direct /k/ et /k<sup>w</sup>n/ qui marquent la deuxième personne du singulier et du pluriel, respectivement. Quand ces pronoms d'objet directe précèdent des verbes qui se terminent par une vélaire, la spirantisation opère, donnant ainsi lieu à des spirantes /xx/ et /xx<sup>w</sup>/ longues. Les géminées dans (9b) sont issues d'une assimilation complète de la consonne /d/. Il résulte de cette assimilation une association du nœud racine de la consonne initiale du prénom d'objet direct /k/ à la position X de la dernière consonne de la forme *rad*. L'output de cette ré-association est une vélaire liée à deux positions dans le squelette. Cette vélaire a donc la même représentation que celle des géminées lexicales ce qui expliquerait, si l'on adopte une approche strictement notationnelle, leur comportement identique (e.g. Schein et Steriade 1982). Mais comme l'ont souligné Churma (1988) et Elmedlaoui (1993), de telles représentations ne disent rien sur les raisons de cette inaltérabilité. L'explication fournie par Churma (1988) stipule que c'est la force inhérente aux géminées qui empêcherait tout processus d'affaiblissement comme la spirantisation de les affecter. Mais une telle explication souffre d'un manque de données objectives pour la soutenir. Aucun argument émanant de données de phonétique expérimentale n'a pas par exemple été fourni en faveur d'une telle analyse. Il faudra en effet démontrer (1) que les géminées lexicales présentent des caractéristiques d'une articulation tendue, (2) que des différences existent au niveau phonétique entre les géminées lexicales et issues d'une assimilation complète d'un côté et les géminées par concaténation de l'autre, et (3) que la différence dans leur comportement vis-à-vis de la



spirantisation peut être attribuable à ces différences.

Les résultats acoustiques de notre étude, même s'ils doivent être confortés par d'autres études dans le futur, fournissent des arguments en faveur de cette analyse. Tandis que les gémées par assimilation, comme les gémées lexicales, sont renforcées par les attributs acoustiques de la force articulaire (abrègement de la voyelle, amplitude du relâchement, etc.), les gémées par concaténation ne le sont pas. Il y a donc lieu de distinguer entre les vraies gémées (lexicales et issues d'une assimilation complète) phonétiquement implémentées par des corrélats secondaires responsables de leur aspect tendu et les fausses gémées (gémées par concaténation) qui résultent uniquement de l'adjacence entre deux segments identiques. Sur la base de ces résultats, il est possible de postuler en accord avec Churma (1988 : 1) que « ... *it is the inherent strength of geminate consonants [...] that prevents any (non-assimilatory) weakening process other than degemination from affecting them* ». Un lien peut être établi entre cette observation et une propriété – plutôt inattendue – que manifeste les corrélats de renforcement. En se basant sur plusieurs exemples tirés de différentes langues, Keyser et Stevens (2006) ont observé que tandis que les corrélats primaires sont, dans certains contextes, sujets à des processus d'affaiblissement (voir d'élision), les traits de renforcement sont beaucoup plus robustes et ne sont apparemment jamais affaiblis ou effacés. En tachlhit, les corrélats de renforcement des gémées, ceux responsables de l'aspect tendu affiché par ces segments, résistent aussi à l'application de règles d'affaiblissement. Autrement dit, une fois introduits pour renforcer une opposition entre deux segments, les corrélats de renforcement tendent à survivre et peuvent même supplanter le corrélat de base qu'ils sont censés à l'origine renforcer.

## 5. Conclusion

Dans mes travaux sur la gémation je me suis intéressé à la nature de ce contraste phonologique et à la façon dont il est phonétiquement implémenté et perçu. Du point de vue phonologique, j'ai adopté la représentation autosegmentale qui voit dans les consonnes gémées une suite de deux positions prosodiques liées à une seule position mélodique. Mes travaux sur la production et la perception de la gémation ont permis entre autres de tester un ensemble de prédictions qui découlent de cette représentation phonologique. Il ont permis notamment de montrer que la distinction entre simples et gémées lexicales est principalement une distinction de nature temporelle, et ce pour

toutes les obstruantes dans toutes les positions, même pour les occlusives sourdes après pause. En l'absence de cette dimension temporelle, la distinction entre simples et géminées est perceptuellement beaucoup plus faible, ce qui explique pourquoi les auditeurs natifs sont incapables de recouvrer de manière adéquate le contraste pour les occlusives sourdes après pause. Un dernier argument en faveur de la représentation autosegmentale des géminées est tiré de l'analyse acoustique des différents types de géminées (lexicales, issues d'une assimilation complète, et issues d'une concaténation). Les résultats ont montré que ces trois types de géminées présentent les mêmes durées consonantiques, ce qui légitime une représentation identique pour ces différents segments au niveau de la couche prosodique. Toutefois des différences existent en termes d'abrègement vocalique et d'amplitude du relâchement entre les géminées lexicales et les géminées issues d'une assimilation complète d'un côté, et les géminées par concaténation de l'autre. Ces résultats ont aussi permis de mettre en lumière un parallélisme intéressant entre les caractéristiques phonétiques et le comportement phonologique des géminées, notamment le fait que les géminées par concaténation se spirantisent alors que les vraies géminées (lexicales et par assimilation) résistent à l'application de cette règle.

### **Valorisation**

- Ridouane, R., & Hallé, P. (soumis, article invité). Word-initial geminates: from production to perception. In H. Kubozono (ed.), *Phonetics and phonology of geminate consonants*. Oxford Studies in Phonology and Phonetics - Oxford University Press.
- Hallé, P., Ridouane, R., & Best, C. (sous révision). French perception of Tashlhiyt Berber geminates: duration-based versus beat-based timing. *Frontiers Psychology*.
- Ridouane, R. (2014). Tashlhiyt Berber. *Journal of the International Phonetic Association* 44, 207-221.
- Ridouane, R., & Hallé, P. (2011). On the perceptual reliability of articulation without acoustics. *Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 1690 – 1693. Hong Kong.
- Ridouane, R. (2010). Geminates at the junction of phonetics and phonology. In C. Fougeron, B. Kuhnert, M. D'Imperio, & N. Vallée (eds.), *Papers in Laboratory Phonology 10*, 61–90. Berlin: Mouton de Gruyter.
- Ridouane, R. (2009). Questions de phonologie berbère à la lumière de la phonétique expérimentale. In S. Chaker, A. Mettouchi & G. Philippson (eds.), *Etudes de phonétique et de linguistique berbères. Hommage à Naïma Louali*, 43-68. Peeters : Paris/Louvain.
- Ridouane, R. (2008). Sur l'inaltérabilité des géminées. *Etudes et Documents Berbères* 27, 127-149.

- Ridouane, R. (2007). Gemination in Tashlhiyt Berber: an acoustic and articulatory study. *Journal of the International Phonetic Association* 37, 119-142.
- Ridouane, R. (2003). Geminate vs. singleton stops in Berber: An acoustic, fiberoptic and photoglottographic study. *Proceedings of the 15th International Congress of Phonetic Sciences*, 1743-1746. Barcelone.

## CHAPITRE III

---

### ACTIVITÉ LARYNGALE : CARACTÉRISATION PHONOLOGIQUE ET AJUSTEMENTS INTERARTICULATOIRES

Ce chapitre présente un aperçu détaillé de mes activités de recherche portant sur la nature des ajustements laryngaux du point de vue de leur caractérisation phonologique et du point de vue de leur implémentation articulatoire. Il est subdivisé en deux parties. La première partie traite de la caractérisation phonologique des segments aspirés. Elle propose notamment une définition du trait [spread glottis] en partant du principe que tout trait phonologique est un rapport entre une articulation donnée et son produit acoustique. L'objet est de fournir une définition à validité interlinguistique pour ce trait en combinant le plan articulatoire et le plan acoustique. La deuxième partie traite des ajustements laryngaux et de la coarticulation des mouvements glottaux en examinant comment l'amplitude et le timing du geste d'abduction-adduction des plis vocaux varient selon la nature des obstruantes et des séquences d'obstruantes sourdes.

#### 1. Traits distinctifs et implémentation phonétique

La caractérisation des sons de la parole a longtemps porté sur la recherche d'invariants ou de régularités dans leurs différentes réalisations. Mais le signal de parole est largement variable, et la description physique d'un son est le plus souvent très largement dépendante du contexte de telle sorte qu'il est souvent très difficile d'établir des relations claires entre le niveau phonologique (où des unités discrètes sont manipulées) et le niveau phonétique caractérisé par des phénomènes cumulatifs et continus. La prise en compte des caractéristiques physiques du système de production de la parole a souvent aidé à clarifier les origines de la variabilité et à voir dans quels cas elle était compatible avec une description phonologique invariante. Elle a aussi aidé à réconcilier l'hypothèse théorique d'un invariant phonologique avec l'observation expérimentale d'une grande variabilité allophonique.

La description des systèmes phoniques des langues du monde à partir d'un ensemble fini d'unités, appelés *traits distinctifs*, *traits phonologiques* ou *traits phonétiques* selon les auteurs, est une constante des théories phonologiques. Ces unités se sont avérées très

éclairantes dans la description des systèmes linguistiques. Elles ont une fonction lexicale en permettant d'opposer des mots et une fonction phonologique en permettant de définir les classes naturelles. Sur un plan cognitif, il paraît vraisemblable qu'elles jouent un rôle central dans le codage de la parole, assurant le passage du signal acoustique, dans sa diversité, aux catégories linguistiques pertinentes, aussi bien au plan de la production qu'au plan de la perception.

L'objectif des théories phonologiques est de dégager un ensemble fini de traits universaux capables de caractériser les sons de la parole. Ces théories, pendant la première moitié du 20<sup>e</sup> siècle, postulent des traits phonologiques particulièrement abstraits, souvent coupés de la substance phonétique (e.g. Hjelmslev 1935). Ce n'est qu'en 1952 et les « *Preliminaries to speech analysis* » de Jakobson, Fant et Halle que l'on a commencé à observer une remontée importante de la substance phonétique en phonologie. Jakobson et ses collaborateurs ne rejettent pas l'aspect fonctionnel des traits mais l'intègre au circuit de la communication envisagé comme acte neuro-psychologique et physique (Durand 2000). Si les corrélats neuro-psychologique ne jouent qu'un rôle secondaire, c'est principalement parce qu'ils sont difficiles à observer. La dimension articulatoire pour Jakobson et al. (1952) est par contre totalement marginalisée, considérée comme un moyen dont la fin est un produit acoustique destiné au système auditif et cognitif.

Pour Chomsky et Halle (1968), les définitions articulatoires sont considérées comme étant aussi importantes que les définitions acoustiques et perceptives ; pourtant ils ne décrivent essentiellement que les corrélats articulatoires des traits phonologiques. Leurs définitions semblent s'appuyer sur les recherches de Liberman et ses collègues dans le cadre de la Théorie Motrice de la Perception de la Parole (TMPP) qui offre une meilleure base pour la recherche des invariants (Liberman et Mattingly 1985).

Des points de vue plus récents considèrent les traits comme des appariements de certains types d'articulation avec certains effets perceptifs. Les traits sont ainsi définis à la fois au niveau articulatoire et au niveau acoustique et perceptif, principalement pour pouvoir rendre compte de l'existence de deux types de classes naturelles des sons (e.g. Halle 1983). Dans les nouvelles phonologies, le débat reste d'actualité. Dans les cadres dits géométriques (Clements 1992) ainsi qu'au sein de la phonologie articulatoire (Browman et Goldstein 1989, 1990), la dimension articulatoire des traits prime même si l'acoustique n'est pas pour autant exclue. La phonologie du gouvernement ainsi que la

phonologie dite de dépendance sont plutôt orientées vers une approche auditive.

Ainsi, deux grandes tendances se sont dégagées dans le domaine de la phonétique des traits distinctifs : une mettant l'accent sur la définition acoustique des traits et l'autre sur la définition articulatoire. Néanmoins, aucune de ces deux approches ne semble totalement satisfaisante. L'inconvénient majeur d'une approche purement acoustique est la difficulté largement démontrée de trouver des invariants acoustiques pour certains traits majeurs (e.g. traits de lieu d'articulation). De même, une approche purement articulatoire soulève le problème non moins délicat de l'existence de traits qui sont totalement indépendants des articulateurs (e.g. [continu]), implémentés par des gestes différents selon l'articulateur activé, rendant par exemple impossible de postuler un geste articulatoire invariant pour les occlusives [p], [t], et [k].

Une autre approche alternative s'est dégagée, depuis quelques années, dans le cadre de la Théorie Quantique des traits, développée initialement par K.N. Stevens et ses collaborateurs au MIT (Stevens 1989, Stevens et Keyser 2010). Contrairement aux théories citées ci-dessus, la théorie quantique accorde un statut égal aux dimensions articulatoire et acoustico-auditive de la langue parlée. Les traits sont définis par rapport à certaines dimensions articulatoires à l'intérieur desquelles de petits déplacements des articulateurs n'ont pas de conséquences acoustiques importantes pour l'oreille. Largement accepté, au moins dans ses grandes lignes, par les phonéticiens, moins bien connu par les linguistes et les psycholinguistes, il s'agit de l'un des modèles récents qui, en situant la phonologie sur une base phonétique solide et vérifiable, réussit le mieux à intégrer la phonétique et la phonologie.

Mes travaux, notamment en collaboration avec feu Nick Clements, avaient comme objectif d'explicitier l'intérêt de combiner les deux dimensions acoustiques et articulatoires dans la définition des traits distinctives, en partant de l'hypothèse qu'un trait [T] est un rapport entre une articulation donnée et son produit acoustique, valable pour toute la classe de sons définis par [T]. En examinant le trait [spread glottis], l'objectif a été de montrer que la satisfaction de ces deux conditions est essentielle et nécessaire pour recouvrer ce trait.

## **2. Le trait [spread glottis] : vers une définition à validé interlinguistique**

Les traits laryngaux sont utilisés pour définir les dimensions phonologiquement pertinentes de voisement, glottalisation, aspiration, entre autres. Dans un premier

temps, l'aspiration a été caractérisée par des traits comme [tense] (Jakobson, Fant et Halle 1952) ou [heightened subglottal pressure] (Chomsky et Halle 1968).

Le trait [spread glottis], utilisé pour définir les consonnes aspirées, a été proposé formellement comme trait phonologique pour la première fois par Halle et Stevens (1971). Il a atteint depuis un succès notable parmi les phonologues et les phonéticiens (Ladefoged 1973, Kingston 1990, Iverson 1983, Kenstowicz 1994, Lombradi 1991, 1995, Iverson et Salmons 1995, Avery 1996, Jessen 1998, Avery et Idsardi 2001, Vaux et Samuels 2005, parmi d'autres). La majorité des phonologues travaillant dans le cadre de la phonologie non linéaire ou d'OT suppose l'existence de ce trait comme partie de l'ensemble universel des traits distinctifs et lui attribue des fonctions lexicale et phonologique. Il permet d'établir l'unité sous-tendant divers phénomènes : préaspiration, post-aspiration, voix soufflée, ou encore certains dévoisements entraînés par la présence d'une consonne aspirée. Ainsi, par exemple, il a été démontré que la présence d'une occlusive aspirée dans l'inventaire phonémique d'une langue augmente les chances que cet inventaire contient aussi une laryngale *h*, des occlusives à voix soufflée, et/ou des sonantes sourdes (Clements 2003). Dans certaines langues comme le mongol (dialecte de Mongolie intérieure), l'irlandais ou l'islandais, les aspirées sont en distribution complémentaire avec les préaspirées (Golston et Kehrein 2008). En islandais, la perte de l'aspiration d'une occlusive entraîne le dévoisement d'une sonante précédente (Kingston 1990). Dans plusieurs langues, la perte de l'occlusion supralaryngale d'une fricative sourde, typiquement produite avec une large ouverture de la glotte, donne lieu à un *h*, comme dans l'exemple espagnol *disco* [disko] « disque », dialectalement [dihko] (Vaux 1998).

L'utilisation du trait [spread glottis] soulève un des problèmes classiques de la théorie des traits, celui lié à la classe des segments définis par ce trait et aux dimensions phonétiques qu'il est censé définir. L'aspiration est traditionnellement définie comme un souffle sourd ou « une bouffée d'air » que l'on entend après la rupture de l'occlusion. Heffner (1950 : 120, cité par Kim 1970) en donne la définition suivante : « *If the release is impulsive or sudden, the rush of air out of the stopped cavity may be vigorous and puff-like [...] Stops which have this puff are called aspirated: stops which lack it are called unaspirated stops.* » On retrouve de telles définitions traditionnelles dans beaucoup d'autres ouvrages notamment dans des manuels de phonétique générale (Jones 1964, Malmberg 1963). Dixit (1993) définit l'aspiration comme une « friction glottale » suivant

le relâchement. Pour Lisker et Abramson (1964, 1971), l'aspiration est à expliquer exclusivement par un retard des vibrations glottales après la rupture de l'occlusion : « *Aspiration [...] is regarded simply as a large delay in voice onset.* » (Lisker et Abramson 1964 : 387). Abercombie (1967 : 148) partage la même analyse. Nous ne discuterons pas ici de laquelle de ces définitions est correcte, nous allons traiter principalement des mécanismes articulatoires à l'origine de l'aspiration et considérer comment le trait phonologique [spread glottis] permet d'établir un lien optimal avec la composante phonétique.

Tel qu'il est généralement compris et comme son nom l'indique, le corrélât articulatoire du trait [spread glottis] est l'écartement des plis vocaux et l'ouverture de la glotte. Le modèle de Halle et Stevens (1971) introduit une perspective nouvelle : l'aspiration est définie par la configuration articulatoire qui en est la cause (amplitude de l'ouverture glottale) et non pas par la propriété acoustique qui résulte de cette configuration (bruit d'aspiration suivant le relâchement). La proposition de Halle et Stevens a été essentiellement inspirée par l'article pionnier de Kim (1970), qui a effectivement démontré, à partir d'un examen cinéradiographique des trois types d'occlusives coréennes (fortement aspirées, légèrement aspirées, non aspirées), qu'une ouverture glottale importante est une des conditions nécessaires pour la production de l'aspiration (fortement aspirées = autour de 10 mm, faiblement aspirées = 3 mm, non aspirées = 1 mm). Le travail de Kim a été suivi d'une série d'articles traitant des mécanismes du contrôle de l'aspiration, en se basant sur des techniques d'investigation nouvelles (notamment la fibroscopie et la photoélectroglottographie) appliquées à diverses langues (coréen, hindi, anglais, islandais, etc.) présentant différents types d'occlusives (sourdes aspirées, pré-aspirées, non-aspirées, etc.). Le problème principal traité dans ces études a été de savoir si l'aspiration est une fonction de l'amplitude glottale ou du timing glottal.

### **2.1. Théorie de l'amplitude glottale**

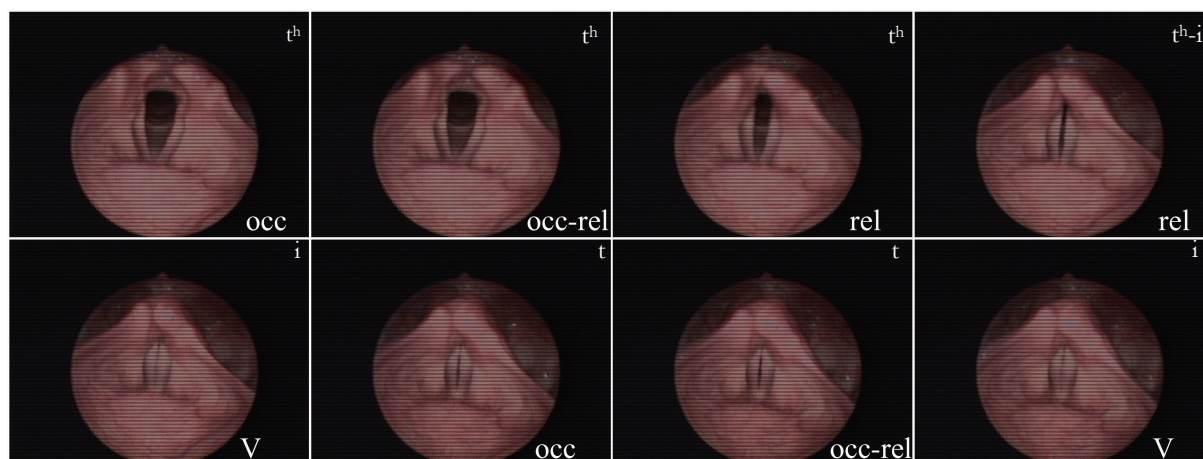
L'importance de l'amplitude de l'ouverture glottale dans l'implémentation de l'aspiration a largement été démontrée dans la littérature : dans plusieurs langues du monde, les occlusives sourdes aspirées sont systématiquement produites avec une ouverture glottale plus large que leurs contreparties non-aspirées (voir tableau III.1).



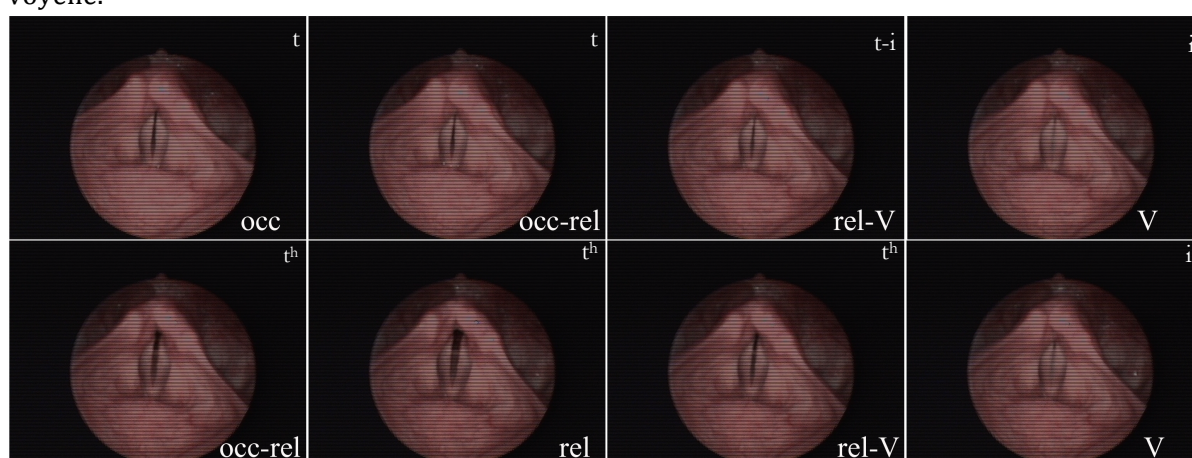
**Tableau III.1.** Liste de langues où les occlusive aspirées sont produites avec une large ouverture glottale.

| Langue    | Références                                                |
|-----------|-----------------------------------------------------------|
| Allemand  | Hoole (2006), Jessen (1998)                               |
| Anglais   | Lisker et Abramson (1971), Löfqvist (1980), Cooper (1991) |
| Cantonais | Iwata et al. (1981)                                       |
| Coréen    | Kagaya (1974), Kim (2005)                                 |
| Danois    | Fukui et Hirose (1983), Hutters (1985)                    |
| Fujian    | Iwata et al. (1979)                                       |
| Hindi     | Benguerel et Bhatia (1980), Dixit (1989)                  |
| Islandais | Pétursson (1976), Löfqvist et Pétursson (1978)            |
| Maithili  | Yadav (1984)                                              |
| Suédois   | Löfqvist et Pétursson (1978), Löfqvist et Yoshioka (1980) |
| Tibétain  | Kjellin (1977)                                            |

Le népalais, par exemple, où l'aspiration est distinctive, l'ouverture maximale de la glotte est plus large pour les occlusives aspirées comparées à leurs contreparties non aspirées (Figure III.1). Il n'y a donc pas de doute que les différences de degré d'ouverture glottale jouent un rôle important dans l'implémentation de l'aspiration. La question qui se pose est de savoir si le degré d'amplitude glottale est le facteur qui contrôle l'aspiration, plutôt que, disons, le timing de cette amplitude glottale, comme le soutiennent Löfqvist et ses collègues (voir plus bas). Pour Hutters (1985 : 15), en se basant sur des données tirées du danois, l'aspiration est principalement fonction de l'amplitude glottale plutôt que de timing : *“The difference between aspirated and unaspirated stops in the timing of the explosion relative to the glottal gesture is primarily due to the different types of glottal gesture rather than to a different timing of the glottal and supraglottal articulations”*. De même, Ladefoged (1993 : 142) soutient que *“In general, the degree of aspiration (the amount of lag in the voice onset time) will depend on the degree of glottal aperture during the closure. The greater the opening of the vocal cords during a stop, the longer the amount of the following aspiration.”* Le trait [spread glottis], tel qu'il est utilisé par les phonologues, est aussi compris comme impliquant l'amplitude de l'ouverture glottale sans incorporer la dimension temporelle (e.g. Goldsmith 1990, Kenstowicz 1994).



**Figure III.1.** Etats de la glotte lors de la production des formes népalaises [tʰiti] ‘condition’ (ci-dessus) et [titʰi] ‘date’ (ci-dessous). Occ= phase d’occlusion, rel = phase de relâchement, V = voyelle.



### 2.1.1. Problèmes avec la théorie de l’amplitude glottale

Il y’a au moins trois problèmes avec l’approche selon laquelle le trait [spread glottis] doit être défini uniquement en terme de degré d’ouverture glottale. Premièrement, pour les occlusives voisées aspirées, la glotte n’est que très légèrement ouverte. C’est le cas par exemple en népalais, hindi (Dixit 1989, Kagaya et Hirose 1975, et Benguerel et Bhatia 1980) et Maithili (Yadav 1984). Cette limitation de la théorie d’amplitude glottale a déjà été relevée par Ladefoged (1973 : 77): ‘*Since what are commonly called aspirated sounds can be made with two different degrees of glottal stricture (voiceless and murmur), it seems inadvisable to try to collapse the notion of aspiration within that of glottal stricture as has been suggested by Kim (1970).*’ Deuxièmement, l’aspiration, telle qu’elle se reflète dans la durée du VOT, ne co-varie pas toujours avec le degré d’ouverture de la glotte. En tachlhit, par exemple, l’amplitude de l’ouverture glottale pendant la tenue des géminées sourdes /tt/ et /kk/ est systématiquement plus large que pendant la tenue de leurs correspondantes simples. Malgré cette différence notable, les deux séries

d'occlusives sont produites avec une durée du VOT semblable, voire légèrement plus courte pour les géminées (56 ms pour les simples et 50 ms pour les géminées). Troisièmement, un large degré d'ouverture glottale pendant la tenue d'une occlusive ne donne pas systématiquement lieu à un segment aspiré. Des exemples d'occlusives non aspirées produites avec un large degré d'ouverture glottale incluent les occlusives géminées de l'islandais (Ladefoged et Maddieson 1996), les occlusives sourdes du kabiyé (Rialland et al. 2009) et l'occlusive uvulaire sourde en tachlhit (Ridouane 2003). La raison pour laquelle, les géminées de l'islandais ainsi que les occlusives du kabiyé et l'occlusive uvulaire du tachlhit ne sont pas aspirées, malgré le fait qu'elles soient produites avec des amplitudes d'ouverture glottale importantes, est liée à la façon dont cette ouverture glottale est temporellement alignée relativement au relâchement oral. En tachlhit, par exemple, l'ouverture maximale de la glotte est atteinte pendant la phase d'occlusion de /q/, de sorte qu'au moment du relâchement de cette occlusive, le degré d'ouverture glottale est si réduit que le voisement pour la voyelle qui suit commence immédiatement après, donnant ainsi lieu à une occlusive non aspirée. Cela suggère que les relations de timing entre le geste glottal et le geste supraglottal est un facteur important dans l'implémentation de l'aspiration. Autrement dit, au vu de ces faits, il paraît nécessaire d'abandonner la théorie de l'amplitude glottale pour la théorie du timing glottal, selon laquelle l'aspiration est fonction de l'alignement de l'ouverture glottale maximale avec le relâchement oral.

## **2.2. Théorie du timing glottal**

Les études de Löfqvist et ses collègues sur diverses langues germaniques ont fourni des arguments particulièrement solides en faveur de l'importance des relations de timing oral-laryngal dans le contraste aspirées-non aspirées (Löfqvist 1980, Löfqvist et Pétursson 1978, Löfqvist et Yoshioka 1981, Munhall et Löfqvist 1992, Yoshioka, Löfqvist, et Hirose 1981). En se basant sur des données tirées du suédois, Löfqvist (1980) a montré que le timing du geste glottal en relation avec les événements supralaryngaux est le facteur principal dans le contrôle de l'aspiration : *“Even if differences in peak glottal opening were a regular phenomenon in the production of different stop categories, it should be noted that, in the published studies, these size differences always appear to be accompanied by timing differences [...]. Thus it appears to be unwarranted to claim that the size difference is more basic than the timing difference.”* De même pour Löfqvist et

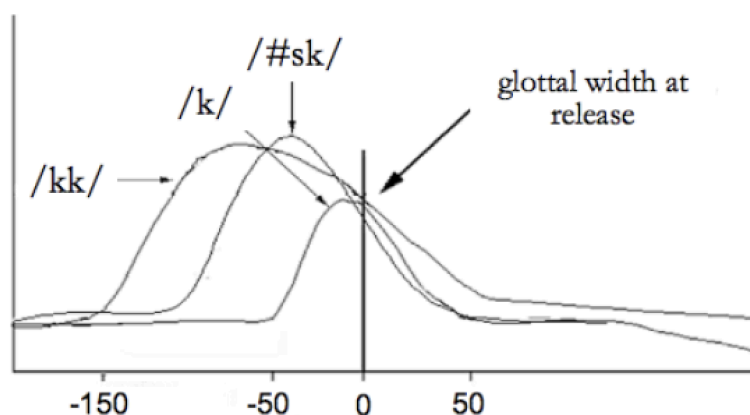
Yoshioka (1981: 31): "*Specifying glottal states along dimension of spread/constricted glottis and stiff/slack vocal cords [Halle and Stevens 1971] would thus not only seem to be at variance with the phonetic facts, but also to introduce unnecessary complications. The difference between postaspirated and unaspirated voiceless stops is rather one of interarticulator timing than of spread versus constricted glottis*" [c'est moi qui souligne].

A la lumière des différents arguments avancés par Löfqvist et ses collègues, il semblerait donc plus approprié de considérer l'aspiration principalement comme une fonction du degré d'ouverture glottale au moment du relâchement. Au-delà du fait qu'une telle définition soulève la question épineuse de savoir si l'alignement temporel doit être spécifié dans la définition même du trait (e.g. *Aperture Node Model* de Steriade (1994), ou au niveau de la coordination gestuelle dans le sens de la *Phonologie Articulaire* de Browman et Goldstein), nous montrons dans ce qui suit que cette définition, basée essentiellement sur le timing interarticulatoire, n'est pas satisfaisante.

### **2.2.1. Problèmes avec la théorie du timing glottal**

Inclure l'information temporelle dans la définition [spread glottis] ne serait pas satisfaisant pour rendre compte de l'ensemble des segments aspirés et ce pour au moins trois raisons. Premièrement, pour certains segments aspirés, l'ouverture maximale de la glotte n'est pas alignée avec le relâchement oral. C'est le cas notamment des sonantes sourdes, généralement représentées comme [+ spread glottis], comme par exemple en islandais (Bombien 2006) et en birman (Ladefoged et Maddieson 1996: 113). Le deuxième problème est lié à la façon de rendre compte de la présence/absence de l'aspiration dans les séquences fricative-occlusive (e.g. anglais *speed*). La déaspiration des occlusives dans ce type de séquences est généralement attribuée au fait que ces séquences contiennent une seule spécification du trait [spread glottis] partagé par la fricative et l'occlusive (Kingston 1990, Iverson et Salmons 1995). Cette analyse fait écho aux études par photoélectroglottographie sur ce type de séquences dans certaines langues germaniques (voir Löfqvist 1990, pour un résumé). Ces travaux ont montré que, contrairement aux séquences hétéromorphémiques (e.g. [s#k<sup>h</sup>] dans 'my ace caves') où la fricative et l'occlusive sont produites chacune avec un geste d'ouverture-fermeture glottale, les clusters à l'initial de mot (e.g. [#sk] dans 'I may scale') sont produits avec un seul geste glottal dont le pic est atteint pendant la tenue de la fricative. La non aspiration de /k/ dans la séquence [#sk] est ainsi attribuée au fait qu'il n'y a pas de geste glottal qui

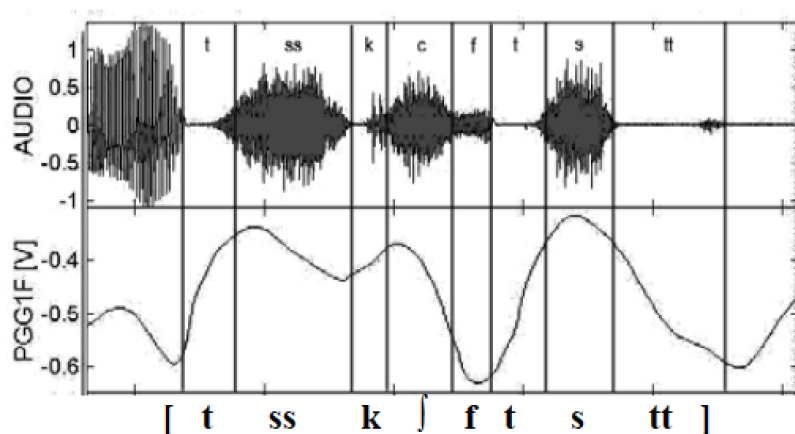
lui soit propre, suggérant que chaque consonne aspirée doit correspondre à un geste laryngal qui lui est spécifique. En tachlhit, cette généralisation peut être mise à l'épreuve puisque l'analyse des séquences de type /#sk/ ou /s#k/ montre clairement qu'il y a seulement un geste glottal (voir aussi §3.1.2.2), et pourtant l'occlusive /k/ présente la même durée du VOT ou d'aspiration dans les deux séquences. Comme pour la gémée /kk/, mentionnée plus haut, la séquence /#sk/ est produite avec une amplitude d'ouverture glottale très large, de sorte qu'au moment du relâchement de la vélaire, la glotte atteint approximativement le même degré d'ouverture glottale que pendant la tenue de la vélaire simple /k/, d'où la même durée d'aspiration (voir la figure III.2). Ainsi, différents timings interarticulatoires peuvent donner lieu à de l'aspiration après /s/ : d'un côté une amplitude glottale large et un délai du pic glottal relatif à l'onset de la fricative (comme en tachlhit) ; et de l'autre, deux pics glottaux, chacun correspondant à une des deux obstruantes (comme en anglais).



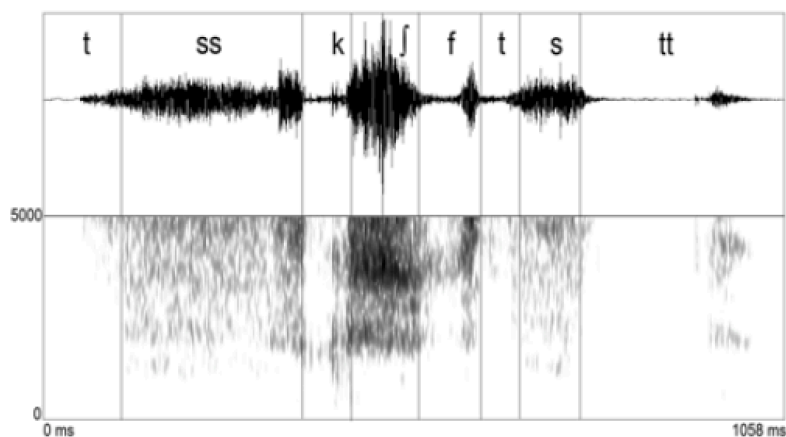
**Figure III.2.** Illustration schématique du degré d'ouverture glottale au moment du relâchement pour /k/, /kk/ et /#sk/ en position prévocalique.

Le troisième problème est dû au fait que le modèle prévoit de l'aspiration là où le segment n'est pas acoustiquement aspiré. Une illustration de ce problème est fournie par les nombreux cas où une occlusive sourde est suivie d'une obstruante sourde. En anglais, par exemple, les occlusives dans ce contexte sont non-aspirées (e.g. <cups>, <depth>, ou <doctor>. Même si la configuration glottale des occlusives sourdes suivies d'une obstruante n'a pas été explicitement examinée, on peut inférer des travaux disponibles que les occlusives dans ce contexte sont produites avec une large ouverture glottale. Les courbes électroglottographiques fournies par Yoshioka et al. (1981), par exemple, montrent que la première occlusive non aspirée /k/ de la séquence [sks#k]

dans la phrase 'He masks cave', est produite avec un degré d'ouverture glottale plus large que la deuxième occlusive /k/ qui est pourtant aspirée ! Les mots sourds en tachlhit (voir §3.1.3) fournissent une autre illustration de ce cas de figure. Comme le montrent les figures III. 3 et III.4, les deux occlusives [k] et [t] en position interne de la forme [tsskʃftstt] « tu l'as séchée », par exemple, sont produites avec un degré d'ouverture glottale important au moment du relâchement, mais ne sont pas pour autant aspirées. Dans cet exemple, le bruit de friction supra-glottique masque le bruit de friction glottique.



**Figure III.3.** Le signal acoustique et le tracé photoélectroglottographique (PGG) de [tsskʃftstt] « tu l'as séchée » montrant que [k] et [t] en position interne sont produites avec une ouverture glottale importante au moment du relâchement.



**Figure III.4.** Le signal acoustique et le spectrogramme d'une répétition de [tsskʃftstt] montrant que les occlusives [k] et [t] ne sont pas aspirées.

La non aspiration de l'occlusive sourde suivie d'une obstruante est due au fait que la fonction glottale est fortement contrainte par le degré d'obstruction dans la cavité supralaryngale. Pour que l'ouverture glottale se manifeste sur le plan acoustique sous

forme d'aspiration, elle faut qu'elle coïncide au moins en partie avec un conduit vocal non obstrué (cf. Dixit 1993). Autrement dit, il ne doit pas y avoir de constriction plus étroite au niveau de la cavité supralaryngale. Cette condition est satisfaite pour les occlusives suivies d'une voyelle ou d'une sonante non homorganique mais pas pour les occlusives suivies d'obstruantes.

### ***2.3. Sur l'acoustique de [spread glottis]***

Comme je l'ai signalé plus haut, le VOT est un des critères les mieux établis pour distinguer les aspirées des non aspirées (Lisker et Abramson 1964). Malgré le fait que ce corrélat permet effectivement de différencier les occlusives sourdes aspirées des non aspirées en position pré-vocalique, des problèmes se posent si l'on définit l'aspiration exclusivement en ce terme (Bhatia 1976, Dixit 1989, Tsui et Ciocca 2000, Cho et Ladefoged 1999, Jessen 2001, Vaux et Samuels 2005, Mikuteit et Reetz 2007). Tout d'abord, le VOT ne peut rendre compte de la présence de l'aspiration en position finale de mot dans les langues qui maintiennent le contraste d'aspiration dans cette position (e.g. l'arménien (Vaux 1998) ou le népalais [ruk] 'arrête!' (imp.) vs. [ruk<sup>h</sup>] 'arbre'), puisqu'il n'y a pas d'onset de voisement dans cette position. Ensuite, le VOT ne permet pas de distinguer les occlusives voisées aspirées de leur contreparties non aspirées dans les différentes langues qui ont ce type de contraste (Hindi, Maithili, et Népalais), étant donnée que ces segments sont produits avec un voisement maintenu le long de la phase d'occlusion. Enfin le VOT seul ne peut différencier les aspirées des non aspirées dans les langues opposant les éjectives aux occlusives aspirées (e.g. langues athapascanes, Oowekyala, Lezguien, Haisla, Hupa).

Plus que la dimension temporelle du relâchement, l'information acoustique présente dans cet intervalle, notamment le bruit d'aspiration, est primordiale aussi bien pour caractériser que pour recouvrir le trait [spread glottis]. En cantonais, par exemple, Tsui et Ciocca (2000) ont montré que la durée du VOT n'est pas un indice suffisant pour la perception de l'aspiration. Ils ont manipulé la durée du VOT des occlusives aspirées et non aspirées pour créer des conditions avec des VOTs longs avec ou sans phase de bruit d'aspiration entre le relâchement et l'onset du voisement. Les résultats ont montré que les stimuli avec des VOT longs, manipulés en rajoutant un intervalle de silence entre le burst et l'onset du voisement des occlusives non aspirées, ont été perçus comme des occlusives non aspirées par les locuteurs/auditeurs natifs.

Acoustiquement, trois phases sont détectées sur le signal acoustique d'une occlusive sourde aspirée entre l'onset du relâchement et l'onset de la voyelle qui suit : (i) la barre d'explosion, sous forme de barre verticale sur le spectrogramme, d'une durée très brève ; (ii) la phase de friction, où le bruit de turbulence généré au niveau de la constriction supraglottale excite principalement la cavité devant la constriction ; et (iii) l'aspiration proprement dite, où le bruit de turbulence généré au niveau glottal excite tout le conduit vocal (Fant 1973, Stevens 1998 : 457-465).

L'aspiration est donc définie comme de la friction glottale qui se traduit acoustiquement sous forme de structure formantique plus ou moins masquée par du bruit, d'une durée supérieure à 30-40 ms. Elle peut se traduire acoustiquement sous forme d'autres corrélats acoustiques qui peuvent varier selon les locuteurs et les contextes. Dans la position pré-vocalique, l'aspiration peut être implémentée par une augmentation de la F0 à l'onset de la voyelle qui suit, comme par exemple en cantonais (Zee 1980), mandarin (Iwata et Hirose 1976), et le népalais (Clements et Khatiwada 2007). L'aspiration peut aussi se traduire acoustiquement par une différence d'amplitude importante entre H1 et H2 à l'onset de la voyelle qui suit, comme par exemple en anglais (Chapin-Ringo 1988), allemand (Jessen 1998), et népalais (Clements et Khatiwada 2007).

#### **2.4. Une nouvelle proposition : combiner les dimensions acoustiques et articulatoires**

Un trait distinctif, tel qu'il est compris ici, est un rapport entre une articulation donnée et son produit acoustique. Autrement dit, un segment peut être défini par un trait si et seulement s'il satisfait *à la fois* la définition articulatoire et la définition acoustique de ce trait. Une définition uniquement articulatoire du trait [spread glottis] est problématique et ne permet pas de rendre compte de l'ensemble des segments caractérisés par ce trait. En effet, différentes amplitudes glottales et différents timings des gestes glottaux et supraglottaux peuvent donner lieu à de l'aspiration sur le plan acoustique. Dans cette optique, nous proposons que la classe des segments aspirés doit être définie à la fois sur le plan articulatoire et le plan acoustique :

##### (1) Attributs définitoires de [spread glottis] :

- a. Présence sur le plan articulatoire d'une source de bruit glottal
- b. Présence acoustique d'un bruit d'aspiration i.e. énergie aperiodique ayant une structure formantique partiellement masquée par du bruit, dont les valeurs sont



variables selon l'entourage, ayant une durée supérieure à environ 30-40 ms pour un débit lent.

Cette définition ne requiert pas d'inclure de relations de timing ou toute autre information dynamique dans la définition du trait. Cette information dynamique résulte de l'exigence que la cible acoustique associée au trait se manifeste dans le signal.

La validité interlinguistique de la définition proposée ici reste à peaufiner. En principe, elle recouvre une grande diversité de réalisations. Par exemple, cette définition vaut non seulement pour les aspirés « classiques » mais aussi pour les occlusives à voix soufflée (breathy voice), les sonantes "sourdes" et les sonantes "breathy", dans la mesure où elles sont produites avec une ouverture suffisante de la glotte et qu'elles sont accompagnées d'une structure formantique (simultanée ou séquentielle) partiellement masquée par du bruit. Elle vaut aussi pour les aspirées en fin d'énoncé. En même temps, elle exclue le classement des occlusives sourdes non aspirées comme des sons [spread glottis], même si dans de nombreux cas l'absence de voisement résulte d'une ouverture de la glotte. Puisque ces sons ne satisfont pas le critère acoustique, ils ne peuvent être considérés comme étant [spread glottis]. La définition proposée ici n'est pas non plus satisfaite par les fricatives sourdes non aspirées, même si celles-ci sont généralement produites avec une large amplitude d'ouverture glottale (voir 3.1.1. ci-dessous). La raison est que cette ouverture glottale tend à coïncider avec à une constriction supralaryngale étroite, de sorte que le bruit de friction supraglottale domine le bruit glottal.

### **3. Ajustements laryngaux : du segment simple à la phrase sourde**

Mes recherches sur le comportement laryngal, entamées dès ma thèse de Doctorat, présentent les premiers travaux appliquant les techniques de fibroscopie laryngale et de photoélectroglottographie (transillumination) à l'étude du tachlhit. Ces travaux ont été poursuivis, notamment en collaboration avec Phil Hoole (IPSK, Munich) et Susanne Fuchs (ZAS, Berlin), en examinant la nature de la coarticulation laryngale pendant la tenue de longues séquences d'obstruantes sourdes. Plus récemment, j'ai aussi travaillé sur les ajustements laryngaux en français en collaboration avec Nicolas Audibert (LPP, Paris) et Van minh Nguyen (LPP, Paris). Dans cette synthèse, je vais d'abord présenter les résultats les plus importants obtenus pour le français et le tachlhit, en examinant

comment les obstruantes simples et les séquences de deux obstruantes sont produites au niveau glottal, ensuite je présenterai les résultats les plus marquants concernant la nature des ajustements laryngaux lors de la production de séquences plus longues, de mots et phrases sourds en tachlhit. L'objectif de ces études est de déterminer comment l'amplitude d'ouverture glottale et le timing entre les gestes glottaux et supraglottaux varient selon la nature des obstruantes sourdes. Il s'agit plus spécifiquement de montrer comment le mode et le lieu d'articulation des obstruantes affectent le geste d'abduction-adduction des plis vocaux et comment plusieurs gestes successifs d'ouverture-fermeture glottale sont organisés au sein d'une séquence de deux ou de plusieurs obstruantes. Les résultats présentés ici sont explorés dans une perspective typologique. L'objectif est de déterminer si certaines caractéristiques laryngales sont communes à toutes les langues et peuvent être considérées comme universelles.

### ***3.1. Ajustements laryngaux en français et en tachlhit***

Les caractéristiques laryngales des consonnes sourdes ont été examinées dans plusieurs langues (notamment les langues germaniques, le japonais, l'arabe marocain et le tachlhit), mais très peu d'études ont été consacrées au français (Fischer-Jørgensen 1968, Benguerrel al. 1978). Notre travail sur le français, qui visait donc à combler cette lacune, est organisé autour d'une série de comparaisons liées notamment au mode d'articulation et au lieu d'articulation des obstruantes, et au phénomène de coarticulation laryngale pendant la production des séquences de deux obstruantes sourdes. La méthode employée pour recueillir les données est la photoglottographie externe (ePGG). Il s'agit d'une méthode non-invasive permettant d'observer les ajustements de la glotte pendant la parole. Ce dispositif, fabriqué et breveté par le Laboratoire de Phonétique et Phonologie (CNRS/Sorbonne-Nouvelle), consiste en une source de lumière infrarouge puissante (LED) appliquée autour du cou et un capteur qui enregistre la quantité de photons qui passe à travers la glotte ; plus la glotte est ouverte, plus l'intensité de cette lumière est importante, et inversement. Les segments analysés, tous en position intervocalique, varient selon (i) le mode d'articulation (occlusive vs. fricative), (ii) le lieu d'articulation (/p/ vs. /t/ vs. /k/ pour les occlusives ; /f/ vs. /s/ vs. /ʃ/ pour les fricatives), (iii) la gémation (e.g. /k/ vs. /k#k/), et (iv) la disposition des obstruantes au sein de la séquence C<sub>1</sub>C<sub>2</sub> (e.g. /sk/ vs. /s#k/ vs. /k#s/). Chaque forme, produite par deux locuteurs, a été incluse dans une phrase cadre : « prononce ceci ... six fois ».

### **3.1.1. Propriétés des obstruantes simples**

Je présente ici les résultats obtenus concernant la façon dont les ajustements glottaux varient selon le mode et le lieu d'articulation des obstruantes sourdes simples en français, en rappelant quand cela est nécessaire les résultats obtenus pour le tachlhit lors de mon travail de thèse (Ridouane 2003).

#### **3.1.1.1. Mode d'articulation**

Concernant le mode d'articulation, il a été largement observé que l'amplitude de l'ouverture glottale est plus importante pour les fricatives que pour les occlusives (voir Ridouane (2003) et le HDR de P. Hoole (2006) pour une revue très détaillée). Selon Yoshioka et al. (1980 : 306) : « ... *the difference in the peak value between a voiceless fricative and a voiceless stop is universal.* » Mais s'agit-il réellement d'un aspect universel ? Hutters (1985), par exemple, a rapporté pour le danois des ouvertures maximales de la glotte légèrement mais significativement plus larges pour les occlusives comparées aux fricatives. En coréen, Kagaya (1974) a observé que les fricatives non tendues ont un degré d'ouverture glottale semblable à celui des occlusives aspirées et, plus récemment, Kim et al. (2011) ont montré à partir de données IRM que l'ouverture glottale des fricatives est moins importante que celle des occlusives aspirées. Aussi, sur les trois locuteurs allemands analysés par Hoole (2006), seul un locuteur a produit un pic d'ouverture glottale plus large pour les fricatives. Ces divergences s'expliquent probablement par le degré particulièrement important de la phase d'aspiration dans ces trois langues. Cela peut être observé dans l'étude de Lisker et Abramson (1964) qui a rapporté que le VOT des aspirées en coréen (104 ms en moyenne) est beaucoup plus long qu'en anglais (78 ms en moyenne). Les occlusives aspirées analysées en allemand sont en position initiale du mot, en syllabe accentuée, là où précisément l'aspiration est la plus forte (voir aussi Hutters (1985 : 17) qui rapporte des durées importantes dans cette position pour les aspirées en danois).

Les occlusives sourdes du français ne sont pas aspirées. On s'attendrait dès lors à ce que l'amplitude glottale pour les fricatives soit plus large pour satisfaire les contraintes aérodynamiques nécessaires pour la production de ces consonnes. Les résultats montrent que les fricatives sourdes sont effectivement produites avec une ouverture maximale de la glotte plus large comparée aux occlusives, et ce pour les deux locuteurs. Des travaux antérieurs ont montré que le rapport temporel entre les gestes glottaux et

supraglottaux varie selon le mode d'articulation des obstruantes. En anglais, Löfqvist et Yoshioka (1980) ont observé que l'amplitude maximale de l'ouverture glottale a lieu plus près de l'implosion pour les fricatives que pour les occlusives. Ainsi, l'intervalle entre l'onset acoustique de l'obstruante et l'ouverture maximale de la glotte est plus long pour les occlusives (voir aussi Hutters 1985). Nous avons mesuré cet intervalle pour les obstruantes du français, et nos résultats indiquent là aussi que l'ouverture maximale de la glotte est atteinte en moyenne plus rapidement pour les fricatives (33 ms, DS : 7 ms) comparées aux occlusives (42 ms, DS : 9 ms).

La rapidité de l'abduction glottale explique pourquoi, au début d'une fricative post-vocalique, les plis vocaux continuent encore de vibrer alors que la glotte présente une ouverture plus importante comparée à une occlusive (Yoshioka et al. 1981, Hoole 2006). La glotte, s'ouvrant plus rapidement, atteint une amplitude importante avant que la différence de pression transglottique diminue à un niveau propice à la cessation des vibrations des plis vocaux. Aussi, selon Yoshioka et al. (1981 : 1621) : « [...] *a fast separation of the vocal folds is preferable for the turbulent noise source during fricative segments; for stop production, however, such a rapid increase in glottal area seems unnecessary during initial stop closure to terminate vocal fold vibration.* » Cette vélocité du geste d'ouverture glottale peut aussi expliquer un autre aspect commun à beaucoup de langues : pendant la production d'une séquence d'obstruantes sourdes qui contient une fricative, la glotte atteint généralement son niveau d'ouverture maximale pendant la tenue de cette fricative. Je reviendrai sur ce point plus bas.

### **3.1.1.2. Lieu d'articulation**

La revue de littérature (Ridouane 2003, Hoole 2006) montre que le changement de lieu d'articulation des fricatives entre labial, dental et alvéopalatal n'affecte pas significativement la nature des ajustements glottaux. Les données du français confirment cette absence d'effet, que ce soit sur l'amplitude glottale que sur le timing de cette ouverture. Il est à noter que dans les langues disposant de fricatives dorsales, des variations d'amplitude glottale importantes ont été observées ; les uvulaires par exemple étant produites avec une amplitude plus large que les coronales ou labiales. C'est le cas notamment en arabe marocain (Zeroual 2000) et en tachlhit (Ridouane 2003).

Le VOT des occlusives varie en fonction du lieu d'articulation : il augmente à mesure que l'on recule dans la cavité buccale. C'est le cas aussi en français, où le VOT de la vélaire est

plus long que celui des autres occlusives (Serniclaes 1987). Plusieurs explications ont été fournies pour rendre compte de cet aspect (Cho et Ladefoged, 1999). Outre des facteurs aérodynamiques liés à la taille de la cavité orale, plus réduite pour les vélaires, aux mouvements des articulateurs, et au degré du contact supralaryngal, le VOT varie aussi en fonction de la nature du mécanisme laryngal. Sawashima et Niimi (1974), à partir des données du japonais, ont ainsi montré que l'amplitude glottale pour /k/ est plus importante que pour /t/ et /p/. La même tendance a été observée par Hutter (1985) pour le danois, Cooper (1991) pour l'anglais, Hoole (2006) pour l'allemand et Ridouane (2003) pour le tachlhit. En français, l'analyse des données acoustiques montre que pour les deux locuteurs, le VOT de /k/ est plus long (28 ms, DS : 3.2) que celui de la dentale /t/ (17 ms, DS : 3.5) et de la labiale /p/ (12 ms, DS : 1.7). Au niveau glottal, nos résultats montrent là aussi que l'ouverture maximale de la glotte pour /k/ est plus large que pour /p/ et /t/. La nature des ajustements interarticulaires a aussi une influence majeure sur la durée du VOT, en ce sens que le timing de l'ouverture maximale de la glotte a lieu plus tôt pour /p/ que pour /k/. Pour mesurer ce paramètre nous avons calculé l'intervalle entre l'ouverture maximale de la glotte et l'offset acoustique de l'occlusive. Les résultats indiquent que l'ouverture maximale de la glotte a lieu plus près de l'offset pour /k/ comparé à /p/ et /t/, et ce pour les deux locuteurs. De telles différences n'ont pas été observées entre /p/ d'un côté et /t/ de l'autre.

### ***3.1.2. Propriétés des séquences d'obstruantes sourdes***

La coarticulation laryngale pendant la production des séquences d'obstruantes sourdes a fait l'objet de plusieurs études, plus particulièrement sur les langues germaniques (Pétursson 1977, Hoole 2006, Löfqvist et Yoshioka 1980, Munhall et Löfqvist 1992), le japonais (Fukui et Hirose 1983, Yoshioka et al. 1980), l'arabe marocain (Yeou et al. 2008) et le tachlhit (Ridouane et al. 2006). L'objectif de ces travaux a été de déterminer comment les gestes successifs d'ouverture-fermeture glottale sont organisés selon la nature et la disposition des obstruantes au sein d'une séquence consonantique. Les résultats obtenus montrent qu'une suite de deux obstruantes sourdes peut être produite avec un ou deux gestes séparés d'ouverture-fermeture glottale, selon la nature monomorphémique ou hétéromorphémique de la séquence. La séquence monomorphémique fricative – occlusive requiert généralement un seul geste glottal, avec le pic d'ouverture atteint pendant la fricative. Par ailleurs, comme nous l'avons indiqué

dans la section 2.2.1., une suite fricative#occlusive séparée par une frontière de mot (par exemple /s#k/ dans les langues germaniques) requiert souvent deux gestes séparés d'ouverture-fermeture glottale. Le pic de ces ouvertures est atteint pendant la tenue de la fricative et au moment du relâchement de l'occlusive. Une question soulevée par ces résultats a été de savoir si l'aspect monomodal ou bimodal du mouvement glottal est une conséquence de la frontière de mot ou s'il s'agissait plutôt d'une conséquence de l'aspiration qui caractérise l'occlusive dans certaines positions. Pour Löfqvist et Yoshioka (1980), ces ajustements ne sont pas liés à la frontière de mot mais plutôt à la nature des consonnes contenues de la séquence, en ce sens que chaque obstruante sourde produite avec aspiration ou bruit de friction a tendance à requérir une ouverture glottale maximale séparée. Nous présentons dans la section qui suit nos résultats sur la coarticulation laryngale pendant la tenue des géménées hétéromorphémiques ( $C_i\#C_i$ ) et des suites  $C_1C_2$  où  $C_1$  ou  $C_2$  est soit une occlusive soit une fricative, séparée ou pas par une frontière de mot.

### **3.1.2.1. Les géménées hétéromorphémiques $C_i\#C_i$**

A l'instar des obstruantes simples, les géménées hétéromorphémiques en français sont toujours produites avec un seul geste d'ouverture-fermeture glottale. Aussi, aucune différence notable n'a été relevée concernant le moment où ce geste glottal atteint son ouverture maximale (36% et 35% relatif à la durée totale des occlusives simples et géminée, respectivement; et 41% et 42% pour les fricatives simples et géménées, respectivement).

Des différences notables ont par ailleurs été observées concernant l'ouverture maximale de la glotte. Les géménées, qu'elles soient fricatives (91%,<sup>21</sup> DS : 21) ou occlusives (44%, DS : 13), ont un degré d'amplitude glottale plus large, comparées aux simples (54%, DS : 16 pour les fricatives, et 21%, DS : 7 pour les occlusives). Ce résultat, qui rejoint les observations de Benguerrel et al. (1978), soulève la question du facteur responsable de ces différences. Une réponse possible est que le degré de l'amplitude glottale est une fonction de la durée de cette ouverture : plus la durée entre l'initiation du geste d'abduction et la fin du geste d'adduction est longue, plus l'amplitude maximale atteinte sera grande. Nous avons analysé la corrélation entre la durée et l'amplitude du geste

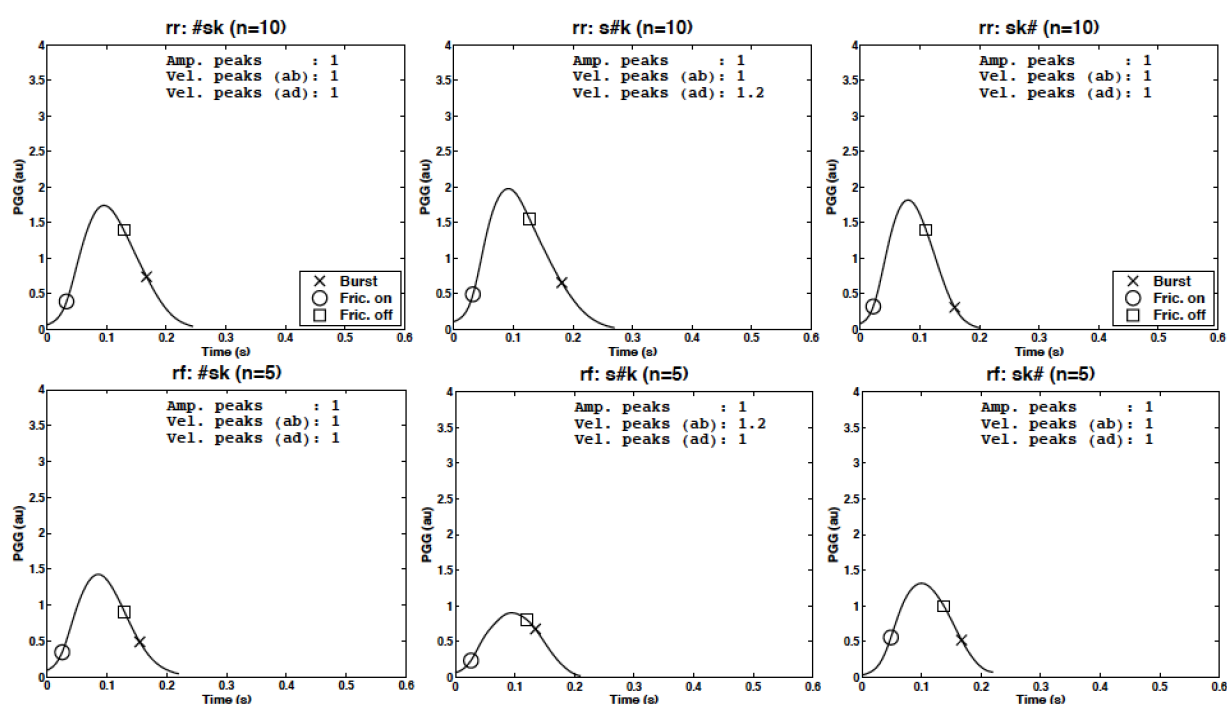
---

<sup>21</sup> L'ouverture maximale de la glotte (OMG) pendant la tenue des segments cibles (e.g. /f/) est exprimée comme le pourcentage de l'OMG mesurée sur la séquence /s#s/ de la phrase cadre « prononce ceci... », supposée présenter une ouverture glottique importante et peu variable.

glottale. Les résultats montrent que cette corrélation est plus importante pour les fricatives ( $r=.7$ ) que pour les occlusives ( $r=.6$ ).

### 3.1.2.2. Les séquences $C_1(\#)C_2$

Contrairement aux langues où l'aspiration est distinctive, les séquences de deux obstruantes sourdes en français, comme en tachlhit, sont systématiquement produites avec un seul geste d'abduction-adduction glottale. Aussi, la présence ou l'absence d'une frontière de mot dans la séquence fricative-occlusive n'a aucun effet sur l'amplitude de cette ouverture (fricative-occlusive = 91%, DS : 21 ; fricative # occlusive 89%, DS : 17).



**Figure III.5.** Pattern d'abduction glottale pour les séquences [#sk] (gauche), [s#k] (milieu), et [sk#] (gauche) pour deux locuteurs natifs du tachlhit (RR en haut et RF en bas). Les cercles correspondent à l'onset de la friction, les carrés à l'offset de la friction pour les fricatives et les croix correspondent au relâchement oral pour les occlusives. Chaque figure indique le nombre de pics d'amplitude glottale ainsi que le nombre de pics de vélocité des gestes d'abduction et d'adduction. Le nombre de répétitions pour chaque séquence est indiqué entre parenthèses.

Par ailleurs, les données montrent que l'ouverture maximale de la glotte est quasi systématiquement atteinte pendant la tenue de la fricative. Ceci est en accord avec les résultats obtenus par Löfqvist et Yoshioka (1980) pour le suédois et Yeou et al. (2008) pour l'arabe marocain (voir aussi Hoole (2006) qui rapporte le même résultat pour d'autres langues). Ce résultat est aussi en accord avec les résultats obtenus pour le

tachlhit. En effet, comme le montre la figure III.5 pour les séquences [#sk], [s#k], et [sk#], le maximum d'ouverture glottale est systématiquement atteinte pendant la tenue des fricatives. Deux stratégies sous-jacentes peuvent expliquer cette asymétrie : (i) elle peut être due à des considérations aérodynamiques, la fricative nécessitant un flux d'air intraoral plus important que l'occlusive, (ii) elle est causée par deux gestes d'ouverture glottale sous-jacents qui se chevauchent : une ouverture large pour la fricative et une plus petite pour l'occlusive (Munhall et Löfqvist 1992). Pour Browman et Goldstein (1986), le pattern monomodal de l'ouverture glottale pour les séquences fricative-occlusive est une régularité phonologique de la position initiale de syllabe. Ils posent la règle suivante pour rendre compte de ce pattern : « *if a fricative gesture is present, coordinate the PGO [ouverture maximale de la glotte] with the mid-point of the fricative...* » (*ibid* : 446). Les données du français et du tachlhit contredisent cette règle. La seule généralisation que l'on peut dégager des données de ces deux langues est que le pic d'ouverture glottale est localisé pendant la fricative, sans que ce soit nécessairement au milieu de cette fricative.

### 3.1.2.2. Les séquences de trois à six consonnes sourdes

Dans Ridouane et al. (2006), nous avons aussi examiné la nature des ajustements glottaux pour les séquences indiquées dans le tableau III.2.

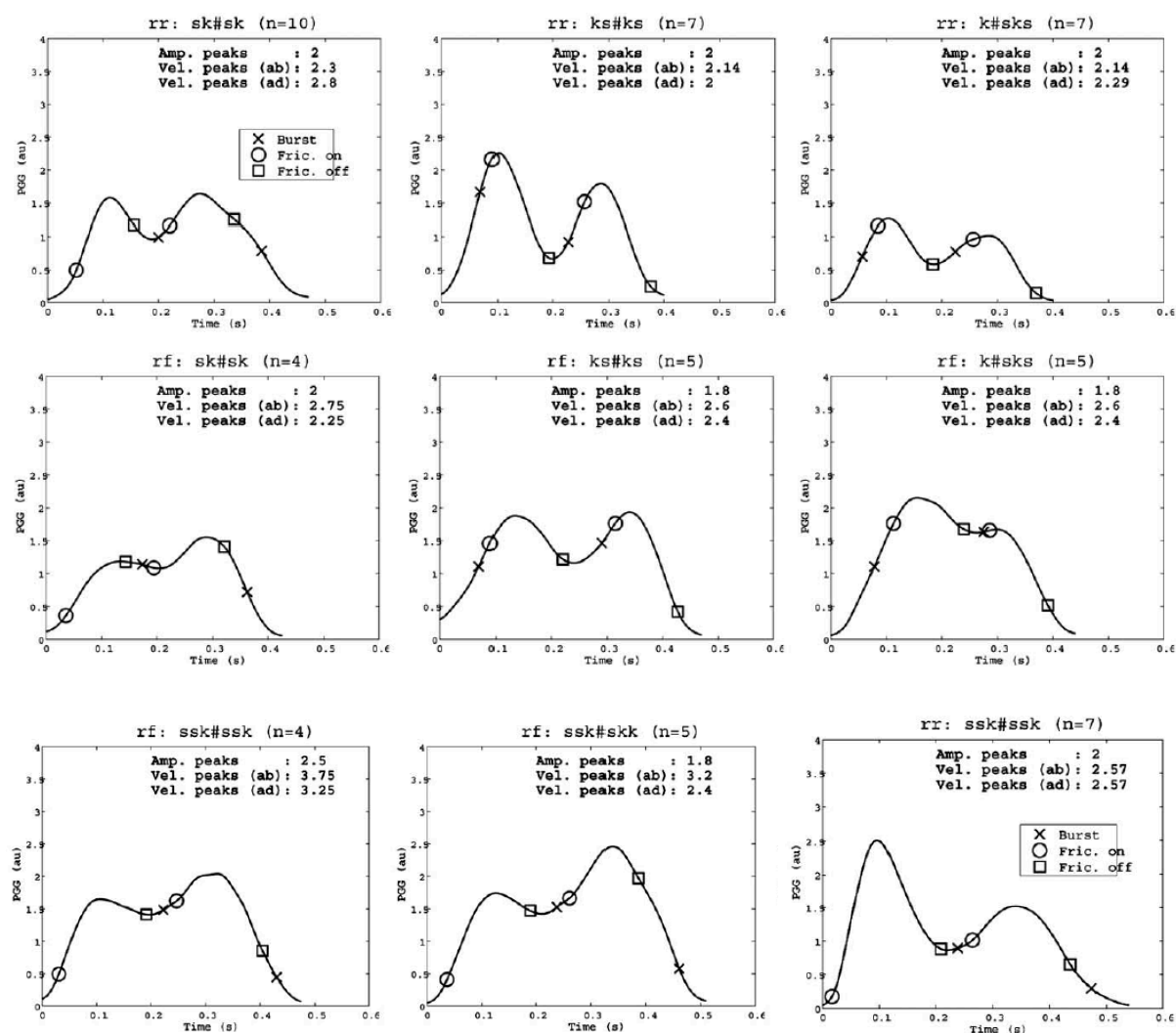
**Tableau III.2.** Les séquences analysées dans Ridouane et al. (2006). # indique la frontière de mot. Le nombre de répétition pour chaque séquence est indiqué entre parenthèse, la première valeur pour le sujet RR et la deuxième pour le sujet RF.

|              |               |                |                |
|--------------|---------------|----------------|----------------|
| s#sk (3, -)  | sk#sk (10, 4) | ssk#kk (10, 5) | ssk#ssk (7, 4) |
| ss#k (3, -)  | ks#ks (7, 5)  | kk#skk (10, 5) | ssk#skk (7, 5) |
| k#ks (3, -)  | k#sks (7, 5)  |                | ssk#sks (7, 5) |
| kks#s (3, -) | k#kss (3, -)  |                |                |
| s#ks (7, 5)  | kk#ss (3, -)  |                |                |
| k#sk (7, 4)  | k#kks (3, -)  |                |                |

Un ensemble de paramètres ont été étudiés pour déterminer leur impact potentiel sur la nature des ajustements glottaux. Je ne détaillerai ici que deux de ces paramètres, à



savoir l'influence du mode d'articulation des obstruantes et celle de la localisation de la frontière de mot.



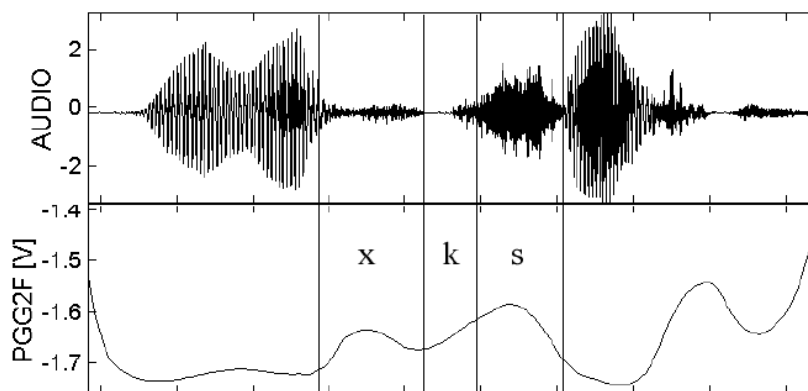
**Figure III.6.** Pattern d'abduction glottale pour les séquences [sk#sk], [ks#ks], [k#sks], [sk#ks], [ssk#ssk], [ssk#skk]. Mêmes symboles que dans la figure III.5.

Concernant le premier aspect, le mode d'articulation des obstruantes et leurs positions au sein de la séquence ont un impact fondamental sur le nombre et la localisation des pics d'ouverture glottale. La généralisation suivante ressort clairement de cette étude (voir aussi plus bas sur les mots et phrases sourds) :

- (2) *Une séquence contenant  $n$  fricatives sourdes non adjacentes est produites avec  $n$  ouvertures maximales de la glotte atteintes pendant ces fricatives.*

Ainsi les séquences [s#ks], [sk#sk], [ks#ks], [k#sks], [sk#ks], [ssk#ssk], [ssk#skk] ont un comportement laryngal globalement similaire malgré le fait que le nombre de

consonnes contenues dans ces séquences n'est pas le même. C'est parce que toutes ces séquences ont deux fricatives non adjacentes, que leur production se traduit par deux ouvertures maximales de la glotte atteintes pendant la tenue de ces fricatives (voir la figure III.6). Il est intéressant de signaler que le lien étroit qui existe entre le mode d'articulation de l'obstruante et le geste d'ouverture-fermeture glottale qui lui est associée est aussi observé dans les cas où l'occlusive phonologiquement [-continu] est produite phonétiquement sans occlusion, suite à une spirantisation. C'est ainsi que la séquence /k#kks/ réalisée dans une répétition comme [xkks] présente un pattern bimodal avec deux ouvertures maximales de la glotte, dont le pic de la première est atteint pendant la spirante [x] (Figure III.7). Cela confirme que les ajustements laryngaux dépendent des caractéristiques phonétiques des segments contenus dans les séquences consonantiques, notamment du fait que les obstruantes sourdes produites avec un bruit de friction requiert une ouverture glottale maximale séparée. De telles configurations, observées aussi dans les langues germaniques, fournissent une illustration frappante de la coordination temporelle particulièrement solide des gestes laryngaux et supralaryngaux dans la production des séquences d'obstruantes sourdes.



**Figure III.7.** le signal acoustique et le pattern d'abduction glottale d'une répétition de la séquence [k#ks] où la première vélaire est réalisée comme une spirante [x].

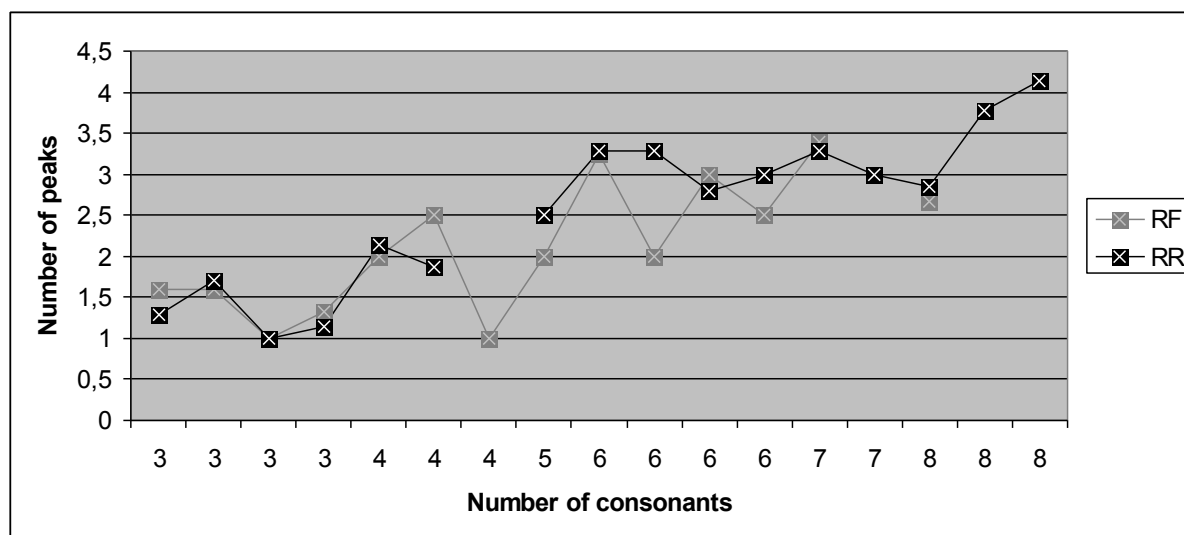
Un autre aspect important dans cette étude a été de déterminer si les frontières morphologiques impactent les ajustements glottaux. Les résultats montrent que dans les cas où la frontière est signalée par une pause prolongée, cette pause est associée à un geste d'adduction glottale. Selon Löfqvist et Yoshioka (1980), un tel geste adduction sert à prévenir le flux d'air et la perte d'air pendant la tenue d'une séquence de mots. Une autre interprétation possible serait de poser que les frontières de mots sont en elles

mêmes, avec ou sans pause, accompagnées d'une adduction glottale. Mais les séquences analysées dans cette étude montrent qu'une adduction glottale n'est pas nécessairement associée à une frontière de mot. Il ressort de ces données en effet que les séquences ayant des localisations de frontières différentes sont produites avec des ajustements laryngaux identiques (comparez [k#sks] à [ks#ks] dans la figure III.6). Le geste d'adduction glottale observé pour ces séquences semble plutôt dépendre des propriétés des segments de la séquence.

### 3.1.3. Propriétés des mots et phrases sourds

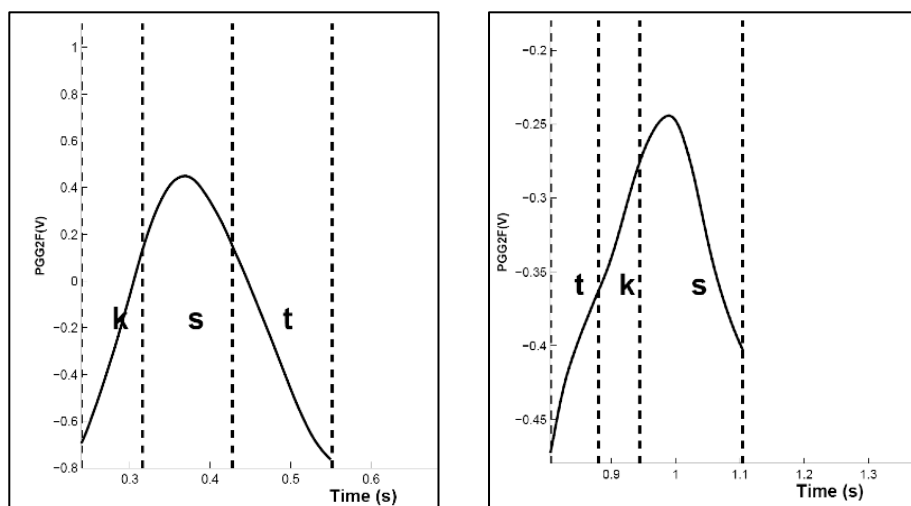
L'objectif de cette étude est de décrire les ajustements glottaux pendant la tenue des mots et phrases sourds et de déterminer les mécanismes qui les gouvernent. Il s'agit là de la première investigation de cette nature pour ce type de données. L'intérêt de cette recherche est de déterminer les variations « potentielles » de l'aire de l'ouverture glottale pendant la tenue d'énoncés composées uniquement de consonnes sourdes. Le terme « potentielles » est employé à dessein. En effet, étant donné que l'énoncé tout entier, qui peut contenir jusqu'à 15 obstruantes, est sourd, on pourrait s'attendre à ce que le geste de dévoisement soit considéré comme superflu et simplement éliminé laissant la glotte dans une position neutre ou statique. Löfqvist, Yoshioka et leurs collègues ont brièvement soulevé cette question dans leurs analyses des séquences d'obstruantes sourdes dans des langues comme le suédois et l'anglais. La conclusion de Löfqvist et Yoshioka (1980 : 800) est que : « *There is little, if any evidence that the glottis ever opens and maintains a static open position in speech* ». Les données traitées par ces auteurs sont des séquences d'obstruantes sourdes, dont les plus longues sont composées de quatre ou cinq consonnes, comprises entre deux voyelles. La première question à laquelle notre étude tente de répondre donc est la suivante : la glotte peut-elle maintenir une ouverture glottale statique pendant la parole ou présente-t-elle des changements continus ? Comme pour les séquences présentées ci-dessus, les résultats montrent de manière claire que l'aperture glottale est continuellement modulée. La question est dès lors d'une part de déterminer la nature de ces ajustements glottaux (le nombre de gestes d'ouverture et de fermeture de la glotte, l'emplacement de l'amplitude maximale de l'ouverture glottale) et, d'autre part, de déterminer les mécanismes qui gouvernent ces changements en s'intéressant plus particulièrement au nombre d'obstruantes que contient chaque forme et à leurs propriétés phonétiques.

Comme le montre la figure III.8, le nombre d'ouvertures maximales de la glotte n'augmente pas à mesure que le nombre de consonnes dans le mot augmente (même si une tendance dans cette direction est visible). Ainsi, la forme /tkkststt/ « tu l'as enlevée », par exemple, qui est composé de huit consonnes sourdes, est généralement réalisée avec le même nombre d'ouvertures glottales que /tʃtf/ « elle a écrasé » par exemple qui n'en contient que quatre.



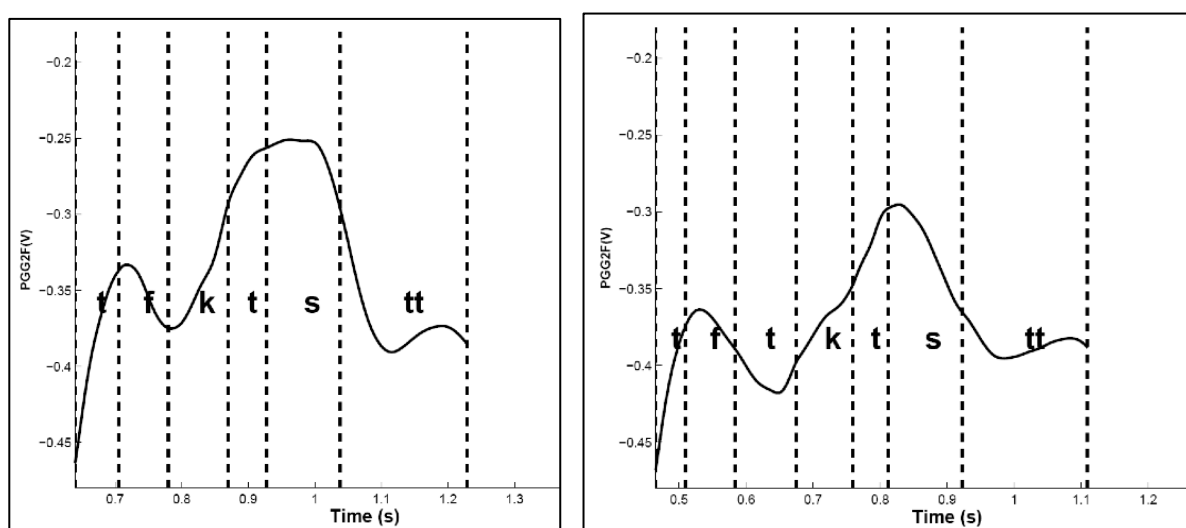
**Figure III.8.** Le nombre d'ouvertures maximales de la glotte pendant la production de 17 mots sourds, contenant de 3 à 8 obstruantes sourdes.

Même si un certain degré de variation existe aussi bien entre les 2 locuteurs enregistrés que pour un même locuteur, il est clair que c'est la nature phonétique des consonnes que contient une forme qui détermine principalement aussi bien le nombre d'ouvertures maximales de la glotte que leurs emplacements. Ainsi, la même généralisation (2) ci-dessus, dégagée pour rendre compte des séquences d'obstruantes entourées de voyelles, permet de prédire le nombre et l'emplacement des ouvertures maximales de la glotte pendant la tenue des mots sourds.



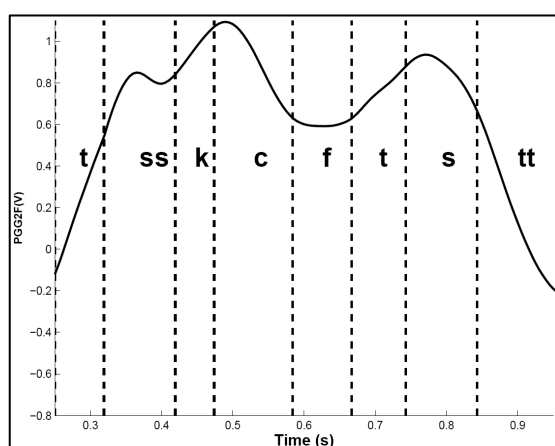
**Figure III.9.** Le pattern d'abduction glottale pour le mot [kst] tel qu'il est réalisé par RF et [tks] tel qu'il est réalisé par RR. Les lignes en pointillé délimitent l'onset et l'offset de chaque segment.

Les formes [kst] « fait-le pâtre » et [tks] « elle a fait pâtre » contiennent une fricative sourde chacune. Comme le prédit la généralisation (2), ces formes sont produites avec une ouverture maximale de la glotte atteinte pendant la tenue de ces fricatives. Ces configurations glottales sont indiquées dans la figure III.9. Les formes [tfktstt] « tu l'as donnée », [tftktstt] « tu lui as fait une entorse » et [tkkststt] « tu l'as enlevée » contiennent toutes deux fricatives non adjacentes. Ces formes sont produites généralement avec deux ouvertures maximales atteintes pendant la tenue des fricatives. La figure III.10 fournit l'illustration pour les deux premières formes.



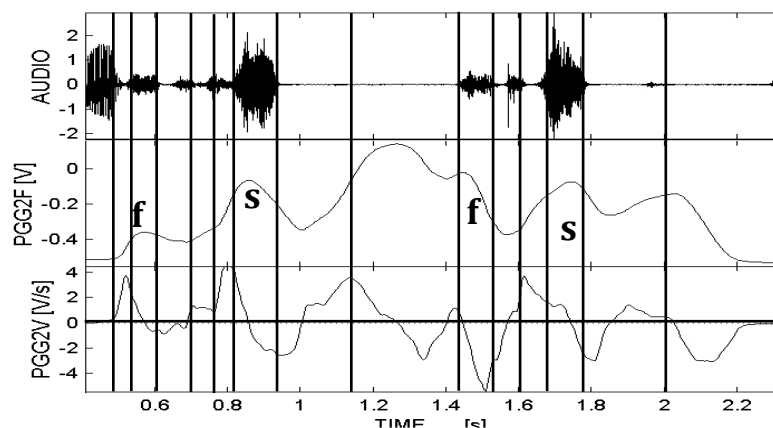
**Figure III.10.** Le pattern d'abduction glottale pour les formes [tfktstt] (gauche) et [tftktstt] (droite) telles qu'elles sont réalisées par RR.

Dans toutes les formes analysées, deux fricatives adjacentes sont systématiquement produites avec un seul geste d'ouverture maximale de la glotte. C'est le cas, par exemple, de la forme [tsskʃtstt] « tu l'as séchée » illustrée par la figure III.11. Cette caractéristique est prédictible. Sachant que la glotte met un certain temps pour s'ouvrir et un certain temps pour se refermer, et vu les contraintes aérodynamiques, il est moins économique de produire deux gestes d'ouverture-fermeture glottales pendant la durée des deux fricatives adjacentes. Par conséquent l'une des fricatives est généralement produite pendant la phase d'adduction ou d'abduction de la consonne adjacente.

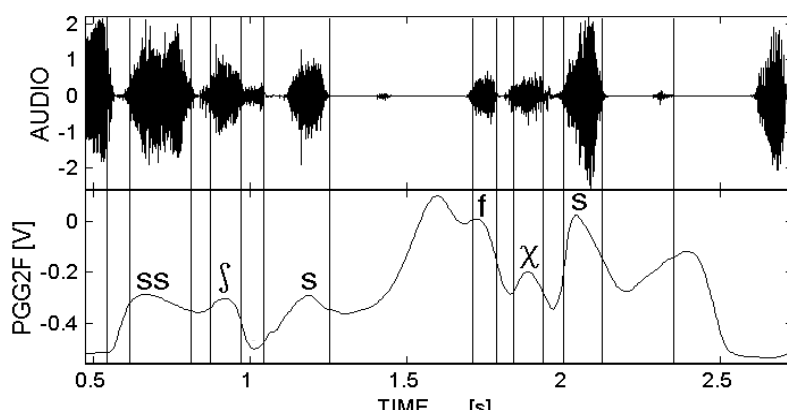


**Figure III.11.** Le pattern d'abduction glottale de la forme [tsskʃtstt] telle qu'elle est réalisée par RF (où c = ʃ).

Le pattern global dégagé pour les séquences d'obstruantes entourées de voyelles permet non seulement de rendre compte des ajustements glottaux des mots sourds mais aussi des ceux des phrases sourdes.



**Figure III.12.** Le signal acoustique et le pattern glottographique de la phrase [tʃktstt tʃktstt] « tu lui as fait une entorse et tu l'as donnée » produite par by RR.



**Figure III.13.** Le signal acoustique et le pattern glottographique de la phrase [tsskʃtstt tftχtstt] « tu l'as séchée et tu l'as roulée » produite par by RR.

#### 4. Conclusion

Une des questions majeures à l'interface de la phonétique et de la phonologie est de définir les unités de base de la représentation phonologique, les traits distinctifs. Suivant la même démarche appliquée aux autres unités examinées dans mes travaux, notamment aux consonnes géminées, je pars de l'hypothèse qu'un trait [T] quelconque est un rapport entre une articulation donnée et son produit acoustique, valable pour toute la classe de sons définis par [T], la satisfaction de ces deux conditions étant nécessaire pour le recouvrement du trait. Appliquée au trait [spread glottis], l'argumentation est basée sur des données acoustiques, fibroscopiques et photoélectroglottographiques tirées essentiellement du tachlhit et du népalais (mais dont la validité peut s'étendre à d'autres langues). La conclusion principale de ce travail est qu'un segment peut être défini par un trait si et seulement s'il satisfait à la fois la définition articulaire et la définition acoustique de ce trait.

Mes travaux sur les ajustements laryngaux en tachlhit et en français ont permis de dégager un ensemble de caractéristiques laryngales que ces deux langues partagent avec d'autres langues non apparentées. A l'instar des langues germaniques ou du japonais, les ajustements glottaux en français et en tachlhit varient selon le mode d'articulation des obstruantes simples. Cet effet est visible aussi bien sur le degré d'amplitude glottale que sur le timing de cette ouverture. Ainsi, les fricatives sourdes sont produites avec une ouverture maximale de la glotte plus large atteinte plus rapidement comparées aux

occlusives. Ces résultats reflètent un aspect (quasi) universel lié à des contraintes aérodynamiques. L'ouverture maximale de la glotte et son timing diffèrent aussi selon le lieu d'articulation des occlusives. La vélaire /k/, produite avec un VOT plus long, présente un degré d'ouverture glottale plus important et un retard dans le timing de cette ouverture par rapport à l'offset de l'occlusive. Concernant les séquences consonantiques, nous avons montré que la présence d'une frontière de mot n'a pas d'effet ni sur l'amplitude et le nombre d'ouvertures glottales ni sur le timing entre les gestes glottaux et supraglottaux. La gémation affecte par contre l'amplitude glottale, en ce sens que plus la durée de l'obstruante est longue plus l'amplitude de l'ouverture glottale est large. Un dernier résultat qui reflète une autre tendance universelle est que dans une séquence d'obstruantes  $C_1C_2$  (où  $C_1 \neq C_2$  en terme de mode d'articulation), le pic d'ouverture glottale est toujours atteint durant la fricative, que cette fricative suive ou précède l'occlusive. Cette différence de localisation de l'ouverture maximale de la glotte est probablement liée à la différence de vélocité d'ouverture glottale entre les deux obstruantes.

Mes autres travaux sur ce thème ont concerné les cas plus spécifiques des mots et phrases sourds. L'objectif a été de déterminer les mécanismes qui gouvernent la coarticulation laryngale dans des séquences pouvant aller jusqu'à 15 obstruantes sourdes à la suite. On pourrait s'attendre à ce que, dans de tels énoncés, le "geste de dévoisement" soit considéré comme superflu par le locuteur et simplement éliminé. Mais les résultats montrent que la glotte ne reste pas simplement ouverte durant ces énoncés sourds, mais que l'aperture glottale est sans cesse modulée et peut être systématiquement mise en relation avec le mode d'articulation des segments individuels présents dans la suite non voisée. Ceci constitue une démonstration irréfutable de la façon dont les articulations laryngales et orales sont liées.

### **Valorisation**

- Rialland, A., Ridouane, R., & van der Hulst, H. (2015). *Features in phonology and phonetics. Unpublished work from George N. Clements and his colleagues*. Berlin: Mouton de Gruyter.
- Clements, G.N., & Ridouane, R. (2011). *Where do phonological features come from? Cognitive, physical and developmental bases of distinctive speech categories*. Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.
- Ridouane, R., Clements, G.N., & Khatiwada, R. (2011). Language-independent bases of distinctive features. In J. Goldsmith, E. Hume, & L. Wetzels (eds.), *Tones and Features*, 260-287. Berlin: Mouton de Gruyter.



- Ridouane, R., Audibert, N., & Van minh Nguyen (2012). Les ajustements laryngaux en français. *Actes des 27<sup>e</sup> Journées d'Etudes sur la Parole*, 249–256. Grenoble.
- Ridouane, R. (2008). Les activités du larynx en berbère. *Langues et linguistique* 17, 1-28.
- Ridouane, R., Hoole, P., & Fuchs, S. (2007). Laryngeal adjustments in the production of voiceless words and sentences in Berber. *Proceedings of the 16<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 2049-2052. Saarbrücken.
- Clements, G.N., & Ridouane, R. (2006a). 'Quantal phonetics and distinctive features: a Review'. In Antonis Botinis, (ed.), *Proceedings of the ISCA Tutorial and Research Workshop on Experimental Linguistics*, 17- 24. Athens : University of Athens.
- Clements, G.N., & Ridouane, R. (2006b). 'Distinctive feature enhancement: a review'. In Antonis Botinis, ed., *Proceedings of the ISCA Tutorial and Research Workshop on Experimental Linguistics*, 97-100. Athens : University of Athens.
- Ridouane, R., Fuchs, S., & Hoole, P. (2006). Laryngeal adjustments in the production of voiceless obstruent clusters in Berber. In J. Harrington & M. Tabain (eds.), *Speech Production: Models, Phonetic Processes, and Techniques*, 249-267. Psychology Press, Macquarie University : Sydney, Australia.
- Ridouane, R., Fuchs, S., & Hoole, P. (2003). Laryngeal adjustments in the production of voiceless obstruent clusters in Berber. In Palethorpe, S., & Tabain, M. (eds). *Proceedings of the Sixth International Seminar on Speech Production*, 1-6. Sydney.

## Chapitre IV

---

### TRAVAUX EN COURS ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Caractérisés par une démarche alliant questionnement théorique et analyses expérimentales, mes travaux continueront de porter sur la représentation des unités linguistiques et sur leurs rôles dans les processus de production et de perception, tout en envisageant de nouveaux développements. Je reviendrai ainsi sur la question de la syllabation en tachlhit (§1). Deux points en particulier seront détaillés, le premier traite du lien entre syllabation et structuration prosodique et le deuxième, qui ouvre une nouvelle perspective pour mes recherches futures, examine la façon dont la syllabation est rendue dans la parole sifflée. Un autre aspect de mes recherches concerne la nature du contraste de gémination dans une perspective typologique (§2). Il s'agit d'une part de poursuivre mes travaux sur la gémination en tachlhit, et d'autre part, de s'ouvrir à d'autres systèmes phonologiques disposant de ce contraste. Mes travaux sur les traits laryngaux se poursuivent en examinant notamment les cas de l'éjectivité (§3). Tous ces travaux s'intègrent avec les recherches menées au sein du Labex *Empirical Foundations of Linguistics* (EFL), notamment l'axe 1, PPC1 « *The overall syllable complexity* » et PPC 9 « *Distinctive features in the brain, in the mouth, and in the ear* », dont je suis un des porteurs.

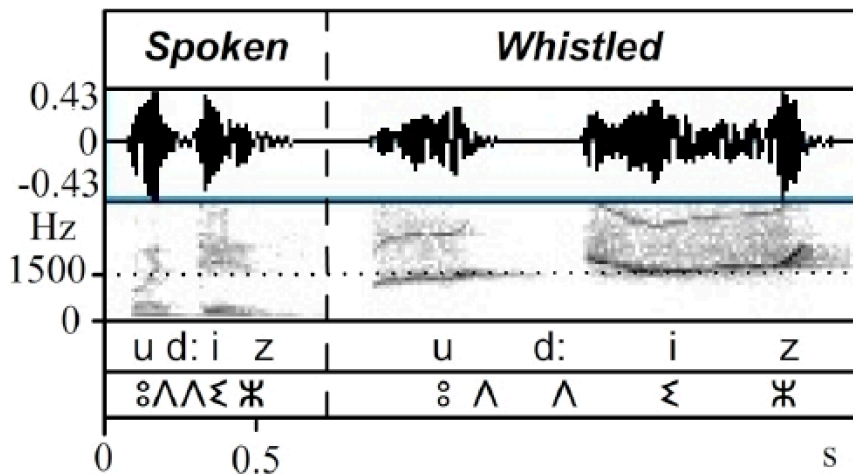
#### 1. La syllabe : prosodie et parole sifflée

L'existence de syllabes sans voyelles soulève des questions du plus grand intérêt théorique concernant l'interaction entre structuration syllabique et accents prosodiques. Cette question, pour ma part, a fait et continue de faire l'objet de travaux menés notamment en collaboration avec Martine Grice et Timo Röttger (Université de Cologne). Ce dernier prépare par ailleurs son Doctorat sur ce même sujet supervisé par un comité dont je fais partie. Ces travaux, dont quelques résultats ont été synthétisés dans le chapitre I ci-dessus, ont plus spécifiquement examiné les facteurs qui déterminent le placement de l'accent tonal et comment ces facteurs interagissent entre eux. Ils montrent que l'association entre tons prosodiques et syllabe est déterminée par une interaction complexe de facteurs indépendants : le degré de sonorité du noyau de

syllabe, le poids de la syllabe, et la modalité de la phrase. Ces travaux se poursuivent dans le cadre du projet *ToPIQQ* « *Tonal Placement – Interaction of Quantitative and Qualitative Factors* », financé par la *Volkswagen Foundation*, qui m'a permis notamment de recruter un post doctorant, M. Jamison Cooper-Leavitt, depuis mars 2015. Nous sommes actuellement entrain de poursuivre les travaux sur tachlhit et de les étendre à une autre variété de l'amazighe, le tarifit. La comparaison entre tachlhit et tarifit est intéressante en ce sens que là où tachlhit a des consonnes syllabiques, tarifit dispose de schwas épenthétiques insérés par la composante phonologique pour occuper le noyau de syllabe. Notre objectif est de comparer l'emplacement tonal dans ces deux variétés en examinant plus spécifiquement le comportement de schwas épenthétiques en tarifit avec celui des schwas transitionnels en tachlhit.

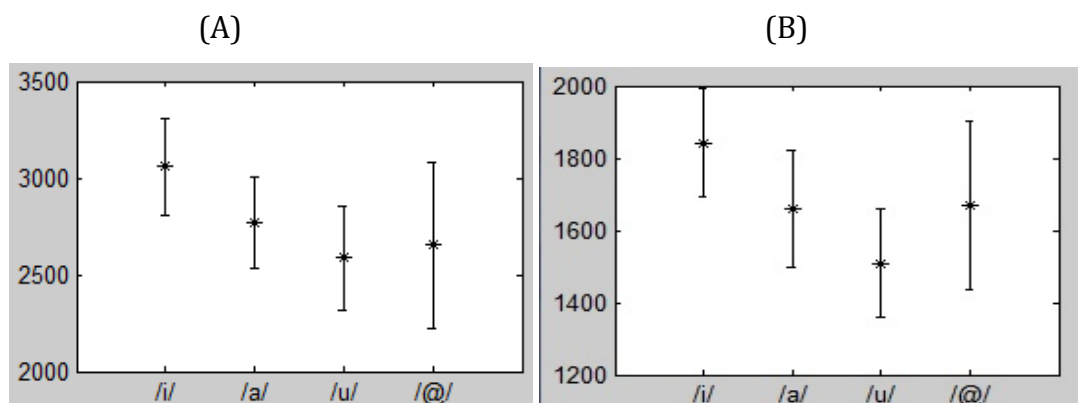
Une perspective nouvelle s'est récemment ouverte pour mes recherches sur la syllabe et au delà sur le système phonologique de l'amazighe en général. Il s'agit d'une série de travaux que je viens de commencer sur le langage sifflé en amazighe, en collaboration avec Julien Meyer (Gipsa-Lab, Université de Grenoble/CNRS) et Bernard Gautheron (anciennement LPP). Le langage sifflé est une pratique de communication traditionnelle utilisée dans le Haut-Atlas marocain, probablement depuis des siècles. Particulièrement vivante encore aujourd'hui, notamment chez les bergers, cette pratique, n'impliquant pas les cordes vocales, fait intervenir l'intensité du sifflement modulé par la forme de la bouche pour transmettre le message. Il s'agit donc d'un registre spécialisé de la parole qui consiste à imiter la voix parlée en sifflements.

La parole sifflée permettra de porter des regards complémentaires sur la phonologie – notamment sur le rôle des contraintes tant cognitives que physiologiques qui la gouvernent. Une étude phonétique pilote a été menée sur des données récoltées par J. Meyer et B. Gautheron auprès de deux siffleurs amazighs. En nous basant sur ces données, qui ne consistent à ce stade que d'une liste de mots et de quelques phrases simples pas suffisamment contrôlés, nous avons examiné la façon dont certaines propriétés phonologiques de l'amazighe sont rendues dans la parole sifflée, en s'intéressant plus spécifiquement à la structure syllabique en lien avec le système vocalique et consonantique de la langue.



**Figure IV.1.** Le mot [uddiz] « coup de poing » parlé et sifflé (transcrit aussi en alphabet amazigh, Tifinagh). Le signal de la forme parlée (à gauche) est amplifié de 15dB, pour le rendre plus visible et plus facile à comparer avec le signal de la forme sifflée (à droite).

Concernant le système vocalique, cette étude a montré que les voyelles pleines /i a u/ sont sifflées dans des intervalles de fréquence qui suivent le même patron que ce qui a été observé dans d'autres langues comme l'espagnol (silbo), le turque ou le grec (Rialland 2005, Meyer 2008). A savoir, la voyelle /i/ est sifflée avec une fréquence plus élevée que la voyelle /a/, elle-même sifflée dans une fréquence plus élevée que /u/.

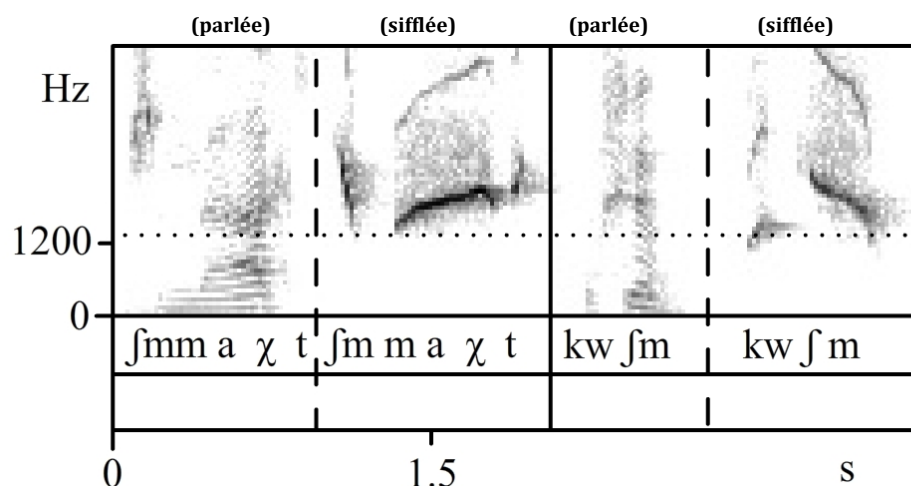


**Figure IV.2.** Distribution fréquentielle en amazighe sifflé pour les 3 voyelles pleines et l'élément schwa pour deux locuteurs : (A) pour des phrases produites dans un contexte naturel lors d'un dialogue à distance, et (B) pour des mots sifflés dans une tâche d'élicitation.

Contrairement au turc ou au grec, où les séquences consonantiques sont simplifiées (e.g. en grec [ksp] simplifié à [kp] (Meyer 2015)), les séquences consonantiques en amazighe sont sur-articulées, rendant les éléments vocaliques transitionnels entre consonnes particulièrement audibles (un aspect qui apparaît par exemple quand le locuteur répète

la forme qu'il venait de siffler). Cette sur-articulation n'est pas sensiblement différente de ce qui se passe en parole criée : quand les consonnes d'une séquence présentent un délai important entre les événements articulatoires, une période sans constriction a lieu qui se manifeste sous forme d'un élément vocalique. L'élément vocalique transitionnel en parole sifflée présente un chevauchement important avec les trois voyelles pleines, ce qui suggère que cette voyelle n'est pas attachée à une cible vocalique particulière et qu'elle transpose les différentes configurations des consonnes adjacentes : les coronales modulent vers les hautes fréquences, les labiales, labiodentales et uvulaires vers les basses fréquences. La distribution fréquentielle de schwa et des voyelles pleines est indiquée dans la figure IV.2.

La manière dont les séquences consonantiques sont sifflées semble refléter leur structure syllabique sous-jacente comme le montre le fait que la forme [kʷʃm] « rentre », indiquée dans la figure (IV.3), est partitionnée en deux parties.



**Figure IV.3.** Les signaux d'une version parlée et sifflée du mot [kʷʃm] « rentre » (à droite) et de la forme [ʃmmaχt] « je l'ai senti » (à gauche).

Cette forme est dissyllabique [kʷ.ʃm], où la première consonne représente une syllabe à part entière. La façon dont ce mot est sifflé suggère qu'il est aussi séparé en deux parties avec une période de silence entre [kʷ] et [ʃm]. En procédant ainsi, les siffleurs partitionnent cette forme de la même manière que des formes clairement dissyllabiques comme [izi] « mouche » ou [uddiz] « coup de poing » indiqué dans la figure IV.1. La figure (IV.3) présente aussi une illustration de la forme [ʃmmaχt] « je l'ai senti ». La syllabe [ʃm] est aussi réalisée d'une manière qui suggère une séparation avec l'autre syllabe [maχt]. Pour autant, à y regarder de plus près, elle semble présenter des

caractéristiques différentes de la même syllabe [ʃm] du mot [kʷʃm]. Une explication possible à ces différences a trait à des considérations prosodiques. Contrairement à [ʃmmaxt], la syllabe [ʃm] dans [kʷ.ʃm], parce qu'elle apparaît en position finale, porte l'évènement tonal ce qui la rend plus intense et plus longue. D'autres aspects de cette étude suggèrent un traitement différent dans la façon dont les syllabes avec ou sans coda sont sifflées, suggérant, comme pour la versification, une différence de traitement entre syllabes lourdes et syllabes légères.

Ce travail est bien évidemment très préliminaire et doit être poursuivi et enrichi par des données plus larges et plus contrôlées. C'est un des objectifs de mes recherches à court et à moyen terme. La découverte de cette tradition sifflée est en effet d'un très grand intérêt linguistique (en plus de son intérêt historique), notamment pour la communauté des chercheurs en phonétique et phonologie. La possibilité offerte d'examiner comment les spécificités phonologiques particulières de cette langue sont transposées dans ce registre particulier de communication permettra, nous en sommes convaincus, de jeter un regard nouveau sur l'organisation et la malléabilité du système phonétique et phonologique.

## **2. La gémiation consonantique : une perspective typologique**

Parmi les études que j'ai menées précédemment, je me suis intéressé à la phonétique et la phonologie des différents types de gémées en tachlhit. Mes recherches en cours et en perspective héritent en grande partie de ces travaux accomplis. Je suis actuellement entrain de travailler sur les caractéristiques articulatoires de trois types de gémées en tachlhit : lexicales, par concaténation et par assimilation. Les données en cours d'analyse sont des enregistrements par électropalatographie et par EMMA (effectués récemment à Gipsa-Lab en collaboration avec Nathalie Vallée et Christophe Savariaux) auprès de deux locuteurs natifs. Les paramètres articulatoires examinés incluent l'aire de contact entre la langue et le palais, ainsi que la trajectoire, la distance, la vitesse et la durée des mouvements de la langue. Faisant suite aux données acoustiques déjà analysées (voir II.4), l'objectif, en lien avec le comportement différent de ces gémées, est de déterminer si les 'fausses gémées' présentent des caractéristiques articulatoires différentes des gémées lexicales et par assimilation. L'aspect théorique en lien avec cette question renvoie au phénomène de l'inaltérabilité des gémées : les vraies gémées (lexicales et par assimilation) résistent à la spirantisation alors que les

géménées par concaténation se spirantisent. L'argument avancé dans mes précédents travaux est que les vraies géménées sont renforcées pour des corrélats de tension qui empêchent tout processus d'affaiblissement autre que la dégémération de les affecter (hypothèse initialement avancée par Churma 1988). Il s'agit dès lors de déterminer si la façon dont les différents types de géménées sont produites permet de mieux définir cette tension sur des bases articulatoires.

Mes travaux actuels et futurs sur la typologie des consonnes géménées sont principalement issus de mes encadrements de doctorants (Nora Fangel-Gustavson) et de ma collaboration avec Giuseppina Turco dans le cadre d'un post-doctorat Marie Curie. Le travail de thèse de N. Fangel-Gustavson, entamé dès son Master 2, traite de la gémération en saami de Lule. Cette langue présente un système phonologique avec trois niveaux de quantité consonantique, un phénomène typologiquement rare. L'objectif de la thèse est d'examiner la manière dont les locuteurs implémentent phonétiquement ce contraste ternaire et comment les auditeurs le recouvrent. Les résultats de la partie acoustique, que nous avons déjà publiés ou présentés lors de conférences internationales, montrent que le contraste se manifeste principalement par une augmentation systématique et substantielle de la durée consonantique d'une quantité à une autre. Au-delà de ces paramètres temporels, d'autres corrélats – secondaires – de la (super)gémération impliquent plus particulièrement l'intensité des voyelles adjacentes. Il s'agira pour la suite de déterminer l'impact perceptuel de ces différents corrélats aussi bien sur les locuteurs natifs que sur les locuteurs d'autres langues disposant d'un contraste de gémération (e.g. italien ou amazighe) ou ne disposant pas de gémération lexicale (e.g. français). Les résultats de l'analyse phonétique seront interprétés du point de vue phonologique en questionnant notamment la manière dans les géménées et supergéménées sont représentées dans le cadre de la théorie moraïque.

Le post-doctorat de Giuseppina Turco, financé par une bourse Marie Curie (2015 – 2017), traitera du phénomène d'anticipation à distance dû au contraste de gémération. L'anticipation à distance, qu'il s'agit d'harmonie vocalique ou consonantique, est définie comme un processus selon lequel des segments non adjacents au sein d'un domaine donné (syllabe, morphème, mot, etc.) tendent à devenir similaires au niveau d'une dimension phonétique. Bien attesté dans différentes langues du monde, ce phénomène est très bien étudié pour certains articulateurs (e.g. lèvres, langue, velum, etc.). Ces études impliquent très souvent des contrastes basés sur des traits mélodique (e.g.

[nasal], [arrondi], [haut]) et examinent comment l'harmonie à distance se reflète dans les gestes qui implémentent ces traits (ouverture du port vélopharyngé pour [nasal], protrusion et arrondissement des lèvres pour [arrondi], hauteur de la langue pour [haut], etc.). Comparativement, on connaît très peu sur les effets à distance d'un contraste squelettal basé essentiellement sur des paramètres temporels. Ce projet collaboratif a pour objectif d'analyser le processus d'harmonie induit par la gémination lexicale en examinant si les caractéristiques temporelles et non temporelles de la gémination sont déjà présentes dans les consonnes précédentes (e.g. pour l'italien [palla] 'balle', l'effet de la géminée /ll/ non seulement sur la voyelle qui la précède immédiatement mais aussi sur la consonne initiale de mot /p/). En plus de l'italien, ce projet examinera le phénomène de l'harmonie de gémination en japonais et en amazighe.

### **3. Les traits laryngaux : le cas des éjectives**

Les consonnes éjectives sont assez rares dans les langues du monde, seules 16% des langues en possèdent dans leurs inventaires phonologiques (Maddieson 2013). Ces consonnes soulèvent un ensemble de questions d'ordre phonétique et phonologique. Du point de vue phonétique, les questions concernent leurs caractéristiques acoustiques, articulatoires et aérodynamiques qui témoignent d'une grande variabilité aussi bien à l'intérieur d'une même langue qu'entre langues. Du point de vue phonologique les questions liées à leur représentation et à leur comportement continuent de donner lieu à diverses interprétations plus ou moins guidées par les modèles théoriques utilisés.

Je détaillerai ici une partie de mes travaux en cours sur cette question et qui s'inscrivent dans le cadre de l'ANR *OmanSam* « Les langues sudarabiques modernes en Oman » financé par L'agence Nationale de la Recherche (2013 – 2017). Les langues sudarabiques modernes (SaM) sont actuellement parlées au Yémen et dans le Sultanat d'Oman. Alors que le Yémen, en proie à une crise politique très grave, est actuellement inaccessible, le Sultanat d'Oman ne présente aucune difficulté d'accès et de séjour. Pour cette raison, ce sont les langues SaM parlées en Oman qui sont au centre du projet. Entre autres problématiques dans lesquelles le projet OmanSam s'inscrit il y'a la question de la phonétique et la phonologie des consonnes éjectives en mehri.

Le mehri d'Oman dispose de trois séries de consonnes qui se distinguent par les mécanismes laryngaux impliqués dans leur production : les éjectives, les sourdes (ou



aspirées) et les voisées. Notre objectif est de définir de manière précise leurs caractéristiques physiques pour mieux appréhender leur comportement sur les plans phonologique et morphologique. Cette langue, très peu étudiée sur un plan expérimental, est intéressante car elle dispose aussi bien d'occlusives que de fricatives éjectives, ces dernières étant peu documentées car très peu attestées (3.7 % des langues du monde selon Maddieson 2013).

L'identité phonétique exacte des éjectives du mehri [t', k', θ', s', ʃ', š'] reste encore floue : elles sont considérées tantôt comme des éjectives (ou glottalisées) (Johnstone, 1975, Simeone-Senelle 1997) et tantôt comme des pharyngalisées (ou emphatiques) (Watson et Bellem, 2011, Watson 2012). Une seule étude acoustique a été menée à notre connaissance sur ce sujet, mais elle est plutôt qualitative et concerne la variante du mehri parlée au Yémen (Watson et Bellem 2010). Selon Simeone-Senelle (1997) et Watson et Bellem (2010), une grande variabilité caractérise la réalisation des éjectives du mehri aussi bien pour les occlusives que pour les fricatives. Cette variabilité semble dépendre d'un ensemble de facteurs, incluant notamment la position dans le mot, le mode et le lieu d'articulation de l'obstruante. Elle met aussi en lumière le caractère particulier des éjectives du mehri et des langues SaM en général. Johnstone (1975), par exemple, a relevé que la force du relâchement glottal dans les langues SaM semblait moins importante que celle des langues éthio-sémitiques, comme l'amharique. Pour Lonnet et Simeone-Senelle (1997), l'occlusion glottale est incomplète dans une variété du mehri (parlée à Qishn au Yémen). Pour Lonnet (2006), la glottalisation ne concernerait qu'un sous ensemble d'obstruantes et pour Watson et Bellem (2010), à partir des données d'un locuteur du mehri du Yémen, seule l'occlusive vélaire [k'] est invariablement réalisée comme une éjective, [t'] et les fricatives éjectives présentent plutôt les caractéristiques d'une articulation emphatique ou pharyngalisée (rétraction de la langue et constriction pharyngale). Une autre particularité des "éjectives" du mehri est qu'elles sont parfois produites avec du voisement partiel (Watson et Bellem 2010). Éjectivité et voisement ne sont pas à proprement parler physiologiquement incompatibles – surtout si l'occlusion glottale est moins forte – mais aucune langue disposant d'éjectives voisées dans son inventaire consonantique sous-jacent n'a encore été relevée et documentée (Ladefoged et Maddieson 1996).

A ce stade du projet nous disposons aussi bien de données articulatoires que de données acoustiques. Les données articulatoires ont été obtenues par échographie auprès d'un

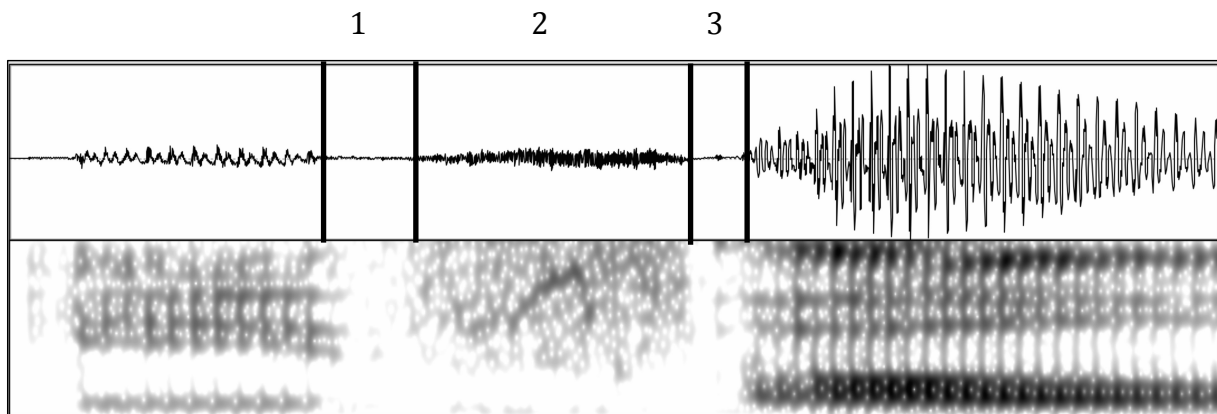
locuteur natif venu d'Oman. L'enregistrement a eu lieu au Laboratoire de Phonétique et Phonologie (CNRS/Sorbonne Nouvelle). Le traitement et l'analyse de ces données échographiques sont en cours et les premiers résultats ont été présentés à la *Journée d'études sur les langues sudarabiques modernes* organisée le 08 septembre 2014 dans le cadre de l'ANR *OmanSam*. Ces résultats préliminaires font ressortir des aspects intéressants notamment concernant la tendance qu'ont les fricatives éjectives à se produire comme des affriquées. Ceci est probablement motivé par le besoin de satisfaire les contraintes aérodynamiques inhérentes à ce type de segments. En plus des données articulatoires, des données acoustiques ont été enregistrées sur le terrain – dans la ville de Salalah – auprès de 7 locuteurs natifs. Les données de 5 locuteurs ont été segmentées et analysées à ce jour et ont servi de base à un article qui paraîtra dans les actes du 18<sup>e</sup> Congrès International des Sciences Phonétiques (ICPHS). Cette étude a permis de fournir l'analyse acoustique la plus détaillée sur les fricatives éjectives d'une langue sudarabique moderne.

La production d'une fricative éjective implique un dilemme aéro-acoustique (Maddieson 1998 ; Shosted et Rose 2011). En effet, deux demandes compétitives doivent être satisfaites : (i) l'éjectivité qui implique une augmentation substantielle de la pression d'air au-dessus du larynx, et (ii) la fricativité qui nécessite un flux d'air continu au travers d'une constriction étroite. Le flux d'air continu requis pour la réalisation d'une fricative peut mettre en péril l'augmentation de la pression d'air requise pour la tenue d'une éjective. Le fil conducteur de notre étude sur les fricatives éjectives du mehri a été de déterminer comment les locuteurs natifs arrivent à résoudre ce dilemme.

Les résultats montrent que les fricatives éjectives du mehri présentent les caractéristiques d'une articulation éjective :

- i. La présence d'une période de silence avant le bruit de friction, suggérant une articulation affriquée (voir figure IV.4);
- ii. La présence d'une occlusion glottale avant l'onset de la voyelle qui suit (voir figure IV.4);
- iii. La durée de la portion du bruit de friction dans une fricative éjective (87.9 ms, SD=33.03) est plus courte que celle des fricatives non-éjectives (105.8 ms, SD=19.19). Le mehri ressemble en cela à l'amharique (Demolin 2002), au tlingit (Maddieson et al. 2001) et au kabarde (Gordon et Applebaum 2006) ;
- iv. Un COG (Center of Gravity) plus élevé pour les fricatives éjectives, suggérant

une constriction plus étroite pour ces segments.



**Figure IV.4.** Le signal acoustique et le spectrogramme d'une partie de la forme [iθ'u:bər] « blâmer », indiquant trois phases de l'articulation de la fricative éjective [θ'] : 1 = silence pré-friction, 2 = bruit de friction, et 3 = occlusion glottale.

Mais la façon dont ces corrélats sont implémentés varie considérablement selon les locuteurs, le mode d'articulation et la position dans le mot. En effet, cette étude n'a pas permis de dégager un invariant acoustique qui implémenterait systématiquement le contraste éjective vs. non éjective pour les fricatives chez les 5 sujets enregistrés. Alors que les fricatives manifestent une période de silence avant le relâchement, un indice majeur de l'éjectivité observée dans diverses langues du monde, cette occlusion glottale n'a été produite que par certains locuteurs pour seulement 15% des répétitions, bien loin des 80% rapportées pour le tigrinya, par exemple (Shosted et Rose 2011). De même les fricatives éjectives ont été produites avec occlusion 'pré-friction' moins souvent en position intervocalique comparée à la position initiale de mot. Aussi, les différences de CoG n'ont pas été observées pour les latérales et les alvéopalatales.

D'autres corrélats ont été observés plus particulièrement en position initiale, comme l'effet sur la structure formantique des voyelles, suggérant une dorsopharyngalisation (élévation de F1 et abaissement de F2). La dorsopharyngalisation observée dans ce contexte peut servir de stratégie employée par les locuteurs pour résoudre l'incompatibilité entre éjectivité et bruit de friction. Elle peut servir de corrélat de renforcement introduit pour augmenter la distance perceptive entre les deux catégories phonémiques. Un tel geste ne serait pas nécessaire en position intervocalique, étant donné que la diphtongaison induite par l'éjective sur la voyelle qui suit est suffisamment saillante pour permettre aux locuteurs de recouvrer facilement le contraste.

Les travaux sur les éjectives seront complétés par le travail de thèse d'Emre Bayraktar qui se propose de traiter de la phonétique et de la phonologie des éjectives dans une perspective comparative en traitant de deux langues non apparentées : le maya yucatèque et le tigrinya. La thèse de M. Bayraktar traitera plus spécifiquement de la question du renforcement prosodique du contraste d'éjectivité, en ciblant deux questions essentielles à l'interface de la phonétique et de la phonologie : comment le contraste d'éjectivité est implémenté selon la position prosodique et qu'est-ce cela nous renseigne sur la représentation mentale de ce contraste ?



## RÉFÉRENCES

---

- Abercombie, D. (1967). *Elements of general phonetics*. Aldine, Chicago.
- Abramson, A.S. (1986). The perception of word-initial consonant length: Pattani Malay. *Journal of the International Phonetic Association* 16, 8–16.
- Abramson, A.S. (1987). Word-initial consonant length in Pattani Malay. *Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences* 6, 68–70.
- Abramson, A.S. (1991). Amplitude as a cue to word-initial consonant length: Pattani Malay. *Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 98–101. Aix-en-Provence.
- Abramson, A.S. (1999). Fundamental frequency as a cue to word-initial consonant length: Pattani Malay. *Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 591-594. Berkeley, University of California.
- Angoujard, J-P. (1997). *Théorie de la syllabe : rythme et qualité*. Paris: CNRS.
- Applegate, J.R. (1958). *An outline of the structure of Shilha*. New York: American Council of Learned Societies.
- Armosti, S. (2009). *The Phonetics of plosive and affricate gemination in Cypriot Greek*. Ph.D. Thesis, University of Cambridge.
- Arvaniti, A., & Tserdanelis, G. (2000). On the phonetics of geminates: evidence from Cypriot Greek. *Proceedings of International Conference on Spoken Language Processing (ICSLP2000)*, Beijing.
- Avery, P. (1996). *The representation of voicing contrasts*. Ph.D. Thesis, University of Toronto.
- Avery, P., & Idsardi, W. (2001). Laryngeal dimensions, completion and enhancement. In T.A. Hall (ed.), *Distinctive Feature Theory*, 41-71. Berlin: Mouton de Gruyter.
- Bagemihl, B. (1987). Tigrinya speech disguise and constraints on spreading rules. *Proceedings of the West Coast Conference on Formal Linguistics* 6, 1-15. Stanford Linguistics Association.
- Baker, B. (1999). *Word structure in Ngalakgan*. Ph.D. Thesis, University of Sydney.
- Beaulieu, K. (2001). La structure interne de la syllabe : ce qu'en disent les lapsus ? *Colloque des Etudiants en Sciences du Langage (CESLa)*. Université de Québec, Montréal.

- Bell, A. (1978). Syllabic consonants. In J. Greenberg (ed). *Universals of Human Language*. Vo. 2: *Phonology*, 153-201. Stanford, Cal.: Stanford University Press.
- Benguerel, A.P., & Bhatia, T. (1980). Hindi stop consonants: an acoustic and fiberscopic study. *Phonetica* 37, 149-158.
- Benguerel, A.P., Hirose, H., Sawashima, M., & Ushijima, T. (1978). Laryngeal control in French stop production: a fiberscopic, acoustic and electromyographic study. *Folia phoniatrica* 30, 175-198.
- Benjaballah, S., & Ségeral, P. (2014). The phonology of "idle glottis" consonants in the Mehri of Oman (Modern South Arabian). *Journal of Semitic Studies* 59 (1), 161-204.
- Bensoukas, K., & Boudlal, A. (2012). The prosody of Moroccan Amazigh and Moroccan Arabic: Similarities in the phonology of schwa. In T. Borowsky, S. Kawahara, & M. Sugahara (eds.), *Prosody Matters, Essays in Honor of Elisabeth Selkirk*, 3-42.
- Bhatia, T.K. (1976). On the predictive role of the recent theories of aspiration. *Phonetica* 33, 62-74.
- Blevins, J. (1995). The syllable in phonological theory. In J. Goldsmith (ed.), *The Handbook of Phonological Theory*, 206-244. Oxford: Blackwell Publishers.
- Blevins, J. (2004). *Evolutionary phonology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bombien L. (2006). Voicing alternations in Icelandic sonorants - a photoglottographic and acoustic analysis. *AIPUK* 37, 63-82.
- Bouarourou, F. (2014). *La gémiation en tarifit: considérations phonologiques, études acoustiques et articulatoires*. Thèse de Doctorat, Université de Strasbourg.
- Bouarourou, F., Vaxelaire, B., Ridouane, R., Hirsch, F., and Sock, R. (2008). Geminatio in Tarifit Berber: x-ray and acoustic data. *Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Seminar on Speech Production*, 117-120. Strasbourg.
- Boudlal, A. (2001). *Constraint interaction in the phonology and morphology of Casablanca Moroccan Arabic*. Ph.D. Thesis, Mohammed V University, Rabat.
- Boukous, A. (1987). *Phonotactique et domaines prosodiques en berbère*. Thèse de Doctorat d'État, Université de Paris VIII, Saint-Denis.
- Browman, C.P., & Goldstein, L. (1986). Towards an articulatory phonology, *Phonology Yearbook* 3, 219-252.
- 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.

- Phonology* 6, 201-251.
- Browman, C.P., & Goldstein, L. (1990). Tiers in articulatory phonology with some implications for casual speech. In J. Kingston and M.E. Beckman, (eds.), *Papers in Laboratory Phonology 1*, 341-376. Cambridge: Cambridge University Press.
- Browman, C.P., & Goldstein, L. (1995). Dynamics and Articulatory Phonology. In R.F. Port and T. van Gelder (eds.), *Mind as motion*, 175-194. Cambridge: MIT Press.
- Browman, C.P., & Goldstein, L. (2000). Competing constraints on intergestural coordination and selforganization of phonological structure. *Les Cahiers de l'ICP, Bulletin ICP* 5, 25-34.
- Browman, C.P., Goldstein, L., Honorof, D., Jebbour, A., & Selkirk, E. (1998). Gestural organization underlying syllable structure. Présentation orale dans *Current Trends in Phonology II* (Royaumont, 22-24 Juin).
- Byrd, D. (1993). 54,000 American stops. *UCLA Working Papers in Phonetics* 83, 97-116.
- Byrd, D. (1994). *Articulatory timing in English consonant sequences*. Ph.D. Thesis, UCLA.
- Byrd, D. (1995). C-centers revisited. *Phonetica* 52, 285 - 307
- Catford, J.C. (1977). *Fundamental problems in phonetics*. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Chaker, S. (1975). Les paramètres acoustiques de la tension consonantique en berbère (kabyle). *Travaux de l'Institut de Phonétique d'Aix* 2, 151-168.
- Chapin-Ringo, C. (1988). Enhanced amplitude of the first harmonic as a correlate of voicelessness in aspirated consonants. *Journal of the Acoustical Society of America* 83 (Suppl. 1), S70 [Abstract].
- Chen, M.W., & Wang, W.S.-Y. (1975). Sound change: Actuation and implementation. *Language* 51, 255-281.
- Chitoran, I., Goldstein, L., & Byrd, D. (2002). Gestural overlap and recoverability: articulatory evidence from Georgian. In C. Gussenhoven, & N. Warner (eds.), *Papers in Laboratory Phonology 7*, 419-447. Berlin: Mouton de Gruyter.
- Cho, T., & Ladefoged, P. (1999). Variations and universals in VOT: evidence from 18 languages. *Journal of Phonetics* 27, 207-229.
- Chomsky, N., & Halle, M. (1968). *The sound pattern of English*. New York: Harper and Row.
- Churma, D. (1988). *On 'on geminates'*. Ms., Suny-Buffalo.



- Clark, J., & Yallop, C. (1995). *An introduction to phonetics and phonology*. Oxford: Blackwell Publishers.
- Clements, G.N. (1986). Compensatory lengthening and consonant gemination in LuGanda. In L. Wetzels & E. Sezer (eds.), *Studies in compensatory lengthening*, 37-77. Dordrecht: Foris.
- Clements, G.N. (1990). The role of the sonority cycle in core syllabification. In J. Kingston & M.E. Beckman (eds.), *Papers in Laboratory Phonology 1*, 283-333. Cambridge : Cambridge University Press.
- Clements, G.N. (1992). Phonological primes: Features or gestures? *Phonetica* 49, 181-93.
- Clements, G.N. (1997). Berber syllabification: Derivations or constraints? In I.M. Roca (ed.), *Derivations and constraints in phonology*, 289-330. Oxford: Oxford University Press.
- Clements, G.N. (2003). Feature economy in sound systems. *Phonology* 20 (3), 287-333.
- Clements, G.N. (2009). Does sonority have a phonetic basis? Comments on the chapter by Vaux. In E. Raimy & C. Cairns (eds.), *Contemporary views on architecture and representations in phonological theory*, 165-175. MIT Press: Cambridge. MA.
- Clements, G.N., & Keyser, S.J. (1983). *CV phonology: a generative theory of the syllable*. Cambridge: MIT Press.
- Clements, G.N., & Khatiwada, R. (2007). Phonetic realization of contrastively aspirated affricates in Nepali. *Proceedings of the 16<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 629-632. Saarbrücken.
- Clements, G.N., & Ridouane, R. (2006). Part I: Quantal phonetics and distinctive features: a review. Part II: Distinctive feature enhancement: a review. *Proceedings of ISCA Tutorial and Research Workshop on Experimental Linguistics*, 17-24 et 28-30.
- Cohn, A., Ham, W., & Podesva, R. (1999). The phonetic realization of singleton-geminate contrasts in three languages of Indonesia. *Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 587-590.
- Coleman, J. (1996). Declarative syllabification in Tashlhit Berber. In J. Durand, & B. Laks (eds.), *Current trends in phonology: models and methods*, 177-218. Salford: ESRI.
- Coleman, J. (1999). The nature of vocoids associated with syllabic consonants in Tashlhiyt Berber. *Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 735-738. Berkeley: University of California.
- Coleman, J. (2001). The phonetics and phonology of Tashlhiyt Berber syllabic

- consonants. *Transactions of the Philological Society* 99, 29-64.
- Content, A., Kearns, R.K., & Frauenfelder, U.H. (2001). Boundaries versus onsets in syllable segmentation. *Journal of Memory and Language* 45, 177-199.
- Cooper, A.M. (1991). Laryngeal and oral gestures in English /p, t, k/. *Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences* 2, 50-53. Aix-en-Provence.
- Cornulier B. de (1982). *Théorie du vers*. Paris : éditions du Seuil.
- Davidson, L., & Roon, K. (2008). Durational correlates for differentiating consonant sequences in Russian. *Journal of the International Phonetic Association* 38 (2), 137-165.
- Davis, S. (1999). On the representation of initial geminates. *Phonology* 16, 93-104.
- de Lacy, P. (2007). Themes in phonology. In P. de Lacy (ed.), *The Cambridge handbook of phonology*, 5-30. Cambridge: Cambridge University Press.
- Delattre, P. (1940). Tendances de coupe syllabique en français. Reproduit dans P. Delattre (1966), *Studies in French and comparative phonetics*, 150-162. The Hague: Mouton.
- Delattre, P. (1944). L'aperture et la syllabation phonétique. Reproduit dans P. Delattre (1966), *Studies in French and comparative phonetics*, 163-167. The Hague: Mouton.
- Dell, F., & Elmedlaoui, M. (1985). Syllabic consonants and syllabification in Imdlawn Tashlhiyt Berber. *Journal of African Languages and Linguistics* 7, 105-130.
- Dell, F., & Elmedlaoui, M. (1988). Syllabic consonants in Berber: Some new evidence. *Journal of African Languages and Linguistics* 10, 1-17.
- Dell, F., & Elmedlaoui, M. (1997). Les géminées en berbère. *Linguistique Africaine* 19, 5-55.
- Dell, F., & Elmedlaoui, M. (2002). *Syllables in Tashlhiyt Berber and in Moroccan Arabic*. Dordrecht: Kluwer.
- Dell, F., & Elmedlaoui, M. (2008). *Poetic meter and musical form in Tashlhiyt Berber songs*. Cologne: Rüdiger Köppe Verlag.
- Dell, F., & Elmedlaoui, M. (2010). Syllables and gemination in imperfective stems in Tashlhiyt Berber. *Brill's Annual of Afroasiatic Language and Linguistics* 5, 1-34.
- Dell, F., & Tangi, O. (1992). Syllabification and empty nuclei in Ath-Sidhar Rifain Berber. *Journal of African Languages and Linguistics* 13, 125-162.
- Demolin, D. (2002). The search for primitives in phonology and the explanation of sound patterns: The contribution of fieldwork studies. In C. Gussenhoven, & N. Warner

- (eds.), *Papers in Laboratory Phonology* 7, 455-514. Berlin: Mouton de Gruyter.
- Dieth, E. (1950). *Vademekum der Phonetik*. Bern, Francke.
- Dixit, P.R. (1989). Glottal gestures in Hindi plosives. *Journal of Phonetics* 17, 213-237.
- Dixit, P.R. (1993). Spatiotemporal patterns of glottal dynamics and control of voicing and aspiration in Hindi stops. *Indian Linguistics* 54, 1-36.
- Dmitrieva, O. (2011). Asymmetries between production and perception of consonant length. *Studies in the Linguistic Sciences: Illinois Working Papers* 1, 1-15.
- Doty, C.S., Idemaru, K., & Guion, S.G. (2007). Singleton and geminate stops in Finnish - Acoustic correlates. *Proceedings of the 8<sup>th</sup> Annual Conference of the International Speech Communication Association*, 2737-2740. Antwerp: Curran Associates, Inc.
- Dresher, E.B. (2010). Invisible laboratories. *Toronto Working Papers in Linguistics* 32, 1-4. Initialement publiée en 2002 dans *Glott International* 6 (1), 12-14.
- Durand, J. (2000). Les traits phonologiques et le débat articulation/audition. In P. Busuttil, (ed.), *Points d'interrogation : Phonétique et phonologie de l'anglais*, 56-70. Pau : Presses Universitaires de Pau.
- Elmedlaoui, M. (1985). *Le parler berbère chleuh d'Imdlawn (Maroc) : Segments et syllabation*. Thèse de Doctorat, Université Paris 8.
- Elmedlaoui, M. (1993). Geminization and spirantization in Hebrew, Berber, and Tigrinya: a fortis-Lenis module analysis. *Linguistica Communicatio* 1, 121-176.
- Engstrand, O., & Krull, D. (1994). Durational correlates of quantity in Swedish, Finnish and Estonian: Data from spontaneous speech. *Working Papers* 43, 54-57. Lund: Lund University, Department of Linguistics.
- Esposito, A., & Di Benedetto, M. (1999). Acoustical and perceptual study of gemination in Italian stops. *Journal of the Acoustical Society of America* 106, 2051-2062.
- Fant, G. (1973). Stops in CV syllables. In G. Fant (ed.), *Speech sounds and features*, 110-139. Cambridge: MIT Press.
- Féry, C., & van de Vijver, R., eds. (2003). *The syllable in Optimality Theory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fischer-Jørgensen, E. (1968). Voicing, tenseness and aspiration in stop consonant, with special reference to French and Danish. *Annual Report of the Institute of Phonetics, University of Copenhagen* 3, 63-114.

- Fougeron, C., & Ridouane, R. (2008a). On the phonetic implementation of syllabic consonants and vowel-less syllables in Tashlhiyt. *Estudios de Fonética Experimental* 18, 139-175
- Fougeron, C., & Ridouane, R. (2008b). On the nature of schwa-like vocalic elements within some Berber clusters. *Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Seminar on Speech Production*. Strasbourg.
- Fougeron, C., & Keating, P. A. (1997). Articulatory strengthening at edges of prosodic domains. *Journal of the Acoustical Society of America* 101(6), 3728-3740.
- Fromkin, V. (1965). Some Phonetic specifications of linguistic units: an electromyographic investigation. *UCLA Working Papers in Phonetics* 3, 1-184.
- Fukui, N., & Hirose, H. (1983). Laryngeal adjustments in Danish voiceless obstruent production. *Annual Report of the Institute of Phonetics* 17, 61-71. University of Copenhagen.
- Galand, L. (1953). La phonétique en dialectologie berbère. *Orbis* II/1, 225-233.
- Galand, L. (1988). Le berbère. In D. Cohen and J. Perrot (eds.), *Les langues dans le monde ancien et moderne. Troisième partie : Les langues chamito-sémitiques*, 207-242. Paris : Editions du CNRS.
- Galand, L. (1997). Les consonnes tendues du berbère et leur notation. In M. Taïfi (ed.), *Voisinage, Mélanges en hommage à la mémoire de Kaddour Cadi*, 99-120. Fès : Dhar El Mahraz.
- Gick, B., & Wilson, I. (2006). Excrescent schwa and vowel laxing: Cross-linguistic responses to conflicting articulatory targets. In L. Goldstein, D.H. Whalen, & C.T. Best (eds.), *Laboratory Phonology 8: Varieties of Phonological Competence*, 635-660. Berlin: Mouton de Gruyter.
- Giles, S.B., & Moll, K.L. (1975). Cinefluorographic study of selected allophones of English /l/. *Phonetica* 31, 206-227.
- Goldsmith, J. (1990). *Autosegmental and metrical phonology*. Oxford: Blackwell Publisher.
- Goldstein, L., Chitoran, I., & Selkirk, E., (2007). Syllable structure as coupled oscillator modes: Evidence from Georgian vs. Tashlhiyt Berber. *Proceedings of the 16<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 241-244.
- Golston, C., & Kehrein, W. (2008). Simultaneity, salience, sequencing and the sonority of laryngeals. *Papier présenté à la 5<sup>th</sup> Old World Conference in Phonology*. Toulouse.

- Gordon, M., & Applebaum, A. (2006). Phonetic structures of Turkish Kabardian. *Journal of the International Phonetic Association* 36(2), 159-186.
- Gordon, M., & Nafi. L. (2012). The acoustic correlates of stress and pitch accent in Tashlhiyt Berber. *Journal of Phonetics* 40, 706-724.
- Grammont, M. (1933). *Traité de phonétique*. Paris : Delagrave.
- Grice, M., Ridouane, R., & Röttger, T. (à paraître). Tonal association in Tashlhiyt Berber: Evidence from polar questions and contrastive statements. *Phonology*.
- Grice M., Röttger, T., Ridouane, R., & Fougeron, C. (2011). The association of tones in Tashlhiyt Berber. *Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Conference on Phonetic Sciences*, 775-778. Hong Kong.
- Guerssel, M. (1977). Constraints on phonological rules. *Linguistic Analysis* 3, 267-305.
- Guerssel, M. (1978). A condition on assimilation rules. *Linguistic Analysis* 4, 225-254.
- Guerssel, M. (1985). The role of sonority in Berber syllabification. *Awal* 1, 81-110.
- Hall, N. (2003). *Gestures and segments: Vowel intrusion as overlap*. Ph.D. Thesis, University of Massachusetts, Amherst.
- Halle, M., & Stevens, K.N. (1971). A note on laryngeal features. *Quarterly Progress Report of the Research Laboratory of Electronics* 101, 198-213.
- Ham, W. (1998). *Phonetic and phonological aspects of geminate timing*. Ph.D. Thesis, Cornell University.
- Hamzah, H. (2013). *The acoustics and perception of the word-initial singleton/geminate contrast in Kelantan Malay*. Ph.D. Thesis, University of Melbourne.
- Hassan, Z. (2002). Geminata in Swedish and Arabic with a particular reference to the preceding vowel duration. An instrumental and comparative approach. *Proceedings of Fonetik 2002 TMH-QPSR* 44, 81-85.
- Hayes, B. (1986a). Inalterability in CV phonology. *Language* 62, 321-351.
- Hayes, B. (1986b). Assimilation as spreading in Toba Batak. *Linguistic Inquiry* 17, 467-499.
- Heffner, R.S. (1950). *General phonetics*. University of Wisconsin Press, Madison.
- Hermes, A., Doris, M., & Grice, M. (2013). Gestural coordination of Italian word-initial clusters: the case of 'impure s'. *Phonology* 30 (1), 1-25.
- Hermes, A., Ridouane, R., Doris, M., & Grice, M. (2011a). Gestural coordination in Tashlhiyt syllables. *Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 859-862. Hong Kong.

- Hermes, A., Ridouane, R., Doris, M., & Grice, M. (2011b). Kinematics of syllable structure in Tashlhiyt Berber: The case of vocalic and consonantal nuclei. *Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Seminar on Speech production*, 401-408. Montréal.
- Hjelmslev, L. (1935). On the principles of phonematics. *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 49-54. London.
- Homma, Y. (1981). Durational relationship between Japanese stops and vowels. *Journal of Phonetics* 9, 273-281.
- Honorof, D.N., & Browman, C.P. (1995). The center or edge: How are consonant clusters organized with respect to the vowel? *Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 552-555.
- Hoole, P. (2006). *Experimental studies of laryngeal articulation*. Unpublished Habilitation Thesis, Ludwig-Maximilians-Universität.
- Hooper, J.B. (1972). The syllable in phonological theory. *Language* 48(3), 525-540.
- Hooper, J.B. (1976). *An introduction to natural Generative Phonology*. New York: Academic Press.
- Hutters, B. (1985). Vocal fold adjustments in aspirated and unaspirated stops in Danish. *Phonetica* 42, 1-24.
- Hyman, L. (1985). *A theory of phonological weight*. Dordrecht: Foris.
- Itô J. Kitagawa, Y., & Mester A. (1996). Prosodic faithfulness and correspondence, evidence from a Japanese argot. *Journal of East Asian Linguistics* 5, 217-294.
- Iverson, G.K. (1983). On glottal width features. *Lingua* 60, 331-339.
- Iverson, G.K., & Salmons, J.C. (1995). Aspiration and laryngeal representation in Germanic. *Phonology* 12, 369-396.
- Iwata, R., & Hirose, H. (1976). Fiberoptic, acoustic studies of Mandarin stops and affricates. *Annual Bulletin. Research Institute of Logopedics and Phoniatics* 10, 47-60.
- Iwata, R., Sawashima, M., & Hirose, H. (1981). Laryngeal adjustments for syllable-final stops in Cantonese. *Annual Bulletin. Research Institute of Logopedics and Phoniatics* 15, 45-54.
- Iwata, R., Sawashima, M., Hirose, H., & Niimi, S. (1979). Laryngeal adjustments of Fukienese stops. Initial plosives and final plosives. *Annual Bulletin. Research Institute of Logopedics and Phoniatics* 13, 61-81.
- Jaeger, J.J. (1983). The fortis/lenis question: evidence from Zapotec and Jawon. *Journal of Phonetics* 11, 177-189.

- Jakobson, R., Fant, G., & Halle, M. (1952). *Preliminaries to speech analysis: the distinctive features and their correlates*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Jebbour, A. (1995). Mores et poids prosodique en berbère. *Langues Orientales Anciennes: Philologie et Linguistique* 5-6, 167-192.
- Jessen, M. (1998). *Phonetics and phonology of tense and lax obstruents in German*. John Benjamins Publishing Company: Amsterdam/Philadelphia.
- Jessen, M. (2001). Phonetic implementation of the distinctive auditory features [voice] and [tense] in stop consonants. In Hall, T.A. (ed.), *Distinctive Feature Theory*, 237-294. Berlin/New York: Mouton de Gruyter.
- Johnstone, T.M. (1975). The Modern South Arabian languages. *Afroasiatic Linguistics* 1(5), 93-121 / *Monographic Journals of the Near East*, 1-29.
- Jones, D. (1964). *An outline of English phonetics*. 9<sup>th</sup> ed. Cambridge: W. Heffers & Sons Ltd. First edition 1918.
- Jouad, H. (1983). *Les éléments de la versification en berbère marocain tamazight et tachelhit*. Thèse de Doctorat, Université Paris 3-Sorbonne Nouvelle.
- Jouad, H. (1986). Mètres et rythmes de la poésie orale en berbère marocain. *Cahiers de Poétique comparée* 12, 105-127.
- Kagaya, R. (1974). A fiberscopic and acoustic study of Korean stops, affricates and fricatives. *Journal of Phonetics* 2, 161-180.
- Kagaya, R., & Hirose, H. (1975). Fiberoptic, electromyographic and acoustic analysis of Hindi stop consonants. *Annual Bulletin. Research Institute of Logopedics and Phoniatrics* 9, 27-46.
- Kager, R. (1996). Stem disyllabicity in Guugu Yimidhirr. In M. Nespors, & N. Smith (eds.), *Dam Phonology: HIL Phonology Papers II*, 59-101. Den Haag: Holland Institute of Generative Linguistics.
- Keane, E. (2001). *Echo words in Tamil*. Ph.D. Thesis, Merton College, Oxford.
- Keating, P. (1990). Phonetic representations in a generative grammar. *Journal of Phonetics* 18, 321-334.
- Keating, P., Cho, T., Fougeron, C., & Hsu, C-S. (2003). Domain-initial articulatory strengthening in four languages. In J. Local, R. Ogden, & R. Temple (eds.), *Papers in Laboratory Phonology* 6, 145-163. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kenstowicz, M. (1970). On the notation of vowel length in Lithuanian. *Papers in Linguistics* 3, 73-113.

- Kenstowicz, M. (1994). *Phonology in generative grammar*. Oxford: Blackwell.
- Kenstowicz, M., & Kisseberth, C. (1979). *Generative phonology: description and theory*. New York: Academic Press.
- Kenstowicz, M., & Pyle, C. (1973). On the phonological integrity of geminate clusters. In M. Kenstowicz & C. Kisseberth (eds.), *Issues in phonological theory*, 27-43. The Hague : Mouton.
- Kent, R.D., & Read, C. (1992). *The acoustic analysis of speech*. San Diego, CA: Singular.
- Keyser, S.J., & Stevens, K.N. (2006). Enhancement and overlap in the speech chain. *Language* 82(1), 33-63.
- Kim, C.W. (1970). A theory of aspiration. *Phonetica* 21, 107-116.
- Kim, H. (2005). The representation of the three-way laryngeal contrast in Korean consonants. In M. van Oostendorp, & J. van de Weijer (eds.), *The internal organization of phonological segments*, 263-293. Berlin: Mouton de Gruyter.
- Kim, H., Maeda, S., & Honda, K. (2011). The laryngeal characterization of Korean fricatives: Stroboscopic cine-MRI data. *Journal of Phonetics* 39, 626-641.
- Kingston, J. (1990). Articulatory binding. In J. Kingston, & M.E. Beckman (eds.), *Papers in Laboratory Phonology 1*, 406–434. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kingston, J., & Beckman M.E., eds. (1990). *Papers in Laboratory Phonology 1: Between the grammar and the physics of speech*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kiparsky, P. (1979). Metrical structure assignement is cyclic. *Linguistic Inquiry* 10, 421-442.
- Kiparsky, P. (2003). Syllables and moras in Arabic. In C. Féry & R. van de Vijver (eds.), *The syllable in Optimality Theory*, 147-182. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kirchner, R. (2001). *An effort based approach to consonant lenition*. London: Routledge.
- Kiritani, S., Hirose, H., & Sawashima, M. (1980) Simultaneous X-ray microbeam and EMG study of velum movement for Japanese nasal sounds. *Annual Bulletin Research Institute of Logopedics and Phoniatics* 14, 91-100.
- Kisseberth, C. (1970). On the functional unity of phonological rules. *Linguistic Inquiry* 1, 291-306.
- Kjellin, O. (1977). Observations on consonant types and "tone" in Tibetan. *Journal of Phonetics* 5, 317-338.
- Kluender, R.K., Diehl, R.L., & Wright, R. (1988). Vowel-length differences between voiced and voiceless consonants: an auditory explanation. *Journal of phonetics* 16, 153-169.



- Kohler, K. (1984). The phonetic explanation in phonology: The feature fortis/lenis. *Phonetica* 41, 150-174.
- Kraehenmann, A. (2001). Swiss German stops: geminates all over the word. *Phonology* 18, 109-145.
- Kraehenmann, A., & Lahiri, A. (2008). Duration differences in the articulation and acoustics of Swiss German word-initial geminate and singleton stops. *Journal of the Acoustical Society of America* 123(6), 4446-4455.
- Krakow, R.A. (1999). Physiological organization of syllables: a review. *Journal of Phonetics* 27, 23-54.
- Ladd, R., & Scobbie, J.M. (2003). External sandhi as gestural overlap? Counter-evidence from Sardinian. In J. Local, R. Ogden, & R. Temple (eds.), *Papers in Laboratory Phonology* 6, 164-182. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ladefoged, P. (1958). Syllable and stress. *Miscellanea Phonetics* 3, 1-15.
- Ladefoged, P. (1973). The features of the larynx. *Journal of Phonetics* 1, 73-84.
- Ladefoged, P. (1993). *A course in phonetics*. 3<sup>rd</sup> ed. Fort Worth: Harcourt College Publishers.
- Ladefoged, P., & Maddieson, I. (1996). *The sounds of the world's languages*. Oxford: Blackwell Publishers.
- Lahiri, A., & Hankamer, J. (1988). The timing of geminate consonants. *Journal of Phonetics* 16, 327-338.
- Lahrouchi, M. (2010). On the internal structure of Tashlhiyt Berber triconsonantal roots. *Linguistic Inquiry* 41, 255-285.
- Laoust, E. (1918). *Etude sur le dialecte des Ntifa*. Leroux : Paris.
- Leben, W. (1980). A metrical analysis of length. *Linguistic Inquiry* 11, 497-510.
- Lehiste, I. (1964). Acoustic characteristics of selected English consonants. *International Journal of American Linguistics* 30, 1-197.
- Levin, J. (1985). *A metrical theory of syllabicity*. Ph.D. Thesis, MIT.
- Lieberman, A.M., & Mattingly, I.G. (1985). The motor theory of speech perception revised. *Cognition* 21, 1-36.
- Lisker, L. (1958). The Tamil occlusives: short vs. long or voiced vs. voiceless? *Indian Linguistics, Turner Jubilee* I, 294-301.
- Lisker, L., & Abramson, A.S. (1964). A cross-language study of voicing in initial stops: acoustic measurements. *Word* 20, 384-422.

- Lisker, L., & Abramson, A.S. (1971). Distinctive features and laryngeal control. *Language* 47, 767-785.
- Local, J., & Simpson, A. (1999). Phonetic implementation of geminates in Malayalam nouns. *Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 599-612.
- Locke, J.L. (1983). *Phonological acquisition and change*. London: Academic Press.
- Löfqvist, A. (1980). Interarticulator programming in stop production. *Journal of Phonetics* 8, 475-490.
- Löfqvist, A. (1990). Speech as audible gestures. In W.J. Hardcastle & A. Marchal (eds.), *Speech Production and Speech Modelling*, 289-322. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Löfqvist, A., & Pétursson, M. (1978). Swedish and Icelandic stops - A glottographic investigation. In J. Weinstock (ed.), *The Nordic Languages and Modern Linguistics* 3, 454-461. Austin: The University of Texas at Austin Press.
- Löfqvist, A., & Yoshioka, H. (1980). Laryngeal activity in Swedish obstruent clusters. *Journal of the Acoustical Society of America* 68(3), 792-801.
- Löfqvist, A., & Yoshioka, H. (1981). Interarticulator programming in obstruent production. *Phonetica* 38, 21-34.
- Lombardi, L. (1991). *Laryngeal features and laryngeal neutralization*. Ph.D. Thesis, University of Massachusetts, Amherst.
- Lombardi, L. (1995). Laryngeal features and privativity. *The Linguistic Review* 12, 35-59.
- Lonnet, A. (2006). Les langues sudarabiques modernes (sémitique). Les langues Chamito-sémitiques (afro-asiatiques). *Faits de Langue* 27(2), 27-43.
- Lonnet, A., Simeone-Senelle, M.C. (1997). La phonologie des langues sudarabiques modernes. In A. Kaye (ed.), *Phonologies in Asia and Africa*, 337-372. Winona-Lake: Einsenbrauns.
- Louali, N., & Maddieson, I. (1999). Phonological contrast and phonetic realization: the case of Berber stops. *Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 603-606.
- Louali, N., & Puech, G. (1994). Les consonnes « fortes » du berbère: indices perceptuels et corrélats phonétiques. *Actes des 20<sup>e</sup> Journées d'Etudes sur la Parole*, 459-464.
- Louali, N., & Puech, G. (1999). Syllabification in Berber, the case of Tashlhiyt. *Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 747-750.

- Louali, N., & Puech, G. (2000). Etude sur l'implémentation du schwa pour quatre locuteurs berbères de tachelhit. *Actes des 23<sup>e</sup> Journées d'Etudes sur la Parole*, 25-28.
- MacNeilage, P.F. (1998). The Frame/Content theory of evolution of speech production. *Behavioral and brain sciences* 21, 499-546.
- Maddieson, I. (1998). Why make life hard? Resolutions to problems of rare and difficult sound types. *Proceedings of the Annual Meeting of the Berkeley Linguistic Society* 24, 367-380.
- Maddieson, I. (2013). Glottolized consonants. In M.S. Dryer & M. Haspelmath (eds.), *The World Atlas of Language Structures Online*. Leipzig: Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology. (Available online at <http://wals.info/chapter/7>, accessed on 2015-04-18).
- Maddieson, I., Smith, C.L., & Bessell, N. (2001). Aspects of the phonetics of Tlingit. *Anthropological Linguistics* 43 (2), 135-176.
- Malécot, A. (1968). The force of articulation in American stops and fricatives as a function of position. *Phonetica* 18, 95-102.
- Malécot, A. (1970). The lenis-fortis opposition: its physiological parameters. *Journal of the Acoustical Society of America* 47, 1588-1592.
- Malmberg, B. (1963). *Phonetics*. Dover: New York.
- Marin, S. (2013). The temporal organization of complex onsets and codas in Romanian: A gestural approach. *Journal of Phonetics* 41 (3/4), 211-227.
- Marin, S., & Pouplier, M. (2010). Temporal organization of complex onsets and codas in American English: Testing the predictions of a gestural coupling model. *Motor Control* 14(3), 380-407.
- McCarthy, J. (1986). OCP effects: Gemination and antigemination. *Linguistic Inquiry* 17, 207-263.
- McCarthy, J., & Prince, A. (1995). Faithfulness and reduplicative identity. In J. Beckman, L.W. Dickey, & S. Urbanczyk (eds.), *University of Massachusetts Occasional Papers in Linguistics* 18, 249-384. Amherst: GLSA Publications.
- McKay, G. (1980). Medial stop gemination in Rembarrnga: a spectrographic study. *Journal of Phonetics* 8, 343-352.
- Meyer, J. (2008). Acoustic strategy and typology of whistled languages; phonetic comparison and perceptual cues of whistled vowels. *Journal of the International Phonetic Association* 38, 69-94

- Meyer, J. (2015). *Whistled languages. A worldwide inquiry about whistled speech*. Berlin: Springer.
- Mikuteit, S., & Reetz, H. (2007). Caught in the ACT: The Timing of aspiration and voicing in East Bengali. *Language and Speech* 50 (2), 247-277.
- Miller, A. (1987). Phonetic characteristics of Levantine Arabic geminates with differing morpheme and syllable structures. *Ohio State Papers from the Linguistics Laboratory* 36, 120-140.
- Muller, J.S. (2001). *The phonology and phonetics of word-initial geminates*. Ph.D. Thesis, Ohio State University.
- Muller, J. S. (2003). The production and perception of word initial geminates in Cypriot Greek. *Proceedings of the 15<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 1867-1870. Barcelona.
- Munhall, K., & Löfqvist, A. (1992). Gestural aggregation in speech: laryngeal gestures. *Journal of Phonetics* 20, 111-126.
- Nathan, G.S. (2004). Review of Dell & Elmedlaoui (2002). *Journal of the International Phonetic Association* 34, 215-217.
- Ohala, J.J. (1983). The origin of sound patterns in vocal tract constraints. In P. MacNeilage (ed.), *The Production of Speech*, 189-216. New York: Springer.
- Ohala, J.J. (1990). The phonetics and phonology of aspects of assimilation. In J. Kingston and M.E. Beckman (eds.), *Papers in Laboratory Phonology 1*, 258-275. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ohala, J.J. (1992). Alternatives to the sonority hierarchy for explaining the shape of morphemes. *Papers from the Parasession on the Syllable*, 319-38. Chicago Linguistic Society, Chicago.
- Öhman, S.E. (1966). Coarticulation in VCV utterances: Spectrographic measurements. *Journal of the Acoustical Society of America* 39 (1), 151-168.
- Ouakrim, O. (1993). *Fonética y fonología del Bereber*. Ph.D. Thesis, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Ouakrim, O. (1994). Un paramètre acoustique distinguant la gémation de la tension consonantique. *Etudes et Documents Berbères* 11, 197-203.
- Ouakrim, O. (1999). A perceptual study of tenseness: some acoustic cues identifying tense vs. non-tense contrast in Berber. *Proceedings of the 15th International Congress of Phonetic Sciences*, 795-798. Barcelona.

- Pajak, B. (2009). Non-intervocalic geminates: typology, acoustics, perceptibility. In L. Carroll, B. Keffala, & D. Michel (eds.), *San Diego Linguistics Papers 4*, 2-27. San Diego, CA: UC San Diego.
- Payne, E. (2006). Non-durational indices in Italian geminate consonants. *Journal of International Phonetic Association* 36(1), 83-95.
- Pétursson, M. (1976). Aspiration et activité glottale. *Phonetica* 33, 169-98.
- Pétursson, M. (1977). Timing of glottal events in the production of aspiration after [s]. *Journal of Phonetics* 5, 205-212.
- Pickett, E.R., Blumstein, S.E., & Burton, M.W. (1999). Effects of speaking rate on the singleton/geminate consonant contrast in Italian. *Phonetica* 56, 135-157.
- Pierrehumbert, J. (1990). Phonological and phonetic representation. *Journal of Phonetics* 18, 375-394.
- Pierrehumbert, J. (2002). Word-specific phonetics. In C. Gussenhoven & N. Warner (eds.), *Papers in Laboratory Phonology 7*, 101-140. Berlin: Mouton de Gruyter.
- Pierrehumbert, J., Beckman, M.E., & Ladd, R. (2000). Conceptual foundations of phonology as a laboratory science. In N. Burton-Roberts, P. Carr, & G. Docherty (eds.), *Phonological knowledge. Conceptual and empirical issues*, 273-303. Oxford: Oxford University Press.
- Pierrehumbert, J., & Talkin, D. (1992). Lenition of /h/ and glottal stop. In G.J. Doherty, & D.R. Ladd (eds.), *Papers in Laboratory Phonology 2*, 90-117. Cambridge: Cambridge University Press.
- Plénat, M. (1987). On the structure of rime in standard French. *Journal of Linguistics* 25, 867-887.
- Price, P.J. (1980). Sonority and syllabicity: Acoustic correlates of perception. *Phonetica* 37, 327-343.
- Prince, A., & Smolensky, P. (1993/2004). *Optimality Theory: constraint interaction in generative grammar*. Ms, Rutgers University & University of Colorado, Boulder. Published 2004, Malden, Mass., & Oxford: Blackwell.
- Rialland, A. (2005). Phonological and phonetic aspects of whistled languages. *Phonology* 22, 237-271.
- Rialland, A., Ridouane, R., & Kassan, B. (2009). A physiological investigation of voice quality in Kabiye assertions and yes/no questions. *Papier présenté à la 6<sup>th</sup> World Congress of African Linguistics*. Cologne: Germany.

- Ridouane, R. (2003). *Suites de consonnes en berbère : phonétique et phonologie*. Thèse de Doctorat, Université Paris 3-Sorbonne Nouvelle.
- Ridouane, R. (2007). Gemination in Tashlhiyt Berber: An acoustic and articulatory study. *Journal of the International Phonetic Association* 37, 119-142.
- Ridouane, R. (2008). Syllables without vowels: Phonetic and phonological evidence from Tashlhiyt Berber. *Phonology* 25 (2), 321-359.
- Ridouane, R. (2010). Geminates at the junction of phonetics and phonology. In C. Fougeron, B. Kuhnert, M. D'Imperio, & N. Vallée (eds.), *Papers in Laboratory Phonology 10*, 61-90. Berlin: Mouton de Gruyter.
- Ridouane, R., & Fougeron, C. (2006). Organisation syllabique dans des suites de consonnes en berbère : quelles évidences phonétiques? *Actes des 26<sup>e</sup> journées d'études sur la parole*, 371-374. Dinard.
- Ridouane, R., & Fougeron, C. (2011). Schwa elements in Tashlhiyt word-initial clusters. *Journal of Laboratory Phonology* 2 (2), 1-26.
- Ridouane, R., & Hallé, P. (2011). On the perceptual reliability of articulation without acoustics. *Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 1690 - 1693. Hong Kong.
- Ridouane, R., & Hallé, P. (2014). Tashlhiyt syllabification: Perceptual evidence. Présentation affichée au *Laboratory Phonology 14 (LabPhon 14)*. Tokyo, Japan.
- Ridouane, R., & Halle, P. (en préparation). Syllabification in Tashlhiyt: a perception experiment.
- Ridouane, R., Hermes, A., & Hallé, P. (2014). Tashlhiyt's ban of complex syllable onsets: phonetic and perceptual evidence. *STUF - Language Typology and Universals* 67 (1), 7-20.
- Ridouane, R., Meynadier, Y., & Fougeron, C. (2011). La syllabe : objet théorique et réalité physique. *Faits de langue* 37, 225-246.
- Röttger, T., Ridouane, R., & Grice, M. (2012). Sonority and Syllable Weight determine Tonal Association in Tashlhiyt Berber. *Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Conference on Speech Prosody*. Shanghai.
- Röttger, T., Ridouane, R., & Grice, M. (2013). Phonetic alignment and phonological association in Tashlhiyt. *Proceedings of the 21<sup>st</sup> International Congress on Acoustics*. Montréal.
- Rousselot, P. (1909). *Principes de phonétique expérimentale*. Paris : Welter.

- Saib, J. (1976). *A phonological study of Tamazight Berber: Dialect of the Ayt Ndhir*. Ph.D. Thesis, University of California, Los Angeles.
- Saib, J. (1977). The treatment of geminates: evidence from Berber. *Studies in African Linguistics* 8, 299-316.
- Saussure de, F. (1916). *Cours de linguistique générale*. Paris : Payot [éd. 1974].
- Sawashima, M., & Niimi, S. (1974). Laryngeal conditions in articulations of Japanese voiceless consonants. *Annual Bulletin. Research Institute of Logopedics and Phoniatrics* 8, 13-18.
- Selkirk, E. (1982). The syllable. In H. van der Hulst & N. Smith (eds.), *The structure of phonological representations*, vol. 2, 337-383. Dordrecht: Foris.
- Selkirk, E. (1984). *Phonology and syntax: The relation between sound and structure*. Cambridge: MIT Press.
- Serniclaes, W. (1987). *Etude expérimentale de la perception du trait de voisement des occlusives du français*. Thèse de Doctorat, Université Libre de Bruxelles.
- Shaw, J., Gafos, A.I., Hoole, P., & Zeroual, C. (2009). Syllabification in Moroccan Arabic: evidence from patterns of temporal stability in articulation. *Phonology* 26, 187-215.
- Shaw, J., Gafos, A.I., Hoole, P., & Zeroual, C. (2011). Dynamic invariance in the phonetic expression of syllable structure: a case study of Moroccan Arabic consonant clusters. *Phonology* 28, 455-490.
- Schein, B., & Steriade, D. (1982). On geminates. *Linguistic Inquiry* 17, 691-744
- Shosted, R.K., & Rose, S. (2011). Affricating ejective fricatives: The case of Tigrinya. *Journal of the International Phonetic Association* 41 (1), 41-65.
- Sproat R., & Fujimura O. (1993). Allophonic variation in English /l/ and its implications for phonetic implementation. *Journal of Phonetics* 21, 291-311.
- Steriade, D. (1982). *Greek prosodies and the nature of syllabification*. Ph.D. Thesis, MIT.
- Steriade, D. (1994). Complex onsets as single segments: The Mazateco pattern. In J. Cole and C. Kisseberth (eds.), *Perspectives in phonology*, 203-291. Stanford: CSLI Publications.
- Stetson, R.H. (1951). *Motor phonetics: a study of speech movements in action*. Amsterdam: North-Holland Publishing Co. [1<sup>e</sup> éd. 1928]
- Stevens, K.N. (1989). On the quantal nature of speech. *Journal of Phonetics* 17, 3-46.
- Stevens, K.N. (1998). *Acoustic phonetics*. Cambridge: MIT Press.

- Stevens, K.N., & Keyser, S.J. (1989). Primary features and their enhancement in consonants. *Language* 65, 81-106.
- Stevens, K.N. & Keyser, S.J. (2010). Quantal theory, enhancement, and overlap. *Journal of Phonetics* 38 (1), 10-19.
- Swadesh, M. (1937). The phonemic interpretation of long consonants. *Language* 13, 1-10.
- Thurgood, G. (1993). Geminate: a cross-linguistic examination. In J.A. Nevis, G. McMenamin, & G. Thurgood (eds.), *Papers in Honor of Frederick H. Brengelman on the Occasion of the Twenty-fifth Anniversary of the Department of Linguistics*, 129-139. Fresno, CA.
- Toft, Z. (2002). The phonetics and phonology of some syllabic consonants in Southern British English. *ZAS Papers in Linguistics* 28, 111-144.
- Toole, F. E., & Olive, S. (1988). The modification of timbre by resonances: Perception and measurements. *Journal of Audio Engineering Society* 36(3), 122-142.
- Treiman, R., & Danis, C. (1988). Syllabification of intervocalic consonants. *Journal of Memory and Language* 27, 87-104.
- Trubetzkoy, N.S. (1949) *Principes de phonologie*. Paris : Klincksieck.
- Tserdanelis, G., & Arvaniti, A. (2001). The acoustic characteristics of geminate consonants in Cypriot Greek. *Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Conference on Greek Linguistics*, 29-36.
- Tsui, I.Y.H., & Ciocca, V. (2000). Perception of aspiration and place of articulation of Cantonese initial stops by normal and sensorineural hearing-impaired listeners. *International Journal of Language and Communication Disorders* 35 (4), 507-525.
- Tuller, B., & Kelso, J.A. (1990). Phase transitions in speech and their perceptual consequences. In M. Jeannerod (ed.), *Attention and performance VIII*, 429-451. London: Academic Press.
- Tuller, B., & Kelso, J.A. (1991). The production and perception of syllable structure. *Journal of Speech and Hearing Research* 34(3), 501-508.
- Vaissière, J. (1988). Prediction of velum movement from phonological specifications. *Phonetica* 45 (2-4), 122-139.
- Vaux, B. (1998). The laryngeal specifications of fricatives. *Linguistic Inquiry* 29, 497-511.
- Vaux, B., & Samuels, B. (2005). Laryngeal markedness and aspiration. *Phonology* 22, 395-436.



- Watson, J. (2012). *The structure of Mehri*. Wiesbaden: Harrassowitz.
- Watson, J., & Bellem, A. (2010). A detective story: Emphatics in Mehri. *Proceedings of the Seminar for Arabian Studies* 40, 345-356.
- Yadav, R. (1984). Voicing and aspiration in Maithili: A fiberoptic and acoustic study. *Indian Linguistics* 45 (1-4), 1-30.
- Yeou, M., Honda, K., & Maeda, S. (2008). Laryngeal adjustments in the production of consonant clusters and geminates in Moroccan Arabic. *Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Seminar on Speech Production*, 249-252. Strasbourg.
- Yoshioka, H., Löfqvist, A., & Hirose H. (1980). Laryngeal adjustments in Japanese voiceless sound production. *Haskins Laboratories: Status Report on Speech Research* SR-63/64, 293-308.
- Yoshioka, H., Löfqvist, A., & Hirose, H. (1981). Laryngeal adjustments in the production of consonant clusters and geminates in American English. *Journal of the Acoustical Society of America* 70(6), 1615-1623.
- Zec, D. (1995). Sonority constraints on syllable structure. *Phonology* 12, 85-129.
- Zee, E. (1980). The effect of aspiration of the F0 of the following vowel in Cantonese. *UCLA Working Papers in Phonetics* 49, 90-97.
- Zeroual, C. (2000). *Propos controversés sur la phonétique et la phonologie de l'arabe marocain*. Thèse de Doctorat, Université Paris 8.
- Zeroual, C. (2006). Etude par transillumination des occlusives simples et géminées de l'arabe marocain. *Actes des 26<sup>e</sup> Journées d'Etudes sur la Parole*, 465-469.

**CURRICULUM VITAE**

NOM, Prénom : RIDOUANE, Rachid  
Né le : 4 mai 1971 à Agadir, Maroc  
Téléphone : 33-1-43-26-57-17  
Fax : 33-1-43-29-70-13  
Email : [rachid.ridouane@univ-paris3.fr](mailto:rachid.ridouane@univ-paris3.fr)  
Site web : <http://lpp.in2p3.fr/article.php3?idarticle=321>

**Diplômes**

- 2003 Doctorat de Phonétique : « *Suite de Consonnes en Berbère : Phonétique et Phonologie* », sous la direction de Mme Annie Rialland, Université Sorbonne Nouvelle-Paris 3.
- 1999 DEA de Phonétique : « *La Spirantisation en Berbère Chleuh* », sous la direction de M. François Dell, Université Sorbonne Nouvelle-Paris 3.
- 1997 DEA de Sciences du Langage : « *Elision in English Received Pronunciation* », sous la direction de M. Michel Viel, Université Sorbonne-Paris 4.
- 1994 Licence de Sciences du Langage, Département de Langue et Littérature Anglaises, Université Ibnou Zohr-Agadir.

**Parcours Académique**

- 2007 – Chargé de Recherche, 1<sup>e</sup> classe au Laboratoire de Phonétique et Phonologie (UMR7018, CNRS / Sorbonne Nouvelle-Paris 3).
- 2007 – Chargé de Cours, Université Sorbonne Nouvelle-Paris 3.
- 2006–2007 Post Doctorant au Laboratoire de Phonétique et Phonologie (CNRS/Sorbonne Nouvelle). Septembre 2006-Août 2007.
- 2006 Post Doctorant à l'Ecole Nationale Supérieure de Télécommunications (Paris). Avril 2006-Août 2006.
- 2004–2006 Chargé de Cours au département du berbère à l'Institut National des Langues et Cultures Orientales (Inalco).
- 2000–2004 ATER puis Chargé de Cours au Département de Linguistique à l'Université Paris 8-Vincennes-Saint-Denis.

**Financements & Distinctions**

- 2013–2016 ANR-13-BLAN-SHS2  
*Les langues sudarabiques modernes en Oman (OmanSaM)*  
Rôle: Responsable pour LPP (Coordinatrice : Sabrina Bendjaballah, LLF, Université Paris7-Diderot/CNRS)
- 2013–2015 Volkswagenstiftung (2013-2015)

- Tonal Placement – the Interaction of Qualitative and Quantitative Factors (TOPIIQ)*  
 Rôle: Responsable pour LPP (Coordinatrices : Martine Grice et Anne Hermes, Université de Cologne)
- 2011–2014 ANR-10-BLAN-1916  
*Asymétries phonétique et phonologique de la syllabe (Appsy)*  
 Rôle : Responsable pour LPP (Coordinatrice: Nathalie Vallée, Gipsa-Lab, Université de Grenoble/CNRS)
- 2009–2012 ANR-08-JCJC-0127  
*Vowel-less syllables at the interface of phonology, phonetics, and psycholinguistics (SLBL)*  
 Rôle : Coordinateur
- 2005–2008 ACI PROSODIE (Ministère Délégué de la Recherche, France).  
*Phonetic bases of Distinctive features: Quantal Theory*  
 Rôle : Co-coordonateur avec Nick Clements (pour la période 2007-2008)
- 2004–2008 P2R, Allemagne - Ministère des Affaires Étrangères – CNRS  
*Facteurs physiques et de contrôle moteur dans les propriétés acoustiques et articulatoires de la parole : données physiologiques, expérimentations physiques, simulations et interprétation phonétique (POPAART)*  
 Rôle : Consultant
- 2005 Premier prix pour la thèse " *Suite de Consonnes en Berbère : Phonétique et Phonologie*". Prix décerné par l'Association Francophone de la Communication Parlée (AFCP) – Edition 2004.
- 2005 Bourse Clemens Heller en Sciences Humaines et Sociales. Programme mis en place par la Maison des Sciences de l'Homme (Paris), en partenariat avec la Fondation Fritz Thyssen (Cologne).

## Activités d'Encadrement

### Encadrement de post-doctorants

- Jamison Cooper-Leavitt (2014–2015). « *Amazighe intonation* » dans le cadre du projet ToPIQQ.
- Giuseppina Turco (2015–2017). « *Gemination Harmony* » – Bourse Marie Sklodowska-Curie Actions (IF). Co-encadrée avec Cécile Fougeron.

### Encadrement de thèses

- Fayssal Bouarourou (soutenue en 2014). « *La gémination en tarifit : considérations phonologiques, études acoustique et articulatoire* », Université de Strasbourg. Co-direction avec Rudolph Sock (Université de Strasbourg).
- Emre Bayraktar (depuis 2014). « *La phonétique et la phonologie des éjectives : étude comparative* », Université Sorbonne Nouvelle-Paris3. Co-direction avec Cécile Fougeron (LPP).
- Nora Fangel-Gustavson (depuis 2013). « *La gémination en Saami de Lule : un contraste à trois niveaux* », Université Sorbonne Nouvelle-Paris3. Co-direction avec Jacqueline Vaissière (LPP).
- Zeineb Ammar (depuis 2012). « *Rôle de la correction phonétique en cas de problème d'interférence dans l'apprentissage du français chez des enfants tunisiens* », Université Sorbonne Nouvelle-Paris3. Co-direction avec Cécile Fougeron (LPP).

### Membre de Comités de Thèses

- Timo Röttger (depuis 2013). « *Tonal placement in Tashlhiyt Berber* ». Université de Cologne.
- Abuoudeh Mohammad (depuis 2011). « *L'impact de la durée des voyelles sur les transitions formantiques* ». Université de Nantes.
- Georgia Zellou (2009 – 2012). « *Similarity and Enhancement: Nasality from Moroccan Arabic Pharyngeals and Nasals* ». Université du Colorado.

### Membre de Jury de Thèses

- Fayssal Bouarourou (2014). « *La gémination en tarifit : considérations phonologiques, études acoustique et articulatoire* », Université de Strasbourg. Soutenance le 08 décembre.
- Rajesh Khatiwada (2014). « *Questions de phonologie et phonétique en népalais : la rétroflexion et la double corrélation de voisement et d'aspiration* », Université Sorbonne Nouvelle-Paris3. Soutenance le 30 janvier.
- Georgia Zellou (2012). « *Similarity and Enhancement: Nasality from Moroccan Arabic Pharyngeals and Nasals* ». Université du Colorado. Soutenance le 05 avril.
- Aboufarah Kadija (2010). « *La syllabe en berbère tachelhit : que peut apporter la théorie CVCV ?* », Université Paris 8-Vincennes-Saint-Denis. Soutenance le 2 décembre.

### Encadrement de Master 2

- Shao Bowei (depuis 2015) « *Nasalité et nasalisation vocalique : données acoustiques et aérodynamiques* ». LPP (CNRS/Sorbonne Nouvelle).
- Camille Corcia (septembre 2014) « *Le français magyarisé : L'adaptation des mots d'emprunts d'origine française dans la langue hongroise* ». LPP (CNRS/Sorbonne Nouvelle). Co-direction avec Pierre Hallé.
- Nora Emilie Fangel-Gustavson (juin 2013). « *Consonant quantity in Lule Sami: a three-way system* » LPP (CNRS/Sorbonne Nouvelle).
- Fahima Maha (juin 2013) « *La pharyngalisation en berbère kabyle* ». LPP (CNRS/Sorbonne Nouvelle).
- Zeineb Ammar (2012) « *L'arabe standard lu par des locuteurs tunisiens et des locuteurs marocains : Production des voyelles et des fricatives interdentes* ». LPP (CNRS/Sorbonne Nouvelle). Co-direction avec Cécile Fougeron.
- Emre Bayraktar (2012) « *Caractéristiques acoustiques des occlusives non-éjectives et éjectives à l'initiale de mot du maya yucatèque* ». LPP (CNRS/Sorbonne Nouvelle).
- Xiaohui Zheng (2008) « *Parole normale et chuchotée en mandarin : réalisation des tons et des occlusives* ». LPP (CNRS/Sorbonne Nouvelle). Co-direction avec Annie Rialland.

### **Administration et Animation de la Recherche**

- Membre élu du Comité National du CNRS-Section 34 (2012-2016).
- Membre élu du Conseil d'Administration de l'ILPGA (Institut de Linguistique et de Phonétique Générale et Appliquée) (2014-2015).
- Membre du Labex *Empirical Foundations of Linguistics* (Dir. C. Puech, Université Sorbonne Nouvelle- Paris). Co-responsable (avec A. Rialland) de deux opérations de l'axe 1 :

- PPC1 « *The overall syllable complexity* »
- PPC 9 « *Distinctive features in the brain, in the mouth, and in the ear* »
- Membre du comité de recrutement pour les postes :
  - 07 MCF 0621 « *Linguistique théorique et diversité des langues* » Université Paris 3-Sorbonne Nouvelle (2014).
  - 07 MCF 0967 « *Phonétique et linguistique générales* » Université de Nantes (2012).
  - 108 MCF 7 « *Phonétique et analyse de l'oral* » Université Montpellier 3 (2010).
  - 0425 MCF15 « *Grammaire et linguistique arabes* » Université Lille 3 (2009).
- Membre des comités AERES pour l'évaluation de :
  - ICAR (UMR 5191, CNRS/Univ. Lyon 2 & ENS) en 2015.
  - Praxiling (CNRS-Montpellier 3) en 2010.
- Mission d'expertise pour le compte du Ministère des Affaires Étrangères auprès de l'École Doctorale des Lettres et des Sciences Humaines et Sociales de l'Université Libanaise. Séjour géré par EGIDE du 12 au 17 mai 2011.
- Advisory Editor pour *Oxford Studies in Phonology and Phonetics*
- Relectures d'articles/Actes de colloques :
  - Revues (*Journal of the Acoustical Society of America, Journal of the International Phonetic Association, Journal of Phonetics, Journal of Laboratory Phonology, Language and Speech, Lingua, Phonology, Revue Canadienne de Linguistique*)
  - Actes de colloques depuis 2004 (*Interspeech, International Congress on Phonetic Sciences, Labphon, International Seminar on Speech Production, Journées d'Etude sur la Parole, etc.*)
- Organisateur principal de la conférence internationale « *Where do features come from? Phonological primitives in the brain, the mouth, and the ear* ». 4-6 octobre 2007, Paris.
- Co-responsable (avec C. Fougeron) du séminaire « *Recherches en Phonétique et Phonologie* », pour master et doctorant de la formation en Sciences du Langage à l'Université Paris 3/Sorbonne Nouvelle.
- Membre du comité scientifique et du comité d'organisation de :
  - Réseau Français de Phonologie (RFP 2012), Paris, 25 au 27 juin 2012.
  - Dialectes décisifs, langues prototypiques, Paris, 29 février au 2 mars 2012.
- Rattachement à des associations professionnelles :
  - Depuis 2011, membre de l'Association for Laboratory Phonology
  - Depuis 2005, membre de l'Association Francophone de la Communication Parlée (AFCP)

## Activités d'Enseignement

- Depuis 2006
  - *Séminaires de Recherches en Phonétique et Phonologie* (env. 40h par an). Ce séminaire est codirigé avec C. Fougeron.
- Depuis 2007
  - *Éléments de Phonologie*. CM, pour environ 20-30 étudiants, Masters 2. Ce cours est partagé avec A. Rialland (dirigé seul depuis 2014-2015).

- *Ouverture à la phonétique et la phonologie, cours de synthèse (L7S03).* CM et TD, pour environ 30 étudiants, Master 2. Ce cours est partagé avec C. Fougeron, P. Hallé, et A. Rialland.
- De 2007 à 2014
  - *Phonétique-Phonologie (L3F11).* 18 h CM par an, pour environ 110 étudiants, L3.
- 2009 et 2011
  - Professeur invité à l'université de Kara (Togo). Séjour d'un mois (2009) et de 15 jours (2011).
    - *Introduction à la phonétique acoustique* pour DEUG 2 et Licence (25h, pour environ 60 étudiants),
    - *Introduction à la phonétique articulatoire* pour DEUG2 (25h, pour environ 40 étudiants)
    - *Nouvelles tendances en phonologie : La phonologie de laboratoire* (20h, pour environ 20 étudiants).
- De 2004 à 2006
  - Chargé de Cours à l'Institut National des Langues et Cultures Orientales
    - *Introduction au berbère tachlhit.* 18h, pour environ 20 étudiants, Master 2.
- De 2000 à 2004
  - ATER puis Chargé de Cours à l'université Paris 8-Vincennes-Saint-Denis
    - *Phonologie 3.* 18 h CM par an, pour environ 30 étudiants, Licence. Chargé de Cours 2003-04.
    - *Phonologie 2.* 18 h CM par an, pour environ 40 étudiants, DEUG2. Chargé de Cours 2002-03.
    - *Phonologie 1.* 18 h CM par an, pour environ 60 étudiants, DEUG1. ATER 2001-2002.
    - *Phonologie 1.* 18 h CM par an, pour environ 60 étudiants, DEUG1. ATER 2000-2001.
- De 1999 à 2000.
  - Vacataire d'anglais.
    - Lycée La folie Saint James à Neuilly, France. 200h pour Secondes, Premières et Terminales.
    - Lycée Agora à Puteaux, France, 200h pour Secondes, Premières et Terminales.



## LISTE DES PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

### **DO :** Directions d'ouvrages

- Rialland, A., Ridouane, R., & van der Hulst, H. (2015). *Features in phonology and phonetics. Unpublished work from George N. Clements and his colleagues*. Berlin: Mouton de Gruyter.
- Clements, G.N., & Ridouane, R. (2011). *Where do phonological features come from? Cognitive, physical and developmental bases of distinctive speech categories*. Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.

### **ACL :** Articles dans des revues internationales ou nationales avec comité de lecture

- Lahrouchi, M., & Ridouane, R. (soumis). On diminutives and plurals in Moroccan Arabic. *Morphology*.
- Hallé, P., Ridouane, R., & Best, C. (en révision). French perception of Tashlhiyt Berber geminates: duration-based versus beat-based timing. *Frontiers Psychology*.
- Grice, M., Ridouane, R., & Röttger, T. (accepté). Tonal association in Tashlhiyt Berber: Evidence from polar questions and contrastive statements. *Phonology*.
- Ridouane, R. (2014). Tashlhiyt Berber. *Journal of the International Phonetic Association* 44, 207-221.
- Ridouane, R., Hermes, A., & Hallé, P. (2014). Tashlhiyt's ban of complex syllable onsets: phonetic and perceptual evidence. *STUF – Language Typology and Universals* 67 (1), 7-20.
- Ridouane, R., & Fougeron, C. (2011). Schwa elements in Tashlhiyt word-initial clusters. *Journal of Laboratory Phonology* 2, 1-26.
- Ridouane, R., Meynadier, Y., & Fougeron, C. (2011). La syllabe : objet théorique et réalité physique. *Faits de langue* 37, 225-246.
- Ridouane, R. (2010). Geminates at the junction of phonetics and phonology. In C. Fougeron, B. Kuhnert, M. D'Imperio, & N. Vallée (eds.), *Papers in Laboratory Phonology* 10, 61-90. Berlin: Mouton de Gruyter.
- Ridouane, R. (2008). Syllables without vowels: Phonetic and phonological evidence from Tashlhiyt Berber. *Phonology* 25, 1-39.
- Ridouane, R. (2007). Gemination in Tashlhiyt Berber: An acoustic and articulatory study. *Journal of the International Phonetic Association* 37, 119-142.

### **ACLN :** Articles dans des revues non répertoriées dans des bases de données internationales

- Lahrouchi, M., & Ridouane, R. (sous presse). On the structure of sound and broken plurals in Moroccan Arabic. *Al-Hussein Bin Talal Journal of Research* 2, Ma'an, Jordan
- Fougeron, C., & Ridouane, R. (2008). On the phonetic implementation of syllabic consonants and vowel-less syllables in Tashlhiyt. *Estudios de Fonética Experimental* 17, 139-175.



- Ridouane, R. (2008). Sur l'inaltérabilité des géminées. *Etudes et Documents Berbères* 27, 127-149.
- Ridouane, R. (2008). Les activités du larynx en berbère. *Langues et linguistique* 17, 1-28.
- Ridouane, R. (2002). Words without vowels: Phonetic and phonological evidence from Tashlhiyt Berber. *ZAS Papers in Linguistics* 28, 93 - 110.

#### **OS :** Chapitres d'ouvrages

- Ridouane, R., & Hallé, P. (soumis, article invité). Word-initial geminates: from production to perception. In H. Kubozono (ed.), *Phonetics and Phonology of Geminate Consonants*. Oxford Studies in Phonology and Phonetics - Oxford University Press.
- Rialland, A., Ridouane, R., & van der Hulst, H. (2015). Features in phonology and phonetics. The contributions of George N. Clements. In A. Rialland, R. Ridouane, & H. van der Hulst (eds.), *Features in phonology and phonetics. Unpublished work from George N. Clements and his colleagues*, 3-16. Berlin: Mouton de Gruyter.
- Ridouane, R., Clements, G.N., & Khatiwada, R. (2011). Language-independent bases of distinctive features. In J. Goldsmith, E. Hume, & L. Wetzels (eds.), *Tones and Features*, 260-287. Berlin: Mouton de Gruyter.
- Ridouane, R., & Clements, G.N. (2011). Editors' overview. In N. Clements & R. Ridouane (eds.), *Where do phonological features come from? Cognitive, physical and developmental bases of distinctive speech categories*, 3-15. Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.
- Ridouane, R. (2009). Questions de phonologie berbère à la lumière de la phonétique expérimentale. In S. Chaker, A. Mettouchi & G. Philippson (eds.), *Etudes de phonétique et de linguistique berbères. Hommage à Naïma Louali*, 43-68. Paris : Peeters.
- Ridouane, R., Fuchs, S., & Hoole, P. (2006). Laryngeal adjustments in the production of voiceless obstruent clusters in Berber. In J. Harrington & M. Tabain (eds.), *Speech Production: Models, Phonetic Processes, and Techniques*, 249-267. Sydney: Psychology Press, Macquarie University.

#### **C-INV :** Conférences données à l'invitation du comité d'organisation dans un colloque ou conférence internationale

- Ridouane, R. (2015). "The phonetics and phonology of word-initial geminates". *18<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences (ICPHS 2015). Satellite Workshop on 'Geminate Consonants across the World'*. Glasgow, 14 août.
- Ridouane, R. (2013). 'Phonetic bases of phonological features'. *CUNY Conference on the Feature in Phonetics and Phonology*. New York, 16-18 janvier.
- Ridouane, R. (2012). 'Tashlhiyt syllable structure: something of a cause célèbre in phonology'. *Colloque international Dialectes décisifs, langues prototypiques*. Paris, 29 février-2 mars.
- Ridouane, R. (2011). 'The phonetics and phonology of geminate consonants'. *NINJAL International Conference on Phonetics and Phonology (ICPP 2011)*. Kyoto, 10-14 décembre.
- Ridouane, R. (2011). 'Phonologie et techniques d'analyses expérimentales : Perspectives de recherches sur le parler blanc libanais'. *Conférence Internationale sur le Parler Blanc Libanais*. Université Libanaise-Beyrouth, 14 mai.

- Ridouane, R. (2010). 'Phonological units underlying speech production: Acoustic or articulatory goals?' *International Summerschool "Cognitive and Physical Models of Speech Production, Speech Perception and Production-Perception Interaction". Part III: Planning and Dynamics*. Berlin, 27 septembre – 1 octobre.
- Ridouane, R. (2009). 'Pharyngealization and pharyngeals in Tashlhiyt Berber: A descriptive and comparative study'. *International Workshop on Pharyngeals and Pharyngealisation*. New Castle, 26-27 mars.
- Ridouane, R. (2009). 'On the phonetic implementation of distinctive features: [spread glottis] as a case study'. *Tones and Features: A Symposium in Honor of G. Nick Clements*. Chicago University in Paris. Paris, 18-19 juin.
- Clements, G.N., & Ridouane, R. (2008). 'Language-independent phonetic definitions of distinctive features'. *Speech Communication: A Quantal Transition – Ken Stevens in "Retirement"*. 156th Meeting of the Acoustical Society of America, Miami, 12 novembre.
- Clements, G.N., & Ridouane, R. (2006). 'Quantal phonetics and distinctive features'. *ISCA Tutorial and research Workshop on Experimental Linguistics*. University of Athens, 28 août.

#### **ACTI : Actes de Conférences Internationales**

- Meyer, J., Gautheron, B., & Ridouane, R. (à paraître). Whistled Moroccan Tamazight: phonetics and phonology. *Proceedings of the 18<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*. Glasgow.
- Ridouane, R., Gendrot, C., & Khatiwada, R. (à paraître). Mehri ejective fricatives: an acoustic study. *Proceedings of the 18<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*. Glasgow.
- Röttger, T., Ridouane, R., & Grice, M. (2014). Perception of peak placement in Tashlhiyt Berber. *Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Conference on Speech Prosody*, 408-411. Dublin.
- Fangel-Gustavson, N., Ridouane, R., & Morén-Duolljá, B. (2014). Quantity contrast in Lule Saami: A three-way system. *Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Seminar on Speech production*, 106-109. Cologne.
- Fangel-Gustavson, N., & Ridouane, R. (2014). Le contraste quantitatif en saami de Lule : Un système à trois niveaux. *Actes des 28<sup>e</sup> Journées d'Etudes sur la Parole*, 612-620. Le Mons.
- Bouarourou, F., Vaxelaire, B., Laprie, Y., Ridouane, R., Bechet, M., & Sock, R. (2014). Plosive and fricative geminates in Tarifit: An articulatory and acoustic study. *Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Seminar on Speech production*. Cologne.
- Ammar, Z., Fougeron, C., & Ridouane, R. (2014). A la recherche des traces dialectales dans l'arabe standard. Cas de la production des voyelles et des fricatives interdentes par des locuteurs tunisiens et marocains. *Actes des 28<sup>e</sup> Journées d'Etudes sur la Parole*, 684-693. Le Mons.
- Röttger, T., Ridouane, R., & Grice, M. (2013). Phonetic alignment and phonological association in Tashlhiyt. *Proceedings of the 21<sup>st</sup> International Congress on Acoustics*, 1-7. Montréal.
- Ridouane, R., Audibert, N., & Nguyen, V.M (2012). Les ajustements laryngaux en français. *Actes des 27<sup>e</sup> Journées d'Etudes sur la Parole*, 249-256. Grenoble.
- Röttger, T. Ridouane, R., & Grice, M. (2012). Sonority and syllable weight determine tonal association in Tashlhiyt Berber. *Proceedings of the 6<sup>th</sup>*

*International Conference on Speech Prosody*, 458-461. Shanghai.

- Grice M., Röttger, T.B., Ridouane, R., & Fougeron, C. (2011). The association of tones in Tashlhiyt Berber. *Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Conference on Phonetic Sciences*, 775 – 778. Hong Kong.
- Bouarourou F., Vaxelaire B., Ridouane R., Hirsch F., Fauth, C., & Sock R. (2011). Gemination in Tarifit Berber: Doing one or two things at once? *Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 344-347. Hong Kong.
- Hallé, P., & Ridouane, R. (2011). French listeners deafness to Tashlhiyt Berber /bi/-/bbi/. *Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 811-814. Hong Kong.
- Hermes, A., Ridouane, R., Mücke, D., & Grice, M. (2011). Gestural coordination in Tashlhiyt syllables. *Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 859-862. Hong Kong.
- Hermes, A., Ridouane, R., Mücke, D., & Grice, M. (2011). Kinematics of syllable structure in Tashlhiyt Berber: The case of vocalic and consonantal nuclei. *Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Seminar on Speech production*, 401-408. Montréal.
- Ridouane, R., & Hallé, P. (2011). On the perceptual reliability of articulation without acoustics. *Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 1690-1693. Hong Kong.
- Zeroual, C., Esling, H., Hoole, P., & Ridouane, R. (2011). Ultrasound study of Moroccan Arabic labiovelarization. *Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 2272-2275. Hong Kong.
- Bouarourou F., Vaxelaire B., Ridouane R., Hirsch F., & Sock R. (2010). La résistivité de la gémation en tarifit. *Actes des 28<sup>e</sup> Journées d'Étude sur la Parole*, 341-345. Mons.
- Fougeron, C., & Ridouane, R. (2008). On the nature of schwa-like vocalic elements within some Berber clusters. *Proceedings of 8<sup>th</sup> International Seminar on Speech Production*, 441-444. Strasbourg.
- Ridouane, R., & Clements, G.N. (2008). Bases phonétiques du trait [glotte ouverte] : données berbères *Actes des 25<sup>e</sup> Journées d'Etudes sur la Parole*, 125-129. Avignon.
- Ridouane, R., & Hallé, P. (2008). Word-initial voiceless geminate stops: production and perception. *Journal of the Acoustical Society of America* 123 (5), 3078-3078. [abstract].
- Ridouane, R., Hoole, P., & Fuchs, S. (2007). Laryngeal adjustments in the production of voiceless words and sentences in Berber. *Proceedings of the 16<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 2049-2052. Saarbrücken.
- Ridouane, R., Hoole, P., & Fuchs, S. (2007). Voiceless schwa vs. nothing: photoelectroglottographic data. *Schwa(s)*, *Actes des 5<sup>e</sup> Journées d'Etudes Linguistiques*, 159-164. Nantes.
- Clements, G.N., & Ridouane, R. (2006a). Quantal phonetics and distinctive features: a Review. In A. Botinis, (ed.), *Proceedings of the ISCA Tutorial and Research Workshop on Experimental Linguistics*, 17-24. Athens: University of Athens.
- Clements, G.N., & Ridouane, R. (2006b). Distinctive feature enhancement: a review. In A. Botinis, (ed.), *Proceedings of the ISCA Tutorial and Research Workshop on Experimental Linguistics*, 97-100. Athens: University of Athens.

- Ridouane, R., & Fougeron, C. (2006). L'organisation syllabique : quelle évidence phonétique ? *Actes des 25<sup>e</sup> Journées d'Etudes sur la Parole*, 125-129. Dinard.
- Ridouane, R. (2006). Analyse fibroscopique des consonnes sourdes en berbère. *Actes des 25<sup>e</sup> Journées d'Etudes sur la Parole*, 234-238. Dinard.
- Ridouane, R. (2004). Les mots sourds en berbère chleuh : analyses fibroscopiques et photoglottographiques. *Actes des 24<sup>e</sup> Journées d'Etudes sur la Parole*, 425-428. Fès (Maroc).
- Ridouane, R., Fuchs, S., & Hoole, P. (2003). Laryngeal adjustments in the production of voiceless obstruent clusters in Berber. In S. Palethorpe & M. Tabain (eds). *Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Seminar on Speech Production*, 1-6. Sydney.
- Ridouane, R. (2003). Geminate vs. singleton stops in Berber: An acoustic, fiberscopic and photoglottographic study. *Proceedings of the 15<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 1743-1746. Barcelone.
- Ridouane, R. (2002). Le statut de schwa en berbère chleuh. *Actes des 24<sup>e</sup> Journées d'Etudes sur la Parole*, 29-32. Nancy.

**COM :** Communications orales sans actes dans un congrès international ou national

- Meyer, J., & Ridouane, R. (à venir). Whistled Moroccan Tamazight at the interface between phonetics and phonology. *Approaches to Phonology and Phonetics (Apap 2015)*, Lublin.
- Fangel-Gustavson, N. Ridouane, R., & Morén-Duolljá, B. (2014). Quantity Contrast in Lule Saami: A Three-Way System. *Laboratory Phonology 14 (LabPhon 14)*. Tokyo.
- Röttger, T., Ridouane, R., & Grice, M. (2014). Intrusive vowels in Tashlhiyt Berber – Driven by the tune? *Manchester Phonology Meeting*.
- Zeroual, C., Esling, H., Hoole, P., & Ridouane, R. (2013). Contribution to the study of pharyngeal, epiglottal and laryngeal consonants. *19<sup>e</sup> International Congress of Linguistics*, Genève.
- Ridouane, R., P. Hallé & A. Hermes (2013). Absence des attaques complexes en tachlhit : arguments phonétiques et psycholinguistique. *Réseau Français de Phonologie 2013*, Nantes.
- Ridouane, R. (2013). The phonetics and phonology of geminate consonants. *A Festschrift in Honor of Doctor Jilali SAIB*, Rabat
- Ridouane, R., & Fougeron, C. (2011). Tashlhiyt vs. the world: the case of syllables without vowels. *Old World Conference in Phonology 8 (OCP8)*, Marrakech.
- Ridouane, R., & Hallé, P. (2010). Acoustics without articulation: A case study of Tashlhiyt schwa-like elements. *Laboratory Phonology (LabPhon 12)*, Nouveau Mexique.
- Ridouane, R., & Fougeron, C. (2010) Acoustics without articulation: A case study of Tashlhiyt schwa-like elements. *Laboratory Phonology (LabPhon 12)*, Nouveau Mexique.
- Rialland, A., Ridouane, R., & Kassan, C. (2009). A physiological investigation of voice quality in Kabiye assertions and yes/no questions. *6<sup>th</sup> World Congress of African Linguistics*, Cologne.
- Ridouane, R., & Fougeron, C. (2008). Schwas within Berber consonantal clusters: between reality and illusion. *Workshop 'Consonant Clusters and Structural Complexity'*, Munich.

- Ridouane, R., Hoole, P., & Fuchs, S. (2007). Laryngeal adjustments during the production of voiceless words and sentences. *Premières Journées des Sciences de la Parole*, Charleroi.
- Fougeron C., & Ridouane R. (2005). Looking for phonetic cues to obstruent syllabic consonants in Berber. *2<sup>nd</sup> conference on Phonetic and Phonology in Iberia*, Barcelone.
- Ridouane R., & Fougeron, C. (2005). Les corrélats articulatoires des consonnes syllabiques en berbère. *7<sup>e</sup> Rencontres Internationales du Réseau Français du Phonologie*, Aix-en-Provence.
- Ridouane, R. (2004). Supralaryngeal and laryngeal gestures during the production of consonants and consonant clusters. *German-French Summerschool on Cognitive and physical models of speech production, perception and perception-production interaction*, Lubmin.
- Ridouane, R. (2003). Laryngeal control in Berber obstruents: A fibroscopic, acoustic and photoglottographic study. *4<sup>th</sup> Congress of African Linguistics*, New Jersey.

**AFF :** Communications par affiche dans un congrès international ou national

- Ridouane, R., & Hallé, P., (2014). Tashlhiyt syllabification: Perceptual evidence. *Laboratory Phonology 14*, Tokyo.
- Röttger, T., Ridouane, R., & Grice, M. (2014). Schwa in Tashlhiyt Berber in voiceless environments. *Laboratory Phonology (LabPhon 14)*, Tokyo.
- Bouarourou, F., Vaxelaire, B., Ridouane, R., Hirsch, F., Fauth, C., & Sock, R. (2011). Gemination in Tarifit Berber: Doing one or two things at once? *11<sup>th</sup> International Seminar on Speech Production*, Montréal.
- Ridouane, R., & Hallé, P. (2010). On the perceptual relevance of articulation without acoustics: A case study of Berber word-initial geminate voiceless stops. *Laboratory Phonology 12 (LabPhon 12)*, Nouveau Mexique.
- Ridouane, R., & Fougeron, C. (2007) "Excrescent-, epenthetic- vs. phonemic-schwas: acoustic correlates of three different cognitive realities". *Ecole d'été "Cognitive and physical models of speech production, perception and perception-production interaction. Part II\* : Brain and Speech"*, Autrans.

**AP :** Autres – Communications invitées dans des séminaires en France et à l'étranger

- Ridouane, R. (2014). 'Mehri ejective fricatives: acoustic and articulatory data'. *2<sup>e</sup> Journées d'études sur les langues sudarabiques modernes*. Université Paris7-Diderot, Paris – 8 septembre.
- Ridouane, R. (2014). 'Syllabification of Tashlhiyt consonant clusters: Articulatory and perceptual evidence'. *Linguistics Seminar Series – UCL*, London – 12 mars.
- Ridouane, R. (2013). 'Les éjectives du mehri : aperçus préliminaires et perspectives'. *1<sup>e</sup> Journée d'études sur les langues sudarabiques modernes*. Université Paris7-Diderot, Paris – 9 octobre.
- Ridouane, R. (2011). Gemimates at the interface between phonology and phonetics: Berber as a case study. *Sophia Univesity*, Tokyo – 16 décembre.
- Ridouane, R. (2010). 'Phonological units underlying speech production: Acoustic or articulatory goals?' *Département des Sciences du Langage, Université de Nantes*, Nantes – 4 avril.
- Ridouane, R. (2010). 'Language-independent bases of distinctive features'. *Séminaires de Recherches en Phonétique et Phonologie, LPP (CNRS-Sorbonne*

Nouvelle), Paris – 16 avril (en collaboration avec Nick Clements & Rajesh Khatiwada).

- Ridouane, R., & Fougeron, C. (2009). 'La syllabe en berbère tachelhit : phonétique et phonologie'. *Réunions scientifiques du laboratoire GIPSA-LAB*, Grenoble – 22 janvier.
- Ridouane, R., & Fougeron, C. (2009). 'Schwa entre réalité et illusion'. *Séminaire de Recherches en phonétique et phonologie, LPP* (CNRS/Sorbonne-Nouvelle), Paris – 16 janvier.
- Ridouane, R. (2008). 'Syllabes sans voyelles : A l'interface de la phonétique et de la phonologie'. *Réunions Scientifiques de l'IPS (Institut de Phonétique de Strasbourg)*, Université March Bloch, Strasbourg – 29 avril.
- Ridouane, R. (2006). 'Question de phonétique et de phonologie en berbère'. *Journée Scientifique en hommage à Naïma Louali* (chercheur au CNRS). Musée des Moulages, Lyon – 23 mars.
- Ridouane, R. (2005). 'La gémination : qualité ou quantité ?' *Conférence «Les système intonatifs des dialectes berbères»*. Centre de Recherches Berbères - Inalco, Paris – 30 mai.
- Ridouane, R. (2005). 'Voiceless, vowel-less syllables in Tashlhiyt Berber: phonetic & phonological evidence'. Série de communications à :
  - *Research Laboratory of Electronics* (RLE), Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge (12 mars);
  - *Haskins Laboratory Meetings*. Yale University, New Haven (24 mars);
  - *Phonology Cercle*, Department of Linguistics, Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge (28 mars).
- Ridouane, R. (2004). 'Investigations physiologiques et questions de phonologie en berbère chleuh'. *Nouvelles méthodes expérimentales en phonologie. ED268, Langage et Langues : Description, Théorisation, Transmission*, Paris – 27 mars.
- Ridouane, R. (2003). 'L'aspiration en berbère chleuh, analyses acoustiques et photoglottographiques'. *Réunions du Groupe Linguistique d'Etudes Chamito-Sémitiques* (Glecs), Paris.
- Ridouane, R. (2001). 'Le schwa existe-t-il en berbère ? Approches phonétique et phonologique'. *Réunions du Groupe Linguistique d'Etudes Chamito-Sémitiques* (Glecs), Paris.





## Mémoire D'Habilitation à Diriger des Recherches

**Rachid RIDOUANE**  
LPP (CNRS/Sorbonne Nouvelle)

### ***Questions amazighes (tachlhit) – A l'interface de la phonétique et de la phonologie***

#### Résumé court

---

La préoccupation majeure de mes recherches porte sur la structure et le contenu des unités phonologiques – trait, phonème, syllabe – et pose la triple question de la place de ces 'briques' de base dans les systèmes phonologiques, de leurs manifestations physiques, et de leur réalité psychologique. Cette problématique, qui constitue un des objectifs fondamentaux de la recherche actuelle à l'interface de la phonétique et de la phonologie, est explorée en examinant plus spécifiquement le tachlhit, langue amazighe (berbère) parlée au Maroc. Au-delà de la richesse de son inventaire consonantique, c'est notamment l'extrême souplesse que cette langue offre pour former de séquences consonantiques qui l'a fait connaître à la communauté des phonologues et des phonéticiens. Locuteur natif du tachlhit, je me suis intéressé depuis ma thèse aux questions soulevées par cet *embarras de consonnes* dans une démarche alliant questionnements théoriques et investigations expérimentales.

Mon mémoire d'Habilitation présente une synthèse de mes travaux sur ces sujets depuis la thèse de Doctorat. Le chapitre I porte sur la syllabe. Une des questions fondamentales qui sous-tend les travaux sur ce thème concerne la nature des syllabes sans voyelle : s'agit-il uniquement d'un objet théorique utile pour les descriptions linguistiques ou est-ce aussi une réalité psychologique et un objet physique que l'on peut mesurer et idéalement trouver les faits acoustiques ou articulatoires qui le réalisent ? Mes travaux ont notamment contribué, en fournissant des arguments basés sur diverses études expérimentales, à conforter la thèse selon laquelle la syllabe en tachlhit peut ne contenir que des obstruantes sans voyelle.

Le chapitre II traite de la gémination consonantique. Mes travaux sur ce sujet poursuivent une longue tradition de recherches sur la structure et la manifestation physique de ces consonnes particulières. Les géminées posent en effet un ensemble de questions qui concernent leur nature et leur comportement phonologiques en lien avec leurs caractéristiques acoustiques, articulatoires et perceptives. J'ai traité de ces questions en examinant différents types de géminées (lexicales, par assimilation et par concaténation), dans différentes positions prosodiques (initiale, intervocalique, finale) pour différentes obstruantes (occlusives et fricatives sourdes et voisées). Entre autres résultats de ces recherches a été de mettre en exergue le lien très étroit qui existe entre la représentation phonologique de ces segments et leurs manifestations phonétiques : les caractéristiques des géminées sont mieux rendues en traitant structurellement ces segments comme deux unités de durée liées à une position mélodique, en adoptant une approche autosegmentale.

Le chapitre III porte sur la théorie des traits distinctifs en lien avec la composante laryngale. Je me suis intéressé plus particulièrement à la question de la relation que les traits laryngaux entretiennent avec les paramètres que l'on peut mesurer au niveau acoustique et articulatoire, en défendant l'idée qu'un trait [T] est un rapport entre une articulation donnée et son produit acoustique, valable pour toute la classe de sons définis par [T], la satisfaction de ces deux conditions étant nécessaire pour le recouvrement du trait. Mes travaux sur la composante laryngale se sont intéressés plus largement à la question des ajustements glottaux pendant la tenue de longues séquences d'obstruantes sourdes. Les résultats fournissent une illustration frappante de la coordination temporelle particulièrement solide qui existe entre les gestes laryngaux et supralaryngaux dans la production des séquences d'obstruantes sourdes, et apportent un regard nouveau sur notre compréhension de la coordination laryngale-orale dans la parole.

Enfin, dans un bref quatrième et dernier chapitre, je conclus sur mes travaux en cours en lien avec mes encadrements doctoraux, ainsi que sur mes perspectives de recherche pour les années à venir, qui héritent en grande partie des problématiques sur la nature et la forme des représentations phonologiques.

L'écriture du mémoire a été guidée par le désir de mettre en perspective mes recherches par rapport aux questionnements théoriques généraux sur les unités de représentation. En cela, elle reflète le souci constant de partir du tachlhit pour aborder des questions théoriques dépassant largement le cadre restreint des études amazighes.



## Mémoire D'Habilitation à Diriger des Recherches

**Rachid RIDOUANE**  
LPP (CNRS/Sorbonne Nouvelle)

### ***Questions amazighes (tachlhit) – A l'interface de la phonétique et de la phonologie***

#### Long overview

---

My research activities bear on phonological units (features, phonemes, syllables) and question their phonetic manifestations and psychological reality as well as their role in phonological grammar. The main source of evidence for my analyses is drawn from Tashlhiyt, an Amazigh (Berber) language spoken in Morocco. This summary provides a synthesis of my work on three main topics, corresponding to the first three chapters of my Habilitation thesis « *Questions amazighes (tachlhit) – A l'interface de la phonétique et de la phonologie* »<sup>1</sup>. The first topic deals with the production and perception of vowelless syllables and their constituents. The second topic is concerned with the phonetics and phonology of geminated phonemes. The third topic deals with laryngeal features and extends to the general issue of gestural coordination at the glottal and supraglottal levels.

---

<sup>1</sup> The fourth chapter of this mémoire, which presents some of my current work and perspectives, is not summarized here. Two proceeding articles recently accepted for ICPHS 2015 provide a good overview of these issues: Meyer et al. (2015) and Ridouane et al. (2015) (see "HDR\_Ridouane\_Tome2" on the shared Dropbox folder).

## 1. Syllables without vowels: Production and perception

In the majority of the world languages, the distribution between the nucleus of a syllable and its margins is almost always correlated with the lexical distinction between sonorants (mostly vowels) and obstruents. Tashlhiyt is a well-known exception to this dominant trend. In this language, it is claimed that the entire set of its consonantal inventory may alternate between nuclear and non-nuclear positions, making syllables of the shape [gz], [tf], or [tk] quite common (Laoust 1918, Applegate 1958, Elmedlaoui 1985, Dell and Elmedlaoui 1985, 1988, 2002, Boukous 1987, Jebbour 1995, Ridouane 2003). One reason why any consonant, even a voiceless stop, may act as a syllable peak is that this language allows particularly long strings of consonants without vowels (e.g. [tamslkmt] “transmitter”, [tkkststt] “you took it off”, [sskfjmtɲ trɟlttɲ ɤ lqq<sup>w</sup>bɔt] “bring them in and lock them inside the cupola”).

The first issue dealt with in my work on syllables without vowels concerns the most disputed component of Tashlhiyt phonological system: the status of schwa that is sometimes present within some consonantal clusters. The second issue deals with the way vowelless syllables and their constituents are phonetically implemented with the hope of providing empirical ways of determining syllable affiliations of consonants sequences. More specifically, the third issue questions a fundamental aspect of Tashlhiyt syllable structure – the prohibition against complex onsets – by testing whether it has a reflex in the coordination of articulatory gestures. The fourth issue deals with how native speakers syllabify consonant clusters.

### 1.1. Schwa in Tashlhiyt: an endless story?

In addition to the surface realizations of /i a u/, a fourth schwa-like element (transcribed as [ə]) is sometimes present in the acoustic record of Tashlhiyt underlying consonantal clusters. Where do these vocalic elements come from? According to Coleman (1996, 2001), they are the phonetic realizations of empty nuclei. Building on the work of Dell and Elmedlaoui (1985, 2002), who argue that they are transitional vocoids which do not play any role in syllable structure (see also Boukous 1987), I discussed a range of arguments against a phonological treatment of these elements: Native speakers are largely unaware of them; they do not affect intuitions about syllabification; they do not contribute to syllable weight in versification of traditional songs; and phonological processes such as assimilation ignore them. Phonetically, they have been shown to be predictable from the laryngeal and supralaryngeal specification of the consonantal environment (Ridouane and Fougeron 2011). Their occurrence within a #C<sub>1</sub>C<sub>2</sub>V sequence depends on the presence of voicing in the consonant sequence (either C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> or both; e.g. [k<sup>w</sup>ədɪɣ] ‘I smelt’). In sequences where C<sub>1</sub> and C<sub>2</sub> are both voiceless (e.g. k<sup>w</sup>tɪɣ ‘I remembered’), such vocoids are never observed. Neither do they occur in words composed of only coronals (e.g. in [tɪtɪtɪtɪt] ‘you hid them’ or [ntɪtɪtɪt] “they, fem.”). Examination of the linguopalatal profiles from 2 subjects shows that during the production of such homorganic words, the speakers never move the tongue away from the alveolar ridge, a gesture necessary for schwa to surface (Fougeron and Ridouane 2008a).

While the bulk of argument leads to the conclusion that these @s are transitional vocoids, and thus a matter of phonetic detail rather than phonological segments in their own right, a look at other levels of prosodic organization has shown that [ə] may play a role in intonation. In a series of recent publications with Martine Grice and Timo Röttger on tonal placement in Tashlhiyt (e.g. Röttger et al. 2012, Grice et al. , accepted), it is shown that the association of tones is subject to the influence of a number of interacting factors, including sonority, i.e. more sonorous nuclei are more likely to attract the H

tone; and syllable weight, i.e. heavy syllables are stronger attractors for the H tone than light syllables. When the target word contains neither a vowel nor a sonorant consonant, three different strategies can be used by native speakers, (i) the intonation tone is not realized at all, (ii) the tone is anticipated and realized on a vowel nucleus of the previous word, or (iii) the tone is realized on a transitional vocoid @ within the consonant string of the target word. Ongoing research is aimed at trying to determine whether the view of schwa as a simple transitional element is reconcilable with the fact that it can in some circumstances and for some speakers bear a high melodic tone.

### **1.2. Phonetic implementation of vowelless syllables and their constituents**

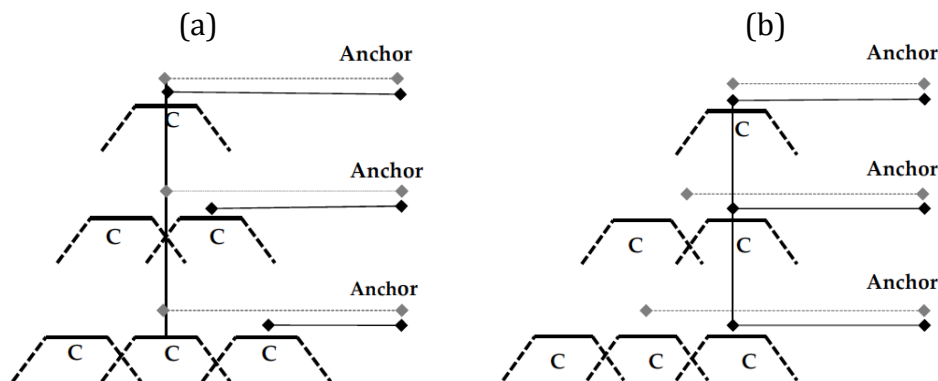
The fact that one and the same consonant (e.g. /k/) may alternate between one of the three possible positions in a syllable (C<sub>2</sub> onset in [n.ks] « we feed on», nucleus in [tk.sa] «she fed on», and coda in [nk.sa] «we fed on»), makes it possible to examine several physical properties that might be related to the status of this consonant in the syllable. Two issues have been addressed experimentally based on this type of data (Ridouane and Fougeron 2006, Fougeron and Ridouane 2008b). The first issue examined concerned the acoustic and articulatory make-up of C<sub>2</sub> as a function of its position within a syllable (onset vs. nucleus vs. coda). The results obtained, though they were limited to the production of a single native speaker, provided some interesting findings that ought to be further investigated with additional data and subjects. We hypothesized that syllabic consonants in Tashlhiyt would be cued by phonetic properties that could distinguish them from their nonsyllabic counterparts. The syllabicity of an obstruent did not translate, however, into an increased acoustic or articulatory duration, suggesting that syllabic consonants are not necessarily cued by longer durations, contra to what has been reported for sonorant nuclei in languages such as English and German by Price (1980), and Clark and Yallop (1995). One reason is probably related to how segmental length is manipulated by different phonologies. Unlike English and German, Tashlhiyt has consonant length contrast. A consequence of this is that singleton nucleus /k/ in [tksak] « she fed for you», for instance, can't be produced with a longer duration without risking confusion with its geminate counterpart /kk/ in [tkksak] « she took off for you ». Results also showed higher stiffness and velocity of the evolution of the linguopalatal contact when C<sub>2</sub> is nucleus compared to onset and coda (although this has to be taken with caution given that EPG does not provide direct information on gestural dynamics). This result is opposite to what would be expected if nucleus consonants were to behave like vowels, refuting the view that consonants occupying nuclei positions would become more vowel-like in their dynamic properties. Our observations corroborate the result obtained by Browman et al. (1998), based on EMA data from one native speaker of Tashlhiyt.

The second issue examined concerned the patterns of coordination between consonants within and across syllables. Here, we have found interesting differences that merit further examination. Results showed that the syllabicity of a consonant in Tashlhiyt translates into specific patterns of coordination between this segment and the adjacent consonants. This was evidenced by particular patterns of overlap and temporal alignment of articulatory events, and more interestingly, by a more stable pattern of coordination. Overall, the pattern of coordination observed when C<sub>2</sub> is nucleus in [onset-nucleus.onset] is characterized by a long delay between C<sub>1</sub> and C<sub>2</sub> articulatory events, a large and stable amount of overlap between C<sub>1</sub> and C<sub>2</sub>, a small and stable amount of overlap between C<sub>2</sub> and C<sub>3</sub>, and a long and stable delay between C<sub>2</sub> and C<sub>3</sub> articulatory events. Interestingly, again, this general pattern was also observed by Browman et al. (1998). Increased stability could be related to the functional status of C<sub>2</sub> as a nucleus

consonant and to the strength of the structural relations between this unit and the other constituents of a syllable (here: its preceding onset and a following heterosyllabic onset). Consequently, the stability of the coordination of a nucleus consonant with its neighbors could be considered as a cue to the syllabic structure of this vowel-less syllable. This hypothesis is further tested in the next study which reports on gestural coordination in onset-nucleus clusters.

### 1.3. Constraint against complex onsets: Articulatory data

As already stated, syllables, within Articulatory Phonology, are viewed as the automatic outcome of a specific temporal organization of consonant and vowel gestures, implying that the coordination of the articulatory movements is governed by syllable structure. The way consonant gestures in a cluster are temporally aligned within a syllable differs depending on whether a language allows complex onsets or not. Languages allowing complex onsets (e.g. English, Georgian, Italian) display what is known as C-center effect or center stability (see Browman and Goldstein 1988 for English; Goldstein, Chitoran, and Selkirk 2007 for Georgian; Hermes, Doris, and Grice 2008 for Italian; Marin and Pouplier 2010 for English). That is, when compared to single consonants comprising simple onsets, consonants comprising complex onsets adjust their timing relative to a following anchor in the syllable so that the entire cluster displays a global alignment relative to its midpoint. In other words, as consonants are added to the onset, the interval of the mean of consonantal targets relative to a following anchor point remains stable whereas the interval between the rightmost consonant and the anchor decreases. This pattern is schematized in figure 1a.



**Figure 1.** Schematic representation of C-center stability (a) and Right-edge stability (b).

In languages disallowing complex onsets, the temporal alignment corresponds to a pattern whereby the rightmost consonant in a cluster is timed the same way as a single onset consonant relative to a following anchor within the syllable. This pattern is schematized in figure 1b. Clear evidence for this pattern, known as Right-edge stability, was presented by Shaw et al. (2009, 2011) for Moroccan Arabic, suggesting that this language also disallows complex syllable onsets. Prior to these studies on Moroccan Arabic, Goldstein, Chitoran and Selkirk (2007) presented data on Georgian and Tashlhiyt that support this view. They found that in the language allowing complex onsets, here Georgian, the rightmost-C to a following anchor interval (in /riali/, /kriali/ and /skriali/) decreases as the number of initial consonants increases. In this case the rightmost consonant target is shifted towards the vowel nucleus target. In Tashlhiyt, however, no such shift was found. Based on data from one subject producing the triad /mun/ ‘accompany’, /s-mun/ ‘caus-accompany’, and /t-s-mun/ ‘3fs- causaccompany’.

They found that the interval between the rightmost consonant of the cluster (here /m/) and the following anchor does not decrease but remains stable as the number of initial consonants increases.

Building on this work, a study conducted in collaboration with Anne Hermes (Hermes, Ridouane, Mücke and Grice 2011, Ridouane, Hermes, and Hallé 2014), based on EMA data from 3 subjects, tested this empirical way of determining syllable affiliations for CC and CCC sequences (e.g. fik-kfik-tkfik). In addition to the rightmost-C measure as used in Goldstein, Chitoran and Selkirk's study (2007), we also calculated the C-center measure and analyzed the stability index for these two variables. Furthermore, we tested the gestural timing pattern not only in items with vocalic nuclei but also in those with consonantal nuclei (e.g. fnk-kfnk-tkfnk).

Our results show that consonant clusters in Tashlhiyt don't exhibit a C-center effect, but exhibit, instead, a Right-edge stability effect. For example, for the triad [fik-kfik-tkfik], the lag between the target of the rightmost consonant (i.e. /f/) and the following anchor point (here the final coda consonant /k/) remained stable regardless of the number of initial consonants, whereas the C-center interval increased. Word-initial clusters in Tashlhiyt are thus timed differently from the initial clusters that form a complex onset in other languages (e.g., American English, Georgian, Italian, Romanian) and display the same pattern as Moroccan Arabic initial clusters. This Right-edge stability effect provides important empirical evidence in favor of the phonological analysis that disallows complex onsets in Tashlhiyt. This timing information is assumed to be one facet of the linguistic knowledge shared by the native speakers of Tashlhiyt: they may rely to a great extent on such knowledge to syllabify items. This possibility has been tested based on metalinguistic data from 20 native speakers of Tashlhiyt. Results are reported in the following section.

#### **1.4. Constraint against complex onsets: perceptual evidence**

In collaboration with Pierre Hallé (Ridouane and Hallé 2014, Ridouane, Hermes, and Hallé 2014), we conducted a part-repetition task experiment with twenty native speakers to test how they syllabify prevocalic two-consonant clusters. As mentioned earlier, one phonological analysis (Dell and Elmedlaoui 2002) claims that such sequences are always heterosyllabic, regardless of the cluster's consonants and its sonority profile. A consequence of this is that all prevocalic consonant clusters, regardless of cluster's consonants, cluster's sonority profile, and within-word or within-phrase cluster's position, are heterosyllabic. That is, XCCVX forms (where X is a word boundary or any string of consonants and vowels) are parsed as XC.CVX.

A set of (C)VCCV(C) items was constructed, which varied in terms of morphological structure and sonority profile of the CC sequence<sup>2</sup>. We controlled morphological structure in order to assess whether native speakers' segmentation of Tashlhiyt utterances corresponds to morpheme boundaries: for instance, /aws-as/ segmented in the two parts [aws] and [as]. The sonority profile of the CC sequence defined three groups of items: rising (e.g., /adrar/ 'mountain'), falling (e.g., /amzil/ 'blacksmith'), and plateau profile (e.g., /agbur/ 'squirrel').

Principles governing the syllabification of consonant sequences such as the Onset Maximization Principle (Clements and Keyser 1983, Blevins 1995) and the Sonority Sequencing Principle and its coda-to-onset qualification (Clements 1990), have been claimed to play a fundamental role in determining possible onsets. These two principles

<sup>2</sup> A larger set of items was used in order to introduce some variety in the structure of the items. These include (C)VCCV(C) and VCiCiV items (where CiCi = geminate), which will be analyzed in the near future.

suggest a cross-linguistic preference for V.CCV over VC.CV syllabifications as long as CC has a rising sonority profile. This preference seems universal in the case of obstruent plus liquid (OL) clusters. If the claim that Tashlhiyt bans complex onsets is correct, we expect VCCV items to be parsed as VC.CV, regardless of the sonority profile of the CC cluster, and whether or not it is an OL cluster.

Results provide clear evidence that Tashlhiyt native speakers uniformly analyze (intervocalic) CC clusters as heterosyllabic. For Part 2 responses, participants overwhelmingly preferred CV(C) over CCV(C) responses (94>3%). The sonority profile of the CC sequence did not influence listeners' judgments. Our pattern of results is thus in conformity with the phonological analysis that systematically parses such clusters as heterosyllabic. Strikingly, this pattern held for OL clusters as well as for other clusters, although OL clusters are tautosyllabic in most word languages. Tashlhiyt's avoidance of tautosyllabic is not limited to intervocalic clusters. It is also observed in word-initial clusters (Ridouane and Hallé, in preparation). For test words having a #CCV(C) or #CCCV(C) structure, more than 94% of the 20 subjects' responses corresponded to a bisyllabic parsing. The two following items [gli] 'guide' and [tχwa] 'it is empty' are telling examples. These forms sound like English *glee* and French *trois*, respectively. But whereas they are monosyllabic in English and French, Tashlhiyt native speakers overwhelmingly judged them as having two parts: [g] and [li] for the former, and [tχ] and [wa] for the latter.

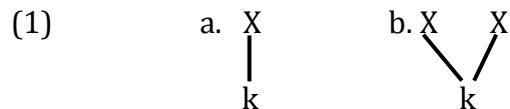


## 2. The phonetics and phonology of geminate consonants

The second main topic of my research focused on the phonetics and phonology of geminate consonants. Three main issues have been examined (i) the phonetics and phonology of lexical geminates, (ii) Similarities and differences between lexical and phonologically derived geminates, and (iii) production and perception of gemination in utterance-initial voiceless stops.

### 2.1. Lexical geminates at the junction of phonetics and phonology

Geminates, as reported in many languages of the world (Ladefoged and Maddieson 1996), have been the source of much debate in literature concerning their phonetic implementation, their phonological representation, as well as the way to account for their particular behavior. Within CV phonology, a geminate is represented as a single melodic unit (a bundle of distinctive features characterizing a segment) associated to two prosodic positions (Leben 1980). Such a representation, which relies crucially on the tenet that syllabicity is represented on a separate tier from the melodic one, has subsequently been the received analysis of geminate consonants (Kenstowicz 1994). The underlying representations of a singleton stop (a) and a lexical geminate (b) are given in (1) below.

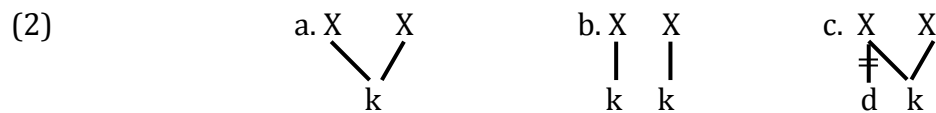


Ridouane (2007) examined the way this abstract phonological representation is reflected in the phonetic details of speech production. Based on acoustic data from 5 subjects and eletropalatographic data from 2 subjects, the aim was to determine how underlying geminates are phonetically implemented in different word positions. The acoustic investigation showed that geminates and singletons were phonetically implemented by different correlates and supported the view that this contrast was not limited to the closure duration of the target segments. These correlates can be characterized in three ways. Duration is the *primary* correlate since the opposition expressed with it is produced in every context in which the opposition occurs in the language. Electropalatographic data on gestural configuration showed these durational differences were maintained in utterance-initial voiceless stops, even though they convey no acoustic duration information (see 2.3. below). Differences in release duration and F0 perturbations, which were limited to voiced stops, are *concomitant* correlates, since they occur only as a consequence of the devoicing which affects geminated voiced stops due to their longer duration. These concomitant correlates are optional in the sense that although release duration is the result of devoicing, devoicing itself is a strategy optionally employed by some subjects. Vowel shortening and higher release amplitude, interpreted as manifestations of a ‘tense’ articulation, are *secondary* correlates, since they are either contextually limited (vowel shortening) or present some variability across subjects (release amplitude). Although vowel shortening is presumably not optional, it is contextually limited since this correlate is present only when the geminate is preceded by a segment. This correlate cannot be implemented in utterance-initial position, nor in the numerous Tashlhiyt Berber cases where a word is composed of only one geminate obstruent (e.g. [kk] ‘cross’, [gg<sup>w</sup>] ‘wash’, [SS] ‘eat’, etc.). Assuming a tight relationship between phonetic and phonological representations, and assuming that this closeness should be reflected in linguistic theory, the phonetic characteristics of Tashlhiyt geminates are captured better by a structural treatment of

these segments as two timing units associated with one melodic slot, as in (1). This structural difference is reflected in the observed acoustic and articulatory differences in consonant duration. From a computational point of view, this representation allows to account for the ambiguous behavior of geminate consonants in the following way: rules that require a feature representation (such as palatalization) mostly affect the quality of the segment, hence affecting geminates and singletons alike, while rules requiring a sequence representation (such vowel epenthesis) generally affect the quantity of segments, hence affecting geminates and two-consonant sequences alike (Kenstowicz 1994, see other arguments based on Tashlhiyt presented by Dell and Elmedlaoui 1997, 2002).

## 2.2. Production of lexical and phonological geminates: an Autosegmental account

Ridouane (2010), based on acoustic data from 5 subjects, aimed to determine whether phonologically derived geminates, either by concatenation (2b) or by total assimilation (2c), are categorically identical to underlying geminates (2a).



The acoustic investigation showed that phonologically derived geminates displayed the same temporal values as lexical geminates, all being produced with virtually the same consonant durations (closure duration for stops). This supports the assignment of the same structural representation to these three types of geminates (i.e. two timing slots). However, compared to lexical geminates, two important differences have been observed between assimilated and concatenated geminates. First, assimilated geminates, like lexical ones, shorten the preceding vowel, while concatenated geminates do not. In this respect, concatenated geminates behave like non-geminated two-consonant clusters. Second, assimilated geminates, like lexical ones, are produced with higher RMS amplitude compared to concatenated geminates. Assimilated geminates are thus acoustically identical to lexical geminates, displaying the same primary correlate (longer duration) and involving the same secondary or enhancing cues (shortening of the vowel, higher RMS amplitude).

These results are in line with the Autosegmental account for external sandhi assimilation, in which feature spreading and delinking give rise to multiply-linked structures that are categorically identical to underlying geminates. This model is also sufficient for concatenated geminates, provided they are represented at the surface level as two timing slots each associated with a distinct token of the melodic tier, suggesting that the mere fact of having adjacent identical segments is not sufficient in itself to manifest the expected phonetic characteristics of a true geminate. Interestingly, the distinction between true and fake geminates also follows from their phonological behavior. Indeed, while concatenated geminates are affected by spirantisation, lexical and assimilated geminates resist the application of this weakening process. To account for the distinct behavior of these segments, I argued following Churma (1988) that it is the “strength” of true geminate stops (i.e. length enhanced by tenseness) that prevents spirantization from affecting them.

## 2.3. Word-initial geminates: from production to perception

Geminates contrast with singleton consonants most commonly in intervocalic position, less commonly word-finally, and least commonly in initial position (Thurgood 1993, Davis



1999, Muller 2001, Pajak 2009, Dmitrieva 2011). Even less common among the languages of the world is the occurrence of word-initial voiceless geminate stops contrasting with their singleton counterparts. The singleton-geminate contrast for voiceless stops in word-initial position raises a puzzling issue in both production and perception: Do speakers produce the length contrast, even though it conveys no acoustic duration information? How do native speakers recover the contrast in this position?

This last question was examined based on a categorical AXB discrimination test with 23 Tashlhiyt native speakers (Ridouane and Hallé 2011, Ridouane and Hallé, submitted). Results showed that Tashlhiyt listeners consistently performed near ceiling level (more than 95% correct discrimination) on word-initial fricatives (e.g. [fit] ‘give it’ vs. [ffit] ‘pour it’) and voiced stops (e.g. [gar] vs. [ggar] ‘be last’). For word-initial voiceless stops, however, native listeners were far from reaching a comparable level of discrimination performance (less than 62% correct discrimination). In the absence of acoustic cues to the articulatory duration, the available information (in the stop release) is clearly not sufficient to elicit the level of performance usually observed for native contrasts.

Tashlhiyt listeners’ performance was modulated by the context in which the word-initial voiceless words were produced. The highest performance obtained for the focused items and the lowest for the items embedded within a carrier sentence. This modulation of performance suggests that the available acoustic cues — mainly relative release intensity — can be used as a secondary cue by native speakers/listeners to perceive the gemination contrast when acoustic duration cues are absent. However, even though secondary acoustic cues were enhanced in some strongly marked prosodic contexts, native listeners were still unable to accurately perceive the contrast: their best performance level (67.9% correct discrimination in the ‘focused’ condition) was still far from ceiling level and remained lower than their level of performance on the fricative and voiced stop contrasts.

As suggested by Blevins (2004), the scarcity of acoustic cues to word-initial voiceless gemination may lead to neutralization of the contrast in this position. But the contrast in Tashlhiyt is well alive word-initially — exploited both by the lexicon and the morphology — and may not neutralize in the near future. This is presumably because gemination contrast in initial position is not limited to voiceless stops and involves other obstruents, in which the closure-duration contrast is clearly audible (in addition to sonorant consonants /l/ vs. /ll/, /m/ vs. /mm/, /n/ vs. /nn/, and /r/ vs. /rr/). It seems likely that the contrast is also maintained for its analogy with the clearly identifiable geminated versions of the same voiceless stops when occurring in non utterance-initial position. Interestingly, native speakers/listeners are not unaware of the increased difficulty with word-initial contrasts such as /t/-/tt/. A phonological pun known in Agadir, and presumably also in other parts of the Tashlhiyt area, plays specifically on the perceptual ambiguity in (3), suggesting that speakers/listeners have a tacit knowledge of the physical pressures that shape lexical forms. The pun is auditory and the joke depends on whether or not the word-initial dental stop is produced/heard as a singleton (3a) or geminate (3b) stop.

- (3) a. [iqqdr a tili] “Probably, oh ewe” (‘ewe’ is used here in the sense of coward)  
 b. [iqqdr a ttili] “It could be”

Our production and perception results show that there is not a one-to-one relationship between articulatory and acoustic-auditory patterns and raise the issue of whether one type of patterns predominate over the other and should be considered as the primitives

of phonological contrasts. On the speech perception side, motor theory holds that listeners decode speech by identifying the underlying vocal tract gestures intended by the speaker. To perceive a linguistic speech unit (e.g., a feature, a phoneme), then, is to perceive a specific pattern of intended gestures. But how can a listener access to a phonemic category when the implemented gesture produces no acoustic signal? How can the underlying gestural pattern for closure duration be identified by the learners? Given that auditory information alone cannot be sufficient, this may imply that additional information should be available for the intended phonemic category to be heard and learned. One such information could be the visual input possibly associated with underlying gemination (e.g., a simultaneous head movement). This hypothesis, if borne out, would provide an important complement to the view that articulatory gestures, rather than acoustic cues *per se*, are the basis of phonological contrasts.

### 3. Laryngeal component: Phonological characterization and interarticulatory adjustments

The third main topic of my research focused on the laryngeal component. One part of my work on this topic questions how the phonological characterization in terms of distinctive features [e.g. spread glottis] is related to measurable properties in the acoustic and articulatory domains. The other part seeks to understand the organization of the laryngeal kinematics in voiceless consonant clusters, by considering how the basic laryngeal properties in single voiceless stops and fricatives are modified in long consonantal sequences, including voiceless words and sentences.

#### 3.1. [Spread glottis]: a language-independent definition

Part of my research, started with late Nick Clements (Clements and Ridouane 2006, Ridouane and Clements 2008, Ridouane, Clements, and Khatiwada 2011, Clements and Ridouane 2011), aims at investigating how phonetics defines distinctive features (see also Rialland, Ridouane, and van der Hulst 2015). A main theme in feature theory is that existing distinctive features are generally satisfactory for phonological purposes but may not be phonetically adequate. At least three positions have been taken: (1) Existing features should be improved by better phonetic definitions (e.g. Halle 1983, Stevens 1989, Stevens and Keyser 2010), (2) Existing features should be supplemented with phonetic features (e.g. Flemming 1995, Boersma 1998), and (3) Existing features should be replaced with phonetically more adequate primitives (e.g. gestures of Browman and Goldstein 1986).

We take up the first position and argue that both the acoustic and articulatory structure of speech should be incorporated into the definition of phonological features. In this approach, a segment can be said to bear a distinctive feature *F* at the phonetic level only if it satisfies *both* its articulatory and acoustic definitions. Adopting this approach, Ridouane, Clements and Khatiwada (2011) proposed a language-independent phonetic definition of the feature [spread glottis]. This feature was formally proposed as a phonological laryngeal feature for the first time by Halle and Stevens (1971), and has achieved since then notable success among both phonologists and phoneticians. In the current view, which originates in the seminal work of Kim (1970), the basic correlate of the feature involves the spreading of the glottis, as its name suggests. Kim's work was followed by a series of studies on the controlling factors of aspiration vs. non-aspiration. Two main theories can be distinguished: *glottal width theory* which views aspiration primarily as a function of degree of glottal opening (e.g. Kagaya 1974, Hutters 1985); and *glottal timing theory* which views aspiration as a function of a specific temporal coordination of laryngeal gesture in relation to supralaryngeal events (e.g. Pétursson 1976, Löfqvist 1980).

We have shown that both theories are problematic and would be insufficient to account for the full range of speech sounds characterized by this feature. There are at least three problems with *glottal width theory*: (i) not all aspirated sounds are produced with a wide glottal opening, (ii) aspiration as reflected in VOT duration of pre-vocalic voiceless stops does not always covary with maximal degree of glottal opening, and (iii) wide glottal opening during the production of a stop does not always result in an aspirated sound. *Glottal timing theory* is also problematic: (i) in some aspirated sounds, peak glottal opening is not aligned with the release, (ii) in fricative-stop clusters, aspiration can result from different interarticulatory timings, and (iii) voiceless stop can be produced with a wide glottal opening at the point of release without being aspirated.

Acoustically, a number of problems arise in defining aspiration in terms of VOT alone, as the acoustic information occurring within the period from stop release to voicing onset

is fundamental both for characterizing and recovering the feature. From this point of view, we suggest that the class of aspirated segments must be defined in both articulatory and acoustic terms, as in (4).

- (4) Defining attributes of [+spread glottis]:
- a. (Articulatory) presence of a glottal noise source
  - b. (Acoustic) presence of aspiration noise, i.e. aperiodic energy in the second and higher formants, with a duration of around 30 ms or more in deliberate speech.

The suggested definition does not require that timing relations or other dynamic information be included in feature definitions. Timing relations follow from the requirement that the acoustic goal associated with the feature be manifested in the signal. This requirement is satisfied by voiceless stops in contexts where they are followed by significant aspiration: stops before vowels, stops before sonorants, and stops in final position (in languages contrasting aspirated and unaspirated stops in this context). It is also satisfied by voiced aspirated stops. This definition of aspiration extends to the Burmese voiceless nasals and to aspirated fricatives that have been documented in Burmese (Ladefoged and Maddieson 1996) and Korean (Kagaya 1974). It is not satisfied, however, by stops which are not followed by aspiration, even if they are produced with a spread glottis: pre-vocalic voiceless stops with open glottis, but no aspiration (as in Kabiye) and stops before fricatives (as in English and Tashlhiyt). The suggested definition is not satisfied by plain fricatives, even though they are produced with a large glottal opening. The reason is that their glottal opening tends to coincide with a narrower supralaryngeal constriction, so that oral noise becomes dominant over glottal noise.

### **3.2. Laryngeal-oral coordination in single obstruents and obstruent clusters**

The main findings reviewed here are drawn from the following publications: Ridouane et al. (2003), Ridouane (2004, 2006), Ridouane et al. (2006, 2007), and Ridouane et al. (2012). Concerning single obstruents, laryngeal kinematics in both Tashlhiyt and French were examined. A series of comparisons was conducted to examine the effect of manner of articulation and place of articulation on the amplitude of the laryngeal gesture and on temporal coordination of oral and laryngeal gestures. A brief summary of the main results are presented in the following section. More space is devoted to the results on laryngeal kinematics of Tashlhiyt consonant sequences, as they provide important insight on how laryngeal and supralaryngeal gestures are temporally coordinated in particularly long sequences of unvoiced obstruents.

#### **3.2.1. Laryngeal kinematics in single obstruents**

French and Tashlhiyt fricatives are produced with different laryngeal configurations compared to stops. These differences include both the amplitude of the glottal opening gesture and the way it is temporally aligned with supraglottal gestures. Fricative segments, in both languages, display a larger glottal opening compared to stops (except for the pharyngealized [s<sup>̣</sup>] in Tashlhiyt). This finding is in total agreement with what has been reported for Germanic languages (Danish, German, English, Icelandic, Swedish), and several unrelated languages, including Korean, Japanese, Moroccan Arabic (e.g. Hutters 1984 for Danish, Hoole, Pompino-Marschall and Dames 1984 for German, Löfqvist and McGarr 1987 for English, Yoshioka, Löfqvist, & Hirose 1980 for Japanese, Löfqvist and Yoshioka 1981 for Icelandic, Yeou et al. 2008 for Moroccan

Arabic), and seems to reflect a universal characteristic of fricatives compared to stops. This is the point already advocated by Yoshioka et al. (1980: 306) *“This finding for fricatives is also consistent with our recent studies using American English, Icelandic and Swedish although the phonologies differ, among other things, in the significance of stop aspiration. Therefore, we are inclined to conclude that at least the difference in the peak value between a voiceless fricative and a voiceless stop is universal.”*<sup>3</sup>

In addition to amplitude differences, Tashlhiyt and French fricatives are produced with a different laryngeal timing compared to stops: the onset of glottal abduction is earlier for fricatives, relative to the formation of the oral closure. This finding is also in agreement with what has been reported in literature (e.g. Swedish, German, Danish, English, Japanese, Moroccan Arabic). Here too, the reason is probably to be found in the aerodynamic requirements of fricative production. According to Yoshioka et al. (1981: 1621) : *“[...] a fast separation of the vocal folds is preferable for the turbulent noise source during fricative segments; for stop production, however, such a rapid increase in glottal area seems unnecessary during initial stop closure...”*

Two main aspects of the laryngeal devoicing gesture are pertinent with respect to place of articulation: the amplitude of glottal opening and the temporal relationship between peak glottal opening and stop release. These are considered as important factors which shape VOT in stop production, and help account for the known fact that VOT varies to some extent with place of articulation (Cho and Ladefoged 1999). Concerning peak glottal opening, the general relationship observed in French is of the form  $p=t<k$ . The pattern observed in Tashlhiyt is of the form  $t^{\text{c}}<t<k<q$ . The fact that velar stop /k/ exhibits a larger peak glottal opening than anterior stops has also been reported for American English, Danish, German and Japanese. Compared to [k], the uvular stop /q/, although it is produced with a larger glottal opening, exhibits a significantly shorter VOT duration. One possible reason is related to how these laryngeal gestures are aligned with oral release. During the uvular stop, which is produced with a long closure duration, the peak glottal opening is achieved at the midpoint of the closure, so that at stop release, the glottis is almost closed. The velar stop, on the other hand, is produced with the peak glottal opening timed around the oral release, yielding a longer release duration. The pharyngealized stop exhibits the smallest glottal opening as well as the shortest VOT duration.

Concerning fricatives, the amplitude of glottal opening seems to be affected by place of articulation as far as Tashlhiyt is concerned. No important differences were observed between French fricatives. While [f] and [s], in both languages, exhibit almost the same glottal opening, the Tashlhiyt backer fricatives are clearly produced with a larger opening amplitude, yielding a relationship of the form  $s^{\text{c}}<f=s<\chi<H$ . This provides some evidence that the backer the place of articulation, the larger the degree of glottal opening. We suggest that fricatives are highly constrained at the glottal level, since the size of the glottal and supralaryngeal constriction areas have to be adjusted in order to realize prominent noise. In sounds like [s] the constriction at the alveolars is rather small – and hence the glottis doesn’t need to open to such an amount in comparison to uvulars. During the production of [ $\chi$ ], on the other hand, the constriction at the supraglottal cavity is less tight, an important amount of airflow is necessary to generate the required turbulence. The global laryngeal configuration of the pharyngeal fricative is different from that displayed by other fricatives. This segment is produced with an

---

<sup>3</sup> Note however that some specific types of fricatives may display similar or narrower glottal gesture than stops. In Korean, for example, non-tense fricatives and aspirated stops have similar glottal opening gestures. In Tashlhiyt, geminated voiceless stops may display larger glottal opening amplitude than singleton fricatives.

anterior-posterior compression of the arytenoids with the base of the glottis, suggesting that this segment is better described as an aryepiglottal fricative rather than a pharyngeal one.

### 3.2.2. Laryngeal kinematics in within- and across-word voiceless sequences

The main aim of my work on consonant clusters is to gain a more qualitative understanding of the time course of laryngeal ab- and adduction as a function of the structure of consonant sequences. Building on the major publications on this issue by Löfqvist and colleagues in 1980's, work on Tashlhiyt examined how the number, the amplitude and the timing of glottal opening-closing gestures are affected by: (i) the manner of articulation of the obstruents contained in the sequence, (ii) the presence of an intervening word boundary, and (iii) the presence/absence of aspiration in stops preceded by [s].

Concerning the first issue, both the number and the location of glottal-opening peaks are largely (but not entirely) predictable from the manner of articulation of obstruents and their position in the sequence. This leads to the following generalization:

- (5) A sequences with  $n$  fricative segments are produced with  $n$  peak glottal openings; these peak glottal openings are located during the production of these fricatives.

The glottographic patterns of stop+fricative sequences [#ks, k#s, ks#] and fricative+stop sequences [#sk, s#k, sk#] show that these clusters are produced with one glottal opening peak, systematically located during the fricative. This peak glottal opening is not systematically coordinated with the midpoint of the fricative. This goes against the rule formulated by Browman and Goldstein (1986), according to whom: *“If a fricative gesture is present, coordinate the peak glottal opening with the midpoint of the fricative. Otherwise, coordinate the peak glottal opening with the release of the stop gesture”*. The generalization that can be drawn from Tashlhiyt data is that the timing of this opening peak tends to shift to a relatively earlier point in the fricative when it follows a stop (at 23.49 % of the fricative) and to later point in the fricative when it precedes a stop (at 66.06% of the fricative), regardless of the word boundary location.

The effect of manner of articulation on the timing and the number of glottal opening peaks becomes more evident when one considers clusters containing two or more fricatives. The glottographic patterns for [sk#sk], [sk#ks], and [k#sks], for instance, showed that these items were quite systematically produced with two glottal opening peaks, all of them being located during the two fricatives. When the fricatives are on the edges of the cluster as in [sk#ks], the opening peaks are further apart compared to [sk#sk] and [k#sks].

Concerning the effect of word boundary, data showed that when this boundary is marked by a long silent pause, it is associated with glottal adduction. According to Löfqvist and Yoshioka (1980), such an adduction gesture is made to prevent airflow and waste of air during an ongoing utterance. Otherwise, word boundaries are transparent as far as laryngeal gestures are concerned, witness the numerous cases where two clusters with two different word boundary locations are often produced with similar laryngeal adjustments. As is evident from the glottographic patterns of [#ks, k#s, ks#] or [#sk, s#k, sk#], the same number of glottal opening peaks are produced regardless of whether the clusters are word-initial, word-final or spanned by a word boundary.

While these findings are broadly compatible with those of the Löfqvist group, results on [sk] clusters provide an important departure from previous findings on Germanic languages.

In Tashlhiyt, pre-vocalic [k] can be acoustically aspirated after [s] whether separated or not by a word boundary. Previous work (e.g. as summarized by Löfqvist 1980) suggests that typically each fricative and aspirated plosive requires a separate laryngeal peak. In Swedish (Löfqvist and Yoshioka 1980) and English (Yoshioka et al. 1981), a sequence of voiceless fricative + voiceless aspirated stop usually contain two separate peak glottal openings located during the fricative and just before stop release. This generalization has to be qualified since, interestingly Tashlhiyt shows aspirated plosives following fricatives in initial position, but nevertheless the results make clear that only one opening peak occurs. The Tashlhiyt case is typologically interesting, making it possible to determine the two possible laryngeal mechanisms accounting for stop aspiration after /s/: on the one hand, a large amplitude and a delay in peak glottal opening relative to fricative onset; on the other, two peak glottal openings, each corresponding to one of the two obstruents. The second realization is the one produced in /s/-stop heteromorphemic sequences in some Germanic languages. In sum, different combinations of interarticulatory timing and glottal-opening size can result in similar amounts of aspiration.

### 3.2.3. Laryngeal kinematics in voiceless words and sentences

How are voiceless words and voiceless sentences organized at the glottal level? Are the laryngeal adjustments produced during these forms identical to those produced in within- and across-word sequences (i.e. surrounded by vowels)? Knowing that during voiceless words, the whole utterance is devoiced, one may expect that the "devoicing gesture" may be considered by the speakers as superfluous and simply eliminated, leaving the glottis in constant opening degree. The examination of voiceless words is expected to provide evidence for the interpretation that a static glottal opening position of the glottis is unlikely to occur (e.g. Yoshioka et al. 1981, Munhall and Löfqvist 1992), since are included combinations of up to 15 voiceless consonants in a row. If, as we hypothesize, the glottal aperture is rather continuously modulated, we need to determine the nature of these modulations and the mechanisms that govern them.

Two mechanisms might à priori govern the distribution and the number of glottal opening peaks in a voiceless utterance. The number and the location of opening peaks might be a function of the phonetic make-up of the sequence: a word containing  $n$  fricatives would be produced with  $n$  opening peaks. If this is correct, we expect to observe virtually the same adjustments as those produced in consonant sequences bounded by vowels. That is, the form [tftktstt] "you sprained it", for example, would be expected to surface with two glottal opening peaks located during the two fricatives. A second possible mechanism governing the laryngeal configuration might be related not to the phonetic nature of the obstruents but rather to their phonological function: the number and the location of glottal opening peaks might be related to the number and the location of syllable peaks in a voiceless word. In other words, the syllable organization in these vowelless words will be reflected in the surface properties of laryngeal gestures and their relative timing. If this is so, the form [tf.tk.tstt], which contains three syllables would be expected to surface with three glottal opening peaks located during the three syllable nuclei. Note, however, that these two hypotheses may come into conflict in some cases. In [tftxtstt] « you rolled it », for example, the segments occupying syllable nuclei are the three fricatives.

Can the glottis maintain a static open position in speech? According to Löfqvist and Yoshioka (1980: 800): *"There is little, if any evidence that the glottis ever opens and maintains a static position in speech"*. Tashlhiyt data show that even in entirely voiceless utterances the glottis does not simply remain open and maintains a static position:

Glottal area is continuously changing. We thus have compelling evidence that glottal articulation is "cyclical" in nature.

What is the nature of these modulations? And can we predict them? Although there is a clear correlation between the number of these gestures and the number of consonants contained in an utterance, this correlation is not absolute, since the number of glottal opening peaks does not systematically increase as the number of consonants increases. For example, a form composed of four consonants (e.g. [ftxt] "roll it") is generally produced with the same number of glottal opening peaks as a form composed of 7 or 8 consonants (e.g. [tftktstt]). Notice also that there are often different numbers of peaks for the same number of segments (compare the two peaks in [ftxt] with the one peak in [tkst]).

Though some variability exists both within and between subjects, our results clearly show that the same generalization (5) can account for the laryngeal kinematics in voiceless words. The forms [tftf] and [tkkststt], though they have different numbers of syllables (i.e. 2 in [tʃ.tf] and 3 in [tf.tk.tstt]), display the same number of peak glottal openings located during the two fricatives. The number and the location of glottal opening peaks are thus determined by the number of voiceless fricatives contained in a word, and not by its syllable structure. Forms containing one voiceless fricative are produced with one peak glottal opening located during the fricative. Forms containing two voiceless fricatives, on the other hand, are most often produced with two peak glottal openings, located during the two fricatives.

When a voiceless word contains two adjacent fricatives, these fricatives are often produced with only one peak glottal opening located during the leftmost fricative. This is for instance the case of the forms [tssftktstt], [tssftxtstt], and [tsskftstt]. In all these items the rightmost fricative (which happens to be the labiodental [f]) is produced within the closing phase of the glottal gesture for the preceding fricative and/or within the opening phase for the following fricative segment.

Interestingly, this general pattern not only accounts for within-word clusters and voiceless words, but also accounts for the laryngeal-supralaryngeal adjustments in voiceless sentences. The form [tftktstt tftktstt] "you sprained it and you gave it", for example, contains four non-adjacent fricatives and is often produced with four glottal opening peaks located during these fricatives. The form [tsskftstt tftxtstt] "you dried it and you rolled it", which contains six non-adjacent fricatives, is produced with six peaks located during these fricatives.

The additive blending model (Munhall and Löfqvist 1992) is the only one we are aware of, which explicitly discusses laryngeal coarticulation of adjacent voiceless segments. It can account for the temporal pattern, i.e. in faster speech rate only one instead of two glottal abduction gestures are present at the surface. But as the authors themselves mention, the summation of gestures results in unrealistically large glottal opening peaks in comparison to the experimental data. So far we did not run simulations using the adaptive blending model and compared it to our experimental findings, but we believe that it is rather unlikely that, for instance, the sum of six successive laryngeal abduction gestures present in an utterance would result in two or three large glottal abduction peaks with a large valley in between.



## References

- Applegate, J.R. (1958). *An outline of the structure of Shilha*. New York: American Council of Learned Societies.
- Blevins, J. (1995). The syllable in phonological theory. In J. Goldsmith (ed.), *The Handbook of Phonological Theory*, 206-244. Oxford: Blackwell Publishers.
- Blevins, J. (2004). *Evolutionary phonology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bombien L.
- Boersma, P (1998). *Functional Phonology: Formalizing the interactions between articulatory and perceptual drives*. The Hague: Holland Academic Graphics.
- Boukous, A. (1987). *Phonotactique et domaines prosodiques en berbère*. Thèse de Doctorat d'État, Université de Paris VIII, Saint-Denis.
- Browman, C.P., & Goldstein, L. (1986). Towards an articulatory phonology, *Phonology Yearbook* 3, 219-252.
- Browman, C.P., & Goldstein, L. (1988). Some notes on syllable structure in Articulatory Phonology. *Phonetica* 45, 140-155.
- Browman, C.P., Goldstein, L., Honorof, D., Jebbour, A., & Selkirk, E. (1998). Gestural organization underlying syllable structure. Oral presentation in *Current Trends in Phonology II* (Royaumont, France).
- Cho, T., & Ladefoged, P. (1999). Variations and universals in VOT: evidence from 18 languages. *Journal of Phonetics* 27, 207-229.
- Churma, D. (1988). *On 'on geminates'*. Ms., Suny-Buffalo.
- Clark, J., & Yallop, C. (1995). *An introduction to phonetics and phonology*. Oxford: Blackwell Publishers.
- Clements, G.N. (1990). The role of the sonority cycle in core syllabification. In J. Kingston & M.E. Beckman (eds.), *Papers in Laboratory Phonology 1*, 283-333. Cambridge : Cambridge University Press.
- Clements, G.N., & Keyser, S.J. (1983). *CV phonology: a generative theory of the syllable*. Cambridge: MIT Press.
- Clements, G.N., & Ridouane, R. (2006). Part I: Quantal phonetics and distinctive features: a review. Part II: Distinctive feature enhancement: a review. *Proceedings of ISCA Tutorial and Research Workshop on Experimental Linguistics*, 17-24 and 28-30.
- Clements, G.N., & Ridouane, R. (2011). *Where do phonological features come from? Cognitive, physical and developmental bases of distinctive speech categories*. Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.
- Coleman, J. (1996). Declarative syllabification in Tashlhit Berber. In J. Durand, & B. Laks (eds.), *Current trends in phonology: models and methods*, 177-218. Salford: ESRI.
- Coleman, J. (2001). The phonetics and phonology of Tashlhiyt Berber syllabic consonants. *Transactions of the Philological Society* 99, 29-64.
- Davis, S. (1999). On the representation of initial geminates. *Phonology* 16, 93-104.
- Dell, F., & Elmedlaoui, M. (1985). Syllabic consonants and syllabification in Imdlawn Tashlhiyt Berber. *Journal of African Languages and Linguistics* 7, 105-130.
- Dell, F., & Elmedlaoui, M. (1988). Syllabic consonants in Berber: Some new evidence. *Journal of African Languages and Linguistics* 10, 1-17.
- Dell, F., & Elmedlaoui, M. (1997). Les géminées en berbère. *Linguistique Africaine* 19, 5-55.
- Dell, F., & Elmedlaoui, M. (2002). *Syllables in Tashlhiyt Berber and in Moroccan Arabic*. Dordrecht: Kluwer.

- Dmitrieva, O. (2011). Asymmetries between production and perception of consonant length. *Studies in the Linguistic Sciences: Illinois Working Papers 1*, 1-15.
- Elmedlaoui, M. (1985). *Le parler berbère chleuh d'Imdlawn (Maroc) : Segments et syllabation*. Thèse de Doctorat, Université Paris 8.
- Flemming, E. (1995). Auditory representations in phonology. Ph.D. Thesis, UCLA.
- Fougeron, C., & Ridouane, R. (2008a). On the nature of schwa-like vocalic elements within some Berber clusters. *Proceedings of 8<sup>th</sup> International Seminar on Speech Production*, 441-444. Strasbourg.
- Fougeron, C., & Ridouane, R. (2008b). On the phonetic implementation of syllabic consonants and vowel-less syllables in Tashlhiyt. *Estudios de Fonética Experimental* 18, 139-175.
- Goldstein, L., Chitoran, I., & Selkirk, E., (2007). Syllable structure as coupled oscillator modes: Evidence from Georgian vs. Tashlhiyt Berber. *Proceedings of the 16<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 241-244.
- Grice, M., Ridouane, R., & Röttger, T. (accepted). Tonal association in Tashlhiyt Berber: Evidence from polar questions and contrastive statements. *Phonology*.
- Halle, M. (1983). On Distinctive Features and their articulatory implementation. *Natural Language and Linguistic Theory* 1, 91-105.
- Halle, M. & Stevens, K.N. (1971). A note on laryngeal features. *Quarterly Progress Report of the Research Laboratory of Electronics* 101 (MIT), 198-213.
- Hermes, A., Ridouane, R., Doris, M., & Grice, M. (2011a). Gestural coordination in Tashlhiyt syllables. *Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 859-862. Hong Kong.
- Hermes, A., Doris, M., & Grice, M. (2013). Gestural coordination of Italian word-initial clusters: the case of 'impure s'. *Phonology* 30 (1), 1-25.
- Hoole, P., Pompino-Marschall, B. & Dames, M. (1984). Glottal timing in German voiceless occlusives. *Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 309-403. Utrecht, Netherlands.
- Hutters, B. (1984). Vocal fold adjustments in Danish voiceless obstruent production. *Annual Report of the Institute of Phonetics, University of Copenhagen* 18, 293-385.
- Hutters, B. (1985). Vocal fold adjustments in aspirated and unaspirated stops in Danish. *Phonetica* 42, 1-24.
- Jebbour, A. (1995). Mores et poids prosodique en berbère. *Langues Orientales Anciennes: Philologie et Linguistique* 5-6, 167-192.
- Kagaya, R. (1974). A fiberoptic and acoustic study of Korean stops, affricates and fricatives. *Journal of Phonetics* 2, 161-180.
- Kenstowicz, M. (1994). *Phonology in generative grammar*. Oxford: Blackwell.
- Kim, C.W. (1970). A theory of aspiration. *Phonetica* 21, 107-116.
- Ladefoged, P., & Maddieson, I. (1996). *The sounds of the world's languages*. Oxford: Blackwell Publishers.
- Laoust, E. (1918). *Etude sur le dialecte des Ntifa*. Leroux : Paris.
- Leben, W. (1980). A metrical analysis of length. *Linguistic Inquiry* 11, 497-510.
- Löfqvist, A. (1980). Interarticulator programming in stop production. *Journal of Phonetics* 8, 475-490.
- Löfqvist, A., & Yoshioka, H. (1980). Laryngeal activity in Swedish obstruent clusters. *Journal of the Acoustical Society of America* 68(3), 792-801.
- Löfqvist, A. & Yoshioka, H. (1981). Laryngeal activity in Icelandic obstruent Production. *Nordic Journal of Linguistics* 4, 1-18.

- Löfqvist, A. & McGarr, N. (1987). Laryngeal dynamics in voiceless consonant production. In I. Baer, C. Sasaki & K.S. Harris (eds.), *Laryngeal function in phonation and respiration*, 391-402. College-Hill Press, Boston.
- Marin, S., & Pouplier, M. (2010). Temporal organization of complex onsets and codas in American English: Testing the predictions of a gestural coupling model. *Motor Control* 14(3), 380-407.
- Meyer, J., Gautheron, B., & Ridouane, R. (to appear). Whistled Moroccan Tamazight: phonetics and phonology. *Proceedings of the 18<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*. Glasgow.
- Muller, J.S. (2001). *The phonology and phonetics of word-initial geminates*. Ph.D. Thesis, Ohio State University.
- Munhall, K., & Löfqvist, A. (1992). Gestural aggregation in speech: laryngeal gestures. *Journal of Phonetics* 20, 111-126.
- Pajak, B. (2009). Non-intervocalic geminates: typology, acoustics, perceptibility. In L. Carroll, B. Keffala, & D. Michel (eds.), *San Diego Linguistics Papers 4*, 2-27. San Diego, CA: UC San Diego.
- Pétursson, M. (1976). Aspiration et activité glottale. *Phonetica* 33, 169-98.
- Price, P.J. (1980). Sonority and syllabicity: Acoustic correlates of perception. *Phonetica* 37, 327-343.
- Rialland, A., Ridouane, R., & van der Hulst, H. (2015). *Features in phonology and phonetics. Posthumous writings by Nick Clements and coauthors*. Berlin: Mouton de Gruyter.
- Ridouane, R. (2003). *Suites de consonnes en berbère : phonétique et phonologie*. Thèse de Doctorat, Université Paris 3-Sorbonne Nouvelle.
- Ridouane, R. (2004). Les mots sourds en berbère chleuh : analyses fibroscopiques et photoglottographiques. *Actes des 24<sup>e</sup> Journées d'Etudes sur la Parole*, 425-428. Fès (Maroc).
- Ridouane, R. (2006). Analyse fibroscopique des consonnes sourdes en berbère. *Actes des 25<sup>e</sup> Journées d'Etudes sur la Parole*, 234-238. Dinard.
- Ridouane, R. (2007). Geminata in Tashlhiyt Berber: An acoustic and articulatory study. *Journal of the International Phonetic Association* 37, 119-142.
- Ridouane, R. (2008). Syllables without vowels: Phonetic and phonological evidence from Tashlhiyt Berber. *Phonology* 25, 1-39.
- Ridouane, R. (2010). Geminates at the junction of phonetics and phonology. In C. Fougeron, B. Kuhnert, M. D'Imperio, & N. Vallée (eds.), *Papers in Laboratory Phonology 10*, 61-90. Berlin: Mouton de Gruyter.
- Ridouane, R., Audibert, N., & Nguyen, V.M (2012). Les ajustements laryngaux en français. *Actes des 27<sup>e</sup> Journées d'Etudes sur la Parole*, 249-256. Grenoble.
- Ridouane, R., & Clements, G.N. (2008). Bases phonétiques du trait [glotte ouverte] : données berbères. *Actes des 25<sup>e</sup> Journées d'Etudes sur la Parole*, 125-129. Avignon.
- Ridouane, R., Clements, G.N., & Khatiwada, R. (2011). Language-independent bases of distinctive features. In J. Goldsmith, E. Hume, & L. Wetzels (eds.), *Tones and Features*, 260-287. Berlin: Mouton de Gruyter.
- Ridouane, R., & Fougeron, C. (2011). Schwa elements in Tashlhiyt word-initial clusters. *Journal of Laboratory Phonology* 2, 1-26.
- Ridouane, R., Fuchs, S., & Hoole, P. (2003). Laryngeal adjustments in the production of voiceless obstruent clusters in Berber. In S. Palethorpe & M. Tabain (eds.), *Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Seminar on Speech Production*, 1-6. Sydney.

- Ridouane, R., Fuchs, S., & Hoole, P. (2006). Laryngeal adjustments in the production of voiceless obstruent clusters in Berber. In J. Harrington & M. Tabain (eds.), *Speech Production: Models, Phonetic Processes, and Techniques*, 249-267. Sydney: Psychology Press, Macquarie University.
- Ridouane, R., Gendrot, C., & Khatiwada, R. (to appear). Mehri ejective fricatives: an acoustic study. *Proceedings of the 18<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*. Glasgow.
- Ridouane, R., & Hallé, P. (2011). On the perceptual reliability of articulation without acoustics. *Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 1690-1693. Hong Kong.
- Ridouane, R., & Hallé, P. (2014). Tashlhiyt syllabification: Perceptual evidence. Poster presentation. Poster presentation in *Laboratory Phonology 14*, Tokyo.
- Ridouane, R., & Hallé, P. (submitted, article invité). Word-initial geminates: from production to perception. In H. Kubozono (ed.), *Phonetics and Phonology of Geminate Consonants*. Oxford Studies in Phonology and Phonetics - Oxford University Press.
- Ridouane, R., & Halle, P. (in preparation). Syllabification in Tashlhiyt: a perception experiment.
- Ridouane, R., Hermes, A., & Hallé, P. (2014). Tashlhiyt's ban of complex syllable onsets: phonetic and perceptual evidence. *STUF – Language Typology and Universals* 67 (1), 7-20.
- Ridouane, R., Hoole, P., & Fuchs, S. (2007). Laryngeal adjustments in the production of voiceless words and sentences in Berber. *Proceedings of the 16<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 2049-2052. Saarbrücken.
- Röttger, T. Ridouane, R., & Grice, M. (2012). Sonority and syllable weight determine tonal association in Tashlhiyt Berber. *Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Conference on Speech Prosody*, 458-461. Shanghai.
- Shaw, J., Gafos, A.I., Hoole, P., & Zeroual, C. (2009). Syllabification in Moroccan Arabic: evidence from patterns of temporal stability in articulation. *Phonology* 26, 187-215.
- Shaw, J., Gafos, A.I., Hoole, P., & Zeroual, C. (2011). Dynamic invariance in the phonetic expression of syllable structure: a case study of Moroccan Arabic consonant clusters. *Phonology* 28, 455-490.
- Stevens, K.N. (1989). On the quantal nature of speech. *Journal of Phonetics* 17, 3-46.
- Stevens, K.N. & Keyser, S.J. (2010). Quantal theory, enhancement, and overlap. *Journal of Phonetics* 38 (1), 10-19.
- Thurgood, G. (1993). Geminates: a cross-linguistic examination. In J.A. Nevis, G. McMenamin, & G. Thurgood (eds.), *Papers in Honor of Frederick H. Brengelman on the Occasion of the Twenty-fifth Anniversary of the Department of Linguistics*, 129-139. Fresno, CA.
- Yeou, M., Honda, K., & Maeda, S. (2008). Laryngeal adjustments in the production of consonant clusters and geminates in Moroccan Arabic. *Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Seminar on Speech Production*, 249-252. Strasbourg.
- Yoshioka, H., Löfqvist, A., & Hirose H. (1980). Laryngeal adjustments in Japanese voiceless sound production. *Haskins Laboratories: Status Report on Speech Research* SR-63/64, 293-308.
- Yoshioka, H., Löfqvist, A., & Hirose, H. (1981). Laryngeal adjustments in the production of consonant clusters and geminates in American English. *Journal of the Acoustical Society of America* 70(6), 1615-1623.